



MINISTERO DELL'INTERNO
DIREZIONE GENERALE DELLA PROTEZIONE CIVILE
E DEI SERVIZI ANTINCENDI
SERVIZIO TECNICO CENTRALE

MANUALE DI ISTRUZIONE

PER IL PERSONALE DEL CORPO NAZIONALE
VIGILI DEL FUOCO



VOLUME SECONDO



Elaborazione di Jonathan Big Bear - Orsi Mauro 2021

MINISTERO DELL'INTERNO
DIREZIONE GENERALE DELLA PROTEZIONE CIVILE
E DEI SERVIZI ANTINCENDI
SERVIZIO TECNICO CENTRALE

MANUALE DI ISTRUZIONE

PER IL PERSONALE DEL CORPO NAZIONALE
VIGILI DEL FUOCO



VOLUME SECONDO

SCUOLE CENTRALI ANTINCENDI - ROMA
ANNO 1979

P R E F A Z I O N E

Questo manuale è una ristampa del volume che raccoglieva le lezioni tenute nei vari Corsi presso le Scuole Centrali Antincendi.

Il Servizio Tecnico Centrale, della Direzione Generale Protezione Civile e Servizi Antincendi, ristampando il compendio di tali lezioni, è certo di fare cosa gradita a tutto il personale dipendente e specie ai giovani che si accingono ad intraprendere la tanto apprezzata carriera di Vigile del Fuoco, svolta principalmente alla salvaguardia delle vite umane e dei beni.

Con la certezza inoltre, che una volta diventati qualificati, essi giovani sappiano insegnare a coloro che intraprendono la stessa loro professione, le nozioni di cultura generale e professionale inserite in detti volumi.

PARTE PRIMA

ARITMETICA E GEOMETRIA

CAPITOLO I

L'aritmetica è la scienza che insegna le proprietà dei numeri. I numeri dall'uno al nove, costituiscono le unità. Lo zero posto a destra dell'uno forma la prima decina; posto a destra del due forma la seconda decina; così di seguito fino al cento che si scrive con uno seguito da due zeri. Il secondo centinaio è indicato dal due seguito da due zeri e così di seguito fino al primo migliaio che è indicato dall'uno seguito da tre zeri, ecc.

La successione dei numeri si chiama « serie naturali dei numeri ». La serie naturale dei numeri è illimitata, cioè, scritto un numero, costituito di quante si voglia cifre, è sempre possibile scriverne uno più grande.

OPERAZIONI

Le operazioni sono: addizione, sottrazione, moltiplicazione, divisione, elevazione a potenza, estrazione di radice.

Addizione.

L'addizione è l'operazione che si usa quando dati due o più valori se ne vuole trovare un altro che è l'insieme di quelli dati.

Per esempio: $7+3+9=19$

È possibile anche sommare o addizionare i numeri per gruppi.

$$\begin{array}{rcl} \text{Esempio: } 7+2+9 & + & 10+20+30 = 78 \\ (7+2+9) & + & (10+20+30) = 78 \\ 18 & + & 60 = 78 \end{array}$$

Perchè l'addizione sia possibile è necessario che i numeri siano messi in colonna e cioè le unità sotto le unità, le decine sotto le decine, le centinaia sotto le centinaia, ecc.

Per esempio per addizionare $129 + 15 + 1321 + 2 + 76$ bisogna disporre i numeri così:

$$\begin{array}{r} 129 \\ 15 \\ 1321 \\ 2 \\ 75 \\ \hline 1542 \end{array}$$

Sottrazione.

La sottrazione è l'operazione che si usa quando dati due valori se ne vuol conoscere la loro differenza.

Esempio: $10 - 4 = 6$.

Definizione della sottrazione: la differenza fra due numeri è quel terzo numero che aggiunto al secondo ridà il primo.

Perchè una sottrazione sia possibile è necessario che il numero da cui vogliamo sottrarne un altro sia maggiore di quest'ultimo, cioè più grande di questo.

Esempio: 10 è più grande di 4; quindi possiamo eseguire: $10 - 4 = 6$.

L'operazione $4 - 10$ non è possibile, a meno di non voler introdurre i numeri negativi.

Nella sottrazione a più cifre, se il numero da cui dobbiamo sottrarre l'altro fosse minore, si considera una decina della cifra accanto e si somma al numero.

$$\begin{array}{r} \text{Esempio: } 156 - \\ 89 \\ \hline 67 \end{array}$$

Eseguire $6 - 9$, non sarebbe possibile. Allora al 6 aggiungeremo 10 preso dalla colonna delle decine e faremo $16 - 9 = 7$. Mentalmente ricorderemo che invece di 5 nella colonna delle decine, è rimasto 4 e quindi si farà: $14 - 8 = 6$.

$$\begin{array}{r} \text{Come se fosse: } 140 + 16 \\ 80 + 9 \\ \hline 60 + 7 = 67 \end{array}$$

Moltiplicazione.

La moltiplicazione è un'operazione usata per rendere più agevole il calcolo di molte addizioni. Per esempio se volessimo il totale di 46 volte 379, dovremmo scrivere 46 volte il numero 379 e sommare.

Si usa invece la moltiplicazione che permette di risolvere l'espressione di cui sopra molto brevemente.

Indispensabile per l'agevole uso della moltiplicazione è la cosiddetta tabella pitagorica costituita dai numeri da 1 a 9 e dai relativi prodotti.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	18	27	36	45	54	63	72	81

Il numero da moltiplicare si dice moltiplicando e quello che moltiplica, moltiplicatore. Entrambi si dicono fattori e il risultato dell'operazione si dice prodotto.

Per esempio: 379×46 .

379 = fattore moltiplicando (da moltiplicare) e 46 fattore moltiplicatore (che moltiplica). Poichè vi è la proprietà che « invertendo l'ordine dei fattori il prodotto non cambia », (eseguire 379×46 è lo stesso che eseguire 46×379), converrà sempre porre come moltiplicatore il numero a minor numero di cifre per effettuare un minor numero di moltiplicazioni.

Eseguita la prima serie di prodotti:

$$\begin{array}{r} 379 \times \\ 46 \\ \hline 2274 \end{array}$$

la seconda serie andrà scritta sotto spostata di una cifra a sinistra, cioè:

$$\begin{array}{r} 2274 \\ 1516 \end{array}$$

Per il totale si sommeranno in numeri ottenuti, cioè:

$$\begin{array}{r} 379 \times \\ 46 \\ \hline 2274 \\ 1516 \\ \hline 17434 \end{array}$$

N.B.: Lo zero, nella moltiplicazione, annulla l'operazione, cioè la rende uguale a zero:

$$\begin{array}{l} 1326 \times 0 = 0 \\ 0 \times 739 = 0 \\ 0 \times 0 = 0 \end{array}$$

ed in generale: *un qualsiasi numero moltiplicato per zero dà per prodotto zero.*

Divisione.

La divisione, come dice il termine, serve per ripartire in numero richiesto di parti, un dato numero. Il numero da dividere si dice dividendo, quello che divide si dice divisore, il risultato, quoziente. Se il divisore non è contenuto esattamente nel dividendo si avrà un resto. *Esempio:* $150 : 3 = 50$ e resto 0 (divisione esatta); $152 : 3 = 50$ e resto 2 (divisione con resto).

N.B.: Un numero diviso per se stesso è sempre uguale a 1 in quanto il divisore è contenuto una sola volta nel dividendo.

Se vi fosse un resto uguale o maggiore del divisore vuol dire che il divisore è compreso una volta di più nel dividendo.

$$\text{Esempio: } \begin{array}{r} 152 \quad | \quad 3 \quad _ \\ 3 \quad \quad | \quad 4 \quad _ \end{array}$$

Non si potrebbe continuare, perchè, abbassando il 2 avremmo 32 nel quale il 3 è contenuto più di 9 volte.

$$\text{Lo stesso se fosse stato: } \begin{array}{r} 152 \quad | \quad 3 \quad _ \\ 6 \quad \quad | \quad 3 \quad _ \end{array}$$

Quindi bisogna sempre cercare un quoziente che moltiplicato per il divisore si avvicini il più possibile al valore del gruppo del dividendo su cui si esegue la divisione. Nel caso di cui sopra sarà perciò nè 3 nè 4 ma 5 perchè $3 \times 5 = 15$ che è il numero che più si avvicina a quello del dividendo (in questo caso è addirittura uguale).

Il calcolo della divisione si dispone come qui sotto riportato:

$$1325 \overline{) 12}$$

Vi sono due metodi per eseguire le divisioni: uno consiste nel sottrarre materialmente il prodotto dei vari quozienti per il divisore dal dividendo.

$$\text{Esempio: } \begin{array}{r} 1325 \overline{) 12} \\ 12 \\ \hline 1 \end{array}$$

L'altro, eseguendo mentalmente la differenza senza scriverla

$$\begin{array}{r} 1325 \overline{) 12} \\ = 1 \end{array}$$

dicendo « 1 per due, due, al 3, 1; $1 \times 1 = 1$, all'uno è 0 ».

L'uso dell'uno o dell'altro sistema è del tutto indifferente. Si esegua infatti la divisione indicata nei due modi:

$$\begin{array}{r} 1325 \overline{) 12} \\ 12 \\ 12 \\ \hline 0 5 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1325 \overline{) 12} \\ = 12 \\ = 05 \end{array}$$

Ottenuto il quoziente 110, se non fosse necessario continuare l'operazione diremmo che la divisione ha dato quoziente 110 e resto 5.

Se invece fosse richiesto di continuare, sarà necessario porre una virgola al quoziente e scrivere uno 0 accanto al resto e seguire l'operazione effettuando divisioni successive.

$$\begin{array}{r} 1325 \overline{) 12} \\ 12 \\ 50 \\ 20 \\ 80 \\ 80 \\ 8 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 12 \\ \hline 110, 4 1 6 6 \dots \end{array}$$

Supponiamo però che il dividendo indichi per esempio un certo numero di metri. Vediamo cosa rappresentano le cifre dopo la virgola.

Il numero 110 indica metri, il numero 4 indica decimetri, il numero 1 indica centimetri, il numero 6 indica millimetri, il numero 6 indica decimillimetri. Poichè la divisione di cui sopra non ha fine in quanto continuando a porre zeri vicino all'ultimo resto avremmo sempre 8 e per quoziente 6, sarà opportuno smettere perchè più si effettueranno divisioni e sempre più piccola diverrà la parte di quoziente ottenuta. Sostì infatti la quarta cifra decimale, cioè i decimillimetri rappresenta una quantità del tutto irrilevante rispetto ai 110 metri del quoziente intero.

Ecco perchè generalmente eseguire divisioni oltre la seconda cifra decimale non porta a risultati di particolare interesse, a meno che il problema non richieda valori di grande esattezza.

Nella meccanica di precisione, per esempio, un decimo di millimetro è una lunghezza sensibile. In tal caso si continuerà la divisione fino ai centesimi e ai millesimi di millimetro.

La divisione di cui all'esempio si dice « periodica con antiperodo » perchè prima del numero 6 che potrebbe essere ripetuto un numero infinito di volte, vi sono due cifre, il 4 e l'1, che invece non si ripeteranno più.

A queste cifre si dà il nome di antiperiodo.

Il periodo si indica ponendo una lineetta sopra, il primo dei numeri che poi si ripeterà.

Nell'esempio: $110,41\overline{6}$

Se invece si esegue

$$\begin{array}{r|l} 60 & 36 \\ \hline 240 & 1,6666 \dots \\ 240 & \\ 240 & \\ 240 & \end{array}$$

Si ha una divisione periodica senza antiperiodo. Infatti il quoziente 6 potrebbe essere ripetuto un numero infinito di volte senza porre termine alla divisione. Si scriverà allora $60 : 36 = 1,\overline{6}$.

ESERCIZI SULLE QUATTRO OPERAZIONI

Eeguire le seguenti addizioni:

- a) $386 + 1852 =$; $72 + 84 =$; $59 + 37 =$;
 b) $8411 + 6936 =$; $2931 + 329 =$; $745 + 321 =$;
 c) $426 + 12921 + 12 + 1 =$; $340 + 1 + 759 + 1239 =$;

Eeguire le seguenti sottrazioni:

- a) $56 - 36 =$; $71 - 35 =$; $11 - 11 =$;
b) $529 - 226 =$; $249 - 122 =$; $899 - 898 =$;
c) $1962 - 565 =$; $32746 - 32521 =$; $73938 - 5976 =$;

Eeguire le seguenti moltiplicazioni:

- a) $259 \times 39 =$; $196 \times 25 =$; $387 \times 92 =$;
b) $937 \times 541 =$; $141 \times 12 =$; $111 \times 11 =$;
c) $8429 \times 213 =$; $7821 \times 74 =$; $6796 \times 29 =$;

Eeguire le seguenti divisioni:

- a) $27860 : 35 =$; $10146 : 19 =$;
b) $67028 : 52 =$; $44304 : 35 =$;
c) $35856 : 72 =$; $119756 : 47 =$;
d) $67842 : 27 =$; $24640 : 64 =$;

CAPITOLO II

Elevazione a potenza.

Si dice « elevazione a potenza » l'operazione di moltiplicare un numero per se stesso tante volte quante ne indica l'esponente.

Si supponga di moltiplicare 5 per 5 volte.

Bisognerebbe scrivere $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5$.

Per abbreviare si scrive 5^5 e si leggerà « cinque alla quinta ».

Il numero in basso viene detto « base » il numero scritto piccolo in alto a destra « esponente ».

Bisogna pur ricordare che un numero elevato a potenza NON vuol dire moltiplicato per l'esponente:

$$5^5 = 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 25 \text{ NO!}$$

Vuole invece dire moltiplicato tante volte quante indicate nell'esponente:

$$5^5 = 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 3125.$$

Estrazione di radice.

Questa operazione si potrebbe definire come l'operazione inversa dell'elevazione a potenza.

Volendo indicare l'estrazione di radice si scriverà il numero sotto il segno $\sqrt{\quad}$ cioè per esempio $\sqrt{64}$.

Bisogna innanzi tutto suddividere il numero di cui si vuole conoscere la radice in gruppi di 2 cifre a partire dalla destra con un puntino messo in alto. *Esempio:* si voglia conoscere la radice di 7936. Si scrive:

$$\sqrt{79'36} \quad \begin{array}{|l} \hline \\ \hline \end{array}$$

Cerchiamo ora il quadrato più prossimo a 79 e che sia contenuto nel 79. E 64 dato da 8×8 .

Il successivo quadrato, 81, dato da 9×9 , sarebbe troppo grande.

Si scrive allora 8 a destra e 64 sotto 79 e si fa la differenza.

$$\begin{array}{r|l} \sqrt{79'36} & 8 \\ \hline 64 & \\ \hline 15 & \end{array}$$

Si abbassa ora il 2° gruppo scrivendolo vicino al resto della prima operazione.

$$\begin{array}{r|l} \sqrt{79'36} & 8 \\ \hline 64 & \\ \hline 15\ 3'6 & 16 \end{array}$$

Sulla stessa linea del nuovo numero si scrive il doppio del primo divisore cioè 16.

Si separa con un puntino l'ultima cifra e si cerca quante volte il 16 sta nel 153. Si esegue un primo tentativo con il 7 e si scrive a fianco del 16 moltiplicandolo per il 7 stesso, ripetendo per la differenza quanto fatto sopra.

$$\begin{array}{r|l} \sqrt{79'36} & 8 \\ \hline 64 & \\ \hline 15\ 3'6 & 167 \times 7 = 1169 \\ 11\ 69 & \\ \hline = 365 & \end{array}$$

Se la nuova differenza è uguale o maggiore (fino al doppio) della cifra che era servita da divisore cioè 167 bisogna effettuare un altro tentativo e così di seguito fino a trovare la minore possibile differenza.

Si effettua un nuovo tentativo:

$$\begin{array}{r|l} \sqrt{79'36} & 8 \\ \hline 64 & \\ \hline 15\ 36 & 169 \times 9 = 1521 \\ 15\ 21 & \\ \hline = 15 & \end{array}$$

Questo quindi sarà il divisore cercato e non il 7. Si scriverà allora 9 vicino al numero 8 come indicato di seguito, annullando quanto scritto per effettuare i tentativi:

$\sqrt{79'36}$ 64 15 36 15 21 = 15	89 169 × 9 = 1521
--	--

A questo punto se non fosse necessario continuare si direbbe che la radice quadrata di 7936 è 89 con resto 15. Infatti $89^2 = 7921$.

E se al 7921 aggiungiamo il resto 15 otterremo 7936.

Se invece fosse necessario continuare bisognerebbe porre la virgola dopo 89 e scrivere 2 zeri (operazione con numeri al quadrato) vicino all'ultimo resto e procedere come prima. Si avrà cioè:

$\sqrt{79'36}$ 64 15 36 15 21 1500	89, 169 × 9 = 1521 178
---	--

Si vede subito che anche se mettessimo 1 accanto al 178 otterremo un numero superiore al 1500 (1781 è più grande di 1500). Scriveremo allora 0 dopo la virgola posta dopo l'89; si aggiungono altri 2 zeri a destra del 1500 e con un puntino si separa l'ultimo zero.

$\sqrt{79'36}$ 64 15 36 15 21 15000.0	89,0 169 × 9 = 1521 1780
--	--

Ora, il doppio della cifra che indica la radice si considera come senza la virgola cioè 1780 (doppio di 890). Il 1780 nel 15000 ci

CAPITOLO III

SISTEMA METRICO DECIMALE

Il sistema metrico decimale è stato adottato per facilitare i rapporti fra le grandezze.

Pertanto i gruppi, sono divisi di 10 in 10 o di 100 in 100 o di 1000 in 1000.

I sottomultipli sono rispettivamente la decima, la centesima, la millesima parte e si scrivono 0,1; 0,01; 0,001, ecc.

Per passare da un'unità inferiore ad una superiore si divide per 10, 100, 1000, ecc., e per passare da un'unità superiore ad una inferiore si moltiplica per 10, 100, 1000, ecc.

Se il numero indicante la misura avesse anche cifre dopo la virgola, si sposterà la virgola a destra (moltiplicazione) o a sinistra (divisione) di tanti posti quanti necessari per il passaggio alla misura richiesta (superiore o inferiore che sia).

LUNGHEZZA (larghezza, altezza). L'unità di misura è il metro. I multipli sono il decametro (dam=10 m); l'ettometro (hm=100 m); il chilometro (Km=1000 m); il miriametro (Mm=10000 m).

I sottomultipli sono: il decimetro (dm=0,10 m); il centimetro (cm=0,010 m); il millimetro (mm=0,001 m).

PESO. L'unità è il grammo (gr). I multipli sono: il decagrammo (dam=10 gr); l'ettogrammo (hg=100 gr); il chilogrammo (Kg=1000 gr); il miriagrammo (Mg=10000 gr); il quintale (Ql=100.000 gr) la tonnellata (Tn=1.000.000 gr).

I sottomultipli sono il: il decigrammo (dgr=0,10 gr); il centigrammo (cgr=0,100) il milligrammo (mgr=0,1000 gr).

CAPACITÀ. L'unità di misura è il litro (l). I multipli sono: il decalitro (dal=10 l); l'ettolitro (hl.=100 l); il chilolitro (Kl=1000 l) NON USATO).

I sottomultipli sono: il decilitro (dl=0,10 l); il centilitro (cl=0,01 l); il millilitro (ml=0,001 l) NON USATO).

La seguente tabellina riporta le unità di misura con i multipli e i sottomultipli.

Ton	Ql	Mg	Kg	hg	dag	gr	dgr	cgr	mgr
		Mm	km	hm	dam	m	dm	cm	mm
			(Kl)	hl	dal	l	dl	cl	(ml)

Per la misura delle superfici si usa lo stesso sistema metrico decimale. Bisogna però tener presente che, poichè per ottenere l'area delle figure piane è necessario moltiplicare una lunghezza per un'altra, le unità di misura dovranno essere moltiplicate fra di loro cioè:

$$m \times m = m^2 \quad \text{oppure: } cm \times cm = cm^2, \text{ ecc.}$$

Discende da questo che per passare da un'unità alla superiore o alla inferiore non possiamo scalare di 10 in 10 bensì di 100 in 100.

Le unità di misura si scriveranno:

$$Km^2 \quad hm^2 \quad dam^2 \quad m^2 \quad dm^2 \quad cm^2 \quad mm^2$$

Esistono anche misure corrispondenti ai metri quadrati ma indicate con altri vocaboli. Così per esempio l'ettaro è costituito da un quadrato di m 100 di lato; l'ara è costituita da un quadrato di m 10 di lato.

$$1 \text{ ha} = m^2 \ 10.000 \qquad 1 \text{ a} = m^2 \ 100$$

Per la misura dei volumi trattandosi di figure geometriche a 3 dimensioni (lunghezza, larghezza, altezza) si hanno multipli e sottomultipli a cui si passa considerando gruppi di tre cifre cioè di 1000 in 1000 ($10 \times 10 \times 10$).

Le unità di misura si scrivono:

$$(Km^3) \quad (hm^3) \quad m^3 \quad dm^3 \quad cm^3 \quad mm^3$$

È possibile stabilire un rapporto fra le misure di capacità (liquidi o gas), le misure di volume e le misure di peso. L'unità è il dm^3 che ha la capacità di un litro e, per l'acqua, il peso di un chilogrammo.

m^3	dm^3	cm^3
(Kl)	l	ml
Tonn	Kg	gr

Ciascuna misura è costituita da 1000 parti dell'inferiore immediata.

ESERCIZI SUL SISTEMA METRICO DECIMALE

- 1) Esprimere m 5 in cm. Poichè 1 m è 100 cm bisogna moltiplicare per 100:

$$m\ 5 = cm\ 500$$

- 2) Esprimere m 4 in Km. Poichè il m è la millesima parte del chilometro bisogna dividere per 1000:

$$m\ 4 = Km\ 0,004$$

- 3) m 1=mm; mm 10=m; dam 1=cm; Km 1=hm; cm 2,5=m; cm 38,5=dam; mm 1=Km; m 27,2=dam; m 112= Km; Km 1,5=m; Km 15=cm; cm 75,2=m; dm 5=m; M 70=dm; m 3,4=cm; cm 37,51=dm; cm 58,3=m; dm 11,6=dam; mm 19,4=m; dam 126=Km; hm 1,5=cm; hm 19,6=m; mm 57,2=m; dm 179=m;

- 4) m² 12=cm²; cm² 156=dm²; dm² 1,5=m²; m² 56=dam²; dam² 5=m²; cm² 0,1=m²; mm² 1536=cm²; cm² 1159=dm²; cm² 0,16=mm²; mm² 154379=m²; cm² 0,018=mm²; m² 0,1=dam²; cm² 1749=m²;

- 5) cm³ 15=m³; m³ 1=dm³; dm³ 0,1=m³; m³ 10=cm³; cm³ 5732=m³; dm³ 0,14=cm³; mm³ 1=m³; m³ 696,75=cm³.

CAPITOLO IV

MISURE NON DECIMALI

Oltre al sistema metrico decimale vi sono le misure degli angoli e la misura del tempo che non sono decimali ma sessagesimali cioè con multipli e sottomultipli che vanno di 60 in 60.

Una circonferenza completa ha angolo al centro di 360° ; metà circonferenza ha angolo al centro di 180° e un quarto di circonferenza di 90° .

L'unità intera è il grado che è divisibile in 60' e ciascun ' in 60".

Le operazioni con i gradi, i primi e i secondi, debbono essere eseguite tenendo a mente che ciascuna parte di una misura deve essere considerata con la corrispondente dell'altra.

Per esempio: si voglia la somma di due angoli: $37^\circ 51' 31''$ e $149^\circ 46' 12''$. Le due misure si disporranno una sotto l'altra così:

$$\begin{array}{r} 37^\circ \quad 51' \quad 31'' \\ 149^\circ \quad 46' \quad 12'' \\ \hline 186^\circ \quad 97' \quad 43'' \end{array}$$

Si sono sommati i gruppi ciascuno con il corrispondente dell'altro cioè i gradi con i gradi, i primi con i primi, i secondi con i secondi.

L'operazione però non è finita. Infatti se osserviamo la somma dei primi vediamo il numero 97 che è maggiore di 60. Ora poichè 60 primi è 1° , è necessario passare sulla colonna dei gradi, i primi che costituiscono con il loro numero, gradi. La differenza si lascia nella colonna dei primi.

$$97' - 60' = 37'$$

Cioè:

$$97' = 1^\circ \quad 37'$$

Quindi la somma richiesta è:

$$187^\circ \quad 37' \quad 43''$$

Si voglia la differenza fra un angolo di 180° e uno di $45^\circ 41' 16''$.
Il calcolo si dispone come sotto indicato:

$$\begin{array}{r} 180^\circ \quad 00' \quad 00'' \quad - \\ 45^\circ \quad 41' \quad 16'' \end{array}$$

Il calcolo, così disposto è ordinato, ma l'operazione non è possibile. Ricordando per che 1° è formato di $60'$ e $1'$ da $60''$ possiamo scrivere:

$$180^\circ = 179^\circ \quad 60'$$

E ancora:

$$180^\circ = 179^\circ \quad 59' \quad 60''$$

Si può allora risolvere l'operazione richiesta:

$$\begin{array}{r} 179^\circ \quad 59' \quad 60'' \quad - \\ 45^\circ \quad 41' \quad 16'' \\ \hline 134^\circ \quad 18' \quad 44'' \end{array}$$

Il tempo si misura in secondi, primi, ore. Un'ora è costituita da 60 minuti primi e ciascun minuto primo da 60 minuti secondi. In un'ora vi sono quindi 3600 secondi (60×60).

Le espressioni relative al tempo saranno scritte per esempio:

$$1^h \quad 48' \quad 32''$$

Le operazioni sono simili a quelle per gli angoli.
Si debba, per esempio sommare $46' 31''$ e $59' 48''$.
Il calcolo si dispone:

$$\begin{array}{r} 46' \quad 31'' \quad + \\ 59' \quad 48'' \\ \hline 105' \quad 79'' \end{array}$$

Però $79''$ sono più di $60''$; bisogna quindi sottrarli:

$$79'' - 60'' = 19''$$

Cioè $79''$ sono $1'$ e $19''$; sommando allora i primi ai primi, nell'operazione si ha:

$$106' \quad 19''$$

Ma 106' sono più di 60' (cioè un'ora). Bisogna quindi fare:

$$106' - 60' = 46'$$

Cioè 1^h 46'

Allora l'operazione completa è:

$$1^h \ 46' \cdot 19''$$

OSSERVAZIONI IMPORTANTI

Nelle operazioni dei problemi che comportano la presenza di fluidi che passano in un certo tempo (portata), bisogna ricordare che, effettuando le operazioni, le parti frazionarie o decimali, debbono essere riportate a misure sessagesimali.

Esempio: Per quanto tempo si potrà erogare acqua dal serbatoio di un'autopompa che contenga litri 1500, erogandone 275 litri al minuto?

Bisogna fare:

$$1500 : 275 = 5,45$$

La parte intera indica minuti. La parte dopo la virgola **NON** indica secondi, ma il corrispondente decimale dei secondi e cioè:

$$\frac{45 \times 60}{100} = 27$$

Quindi l'autopompa potrà erogare acqua per 5' 27" e **NON** per 5, 45"! come potrebbe sembrare.

L'operazione usata per ridurre l'espressione decimale a sessagesimale, deriva da una proporzione fra l'unità decimale e quella sessagesimale.

Si scrive infatti:

$$45 : 100 = X : 60$$

$$X = \frac{45 \times 60}{100}$$

Se la cifra dopo la virgola fosse una sola basta dividere per 10; così se le cifre dopo la virgola fossero tre bisogna invece dividere per 1000 e così via.

Nelle operazioni con numeri sessagesimali, se l'unità superiore contiene molte volte l'unità inferiore, bisogna sottrarre tante unità inferiori quante possibile.

Esempio: 147'' è costituito da 120'' (cioè 2') e 27'' quindi bisogna scrivere: 2' 27''

Esempio: 642' è costituito da molti gradi e primi. Si divide allora per 60 e si ottiene:

$$642 : 60 = 10 \text{ e resto } 42$$

Scriveremo allora: 10° 42' e non 642'

CAPITOLO V

NUMERI FRAZIONARI

I numeri frazionari, cioè che stanno ad indicare frazioni o parti di un intero, così come si scrivono rappresentano divisioni indicate, cioè da eseguirsi.

Per esempio la frazione $\frac{2}{3}$ sta ad indicare che presa una grandezza intera, disivala in tre parti, se ne vogliono considerare due.

Il numero scritto al di sopra della linea, viene detto **numeratore**; quello scritto al di sotto, **denominatore**.

Le frazioni possono essere: proprie, improprie, apparenti.

Nelle frazioni proprie il numeratore è minore del denominatore:

Esempio:

$$\frac{2}{3}; \quad \frac{3}{5}; \quad \frac{7}{8}; \quad \frac{1}{6}$$

Le frazioni improprie hanno il numeratore maggiore del denominatore.

Esempio:

$$\frac{4}{3}; \quad \frac{5}{2}; \quad \frac{6}{4}; \quad \frac{9}{5}$$

Le frazioni apparenti vengono dette così perchè sembrano frazioni ma in effetti non lo sono.

Esempio:

$$\frac{6}{3} = 2; \quad \frac{5}{5} = 1; \quad \frac{9}{3} = 3; \quad \frac{12}{2} = 6;$$

OPERAZIONI CON LE FRAZIONI

Con le frazioni è possibile eseguire operazioni come con i numeri interi.

Addizione.

Per addizionare due o più frazioni che hanno lo stesso denominatore basta sommare i numeratori, mentre il denominatore resta lo stesso.

$$\frac{2}{3} + \frac{4}{3} = \frac{6}{3}$$

Se invece i denominatori sono diversi bisogna ridurli, prima, di sommare i termini della frazione, allo stesso denominatore.

Si debba per esempio sommare:

$$\frac{2}{5} + \frac{3}{7}$$

Non è possibile sommare due grandezze suddivise in maniera diversa (5 e 7). Perciò bisogna trovare un denominatore comune alle due frazioni.

Ciò si fa nei casi più semplici moltiplicando fra loro i denominatori. Nel caso di cui sopra si avrà $5 \times 7 = 35$.

Trovato questo nuovo denominatore bisogna dividerlo per ciascuno dei denominatori che vi erano prima e il risultato moltiplicarlo per il numeratore di ciascuna frazione.

Esempio:

$$35 : 5 = 7; \quad 7 \times 2 = 14.$$

La nuova frazione per eseguire l'addizione è $\frac{14}{35}$.

Per l'altra si fa nello stesso modo: $35 : 7 = 5$; $5 \times 3 = 15$.

La nuova frazione è: $\frac{15}{35}$.

Si ha dunque nell'esempio visto sopra:

$$\frac{2}{5} + \frac{3}{7} = \frac{14+15}{35} = \frac{29}{35}$$

Se le frazioni fossero più di due, le operazioni diverrebbero un po' più laboriose ma il principio resta lo stesso.

Per sommare un numero ad una frazione bisogna ridurre il numero intero ad espressione frazionaria.

Esempio:

$$\frac{2}{3} + 4$$

Se si ricorda che le frazioni sono divisioni indicate, possiamo considerare il 4 come il valore di una frazione apparente che abbia lo stesso denominatore della frazione a cui dobbiamo sommarlo.

Dovrà essere $A/3=4$ avendo indicato con A un numero che si deve trovare. Ma qual è quel numero che diviso per 3 dà come risultato 4? È il 12.

$$\text{Infatti: } \frac{12}{3} = 4.$$

Si potrà allora fare la somma richiesta:

$$\frac{2}{3} + 4 = \frac{2}{3} + \frac{12}{3} = \frac{14}{3}$$

Cioè si moltiplica il denominatore della frazione per il numero e a, denominatore, si pone lo stesso denominatore della frazione.

Esempio:

$$1) \quad \frac{3}{4} + 7 = \quad \quad \quad 7 \times 4 = 28$$

$$\frac{3}{4} + \frac{28}{4} = \frac{31}{4}$$

$$2) \quad \frac{1}{9} + 5 = \quad \quad \quad 5 \times 9 = 45$$

$$\frac{1}{9} + \frac{45}{9} = \frac{46}{9}$$

Sottrazione.

Per la sottrazione i procedimenti sono gli stessi che per l'addizione. Se però la seconda frazione risultasse maggiore della prima, l'operazione non si può effettuare a meno di non voler introdurre i numeri negativi che però esulano dal programma di questo corso.

Moltiplicazione.

Per moltiplicare fra loro due o più frazioni basta moltiplicare fra di loro i numeratori e fra loro i denominatori.

Esempio:

$$\frac{2}{3} \times \frac{5}{2} = \frac{2 \times 5}{3 \times 2} = \frac{10}{6}$$
$$\frac{3}{4} \times \frac{4}{5} \times \frac{5}{6} = \frac{3 \times 4 \times 5}{4 \times 5 \times 6} = \frac{60}{120}$$

Divisione.

Per effettuare divisioni fra due frazioni è necessario moltiplicare la prima per l'inverso della seconda.

Esempio:

$$\frac{2}{3} : \frac{3}{4} = \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} = \frac{8}{9}$$

lo stesso sarebbe se le frazioni costituissero a loro volta numeratore e denominatore di una frazione.

Esempio:

$$\frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{4}} = \frac{2}{3} : \frac{3}{4} = \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} = \frac{8}{9}$$

Osservazione importante.

Tutte le volte che il risultato di una frazione risulta costituito da numeri pari è possibile dividere numeratore e denominatore per 2 fino ad ottenere numeri del minor valore possibile.

Esempio:

$$\frac{356}{160} = \frac{178}{80} = \frac{89}{40}$$

Si sono divisi entrambi i termini per due sole volte perchè alla terza divisione il numeratore è divenuto dispari quindi tale da non dare più risultato intero se diviso per due (1).

Se i termini contenessero degli zeri come ultime cifre, è possibile eleminarli effettuando divisioni per 10, per 100, per 1000, ecc., ovviamente sia al numeratore che al denominatore.

Esempio:

$$\begin{aligned}\frac{50.000}{20.000} &= \frac{5}{2} \\ \frac{1800}{900} &= \frac{18}{9} = 2 \\ \frac{20}{10} &= \frac{2}{1} = 2\end{aligned}$$

Fare i due terzi di un numero, oppure « i $3/5$ », ecc., significa moltiplicare il numero per il numeratore e dividere il prodotto per il denominatore.

Esempio:

fare i $3/5$ di 8.

Si moltiplica 3 per 8 e si ottiene 24. Poi si divide 24 per 5. Si ottiene 4,8;

fare i $2/7$ di 11; $2 \times 11 = 22$; $22 : 7 = 3,14$;

fare i $2/9$ di 6; $2 \times 6 = 12$; $12 : 9 = 1,33$.

(1) N.B. - La divisibilità dei numeri non è solo per 2; ma approfondire l'argomento esula dal programma.

CAPITOLO VI

PROPORZIONI

La proporzione si definisce come l'uguaglianza fra due rapporti. Si dice rapporto di un numero ad un altro il quoziente indicato della divisione del primo numero per il secondo.

Esempio: $5 : 2$ è il rapporto di 5 a 2 e si legge: 5 sta a 2.

Nelle proporzioni si mettono a confronto due rapporti.

Esempio: $5 : 2 = 10 : 4$

e si legge: 5 sta a 2 come 10 sta a 4.

Il 5 è detto primo antecedente, il 2 primo conseguente; il 10 è detto secondo antecedente e il 4 secondo conseguente.

Il 5 e il 4 si dicono « estremi » e il 2 e il 10 si dicono « medi ».

Proprietà delle proporzioni.

« Il prodotto degli estremi e quello dei medi debbono dare eguale risultato ».

Esempio: $5 \times 4 = 20$; $2 \times 10 = 20$.

Qualche volta uno dei medi o uno degli estremi non è conosciuto. Non è però difficile trovare il valore che non si conosce.

Esempio: indichiamo con X il termine della proporzione che non si conosce. Scriveremo:

$$5 : X = 10 : 4.$$

La X si trova moltiplicando fra loro gli estremi e dividendo il prodotto per il medio che si conosce.

$$X = \frac{5 \times 4}{10} = \frac{20}{10} = 2$$

Se invece avessimo avuto:

$$X : 2 = 10 : 4$$

avremmo dovuto fare il prodotto dei medi e dividere per l'estremo conosciuto.

$$X = \frac{2 \times 10}{4} = \frac{20}{4} = 5$$

PROBLEMI SVOLTI SULLE QUATTRO OPERAZIONI

1) Un autocarro che pesa Ql 44 e porta un carico di Kg. 3900, deve passare su un ponticello che può resistere soltanto ad un carico di tonn 7. Quanta parte del carico dovrà essere scaricata?

Bisogna ridurre le unità di misura dei pesi ad una sola. Volendo ridurre tutto a Ql avremo Ql 44, Ql 39, Ql 70.

Poichè l'autocarro pesa Ql 44 (tara) e porta un carico di Ql 39 (portata utile) il suo peso totale (lordo) è di Ql 44 + Ql 39 = Ql 83. Poichè il ponticello può resistere solo ad un carico di Ql 70 dovremo togliere la parte di carico eccedente tale limite.

$$Ql\ 83 - Ql\ 70 = Ql\ 13.$$

La risposta è: bisogna scaricare Ql 13.

Se avessimo ridotto tutto a Kg avremmo avuto Kg 1300; se avessimo ridotto a tonn, avremmo avuto tonn 1,3.

Volendo sapere in senso generico quanta parte del carico è stata tolta, basterà pensare che 13 è la terza parte di 39 e quindi la risposta sarebbe che si è dovuto togliere un terzo del carico cioè la terza parte.

2) I $\frac{2}{3}$ del carico di un'autopompa della portata utile di Ql 40,5 devono essere scaricati. Quanti Kg di materiale resteranno sull'autopompa?

Per fare i $\frac{2}{3}$ di un numero bisogna moltiplicare il numero per 2 e dividere il prodotto per 3.

$$40,5 \times 2 = 81; 81 : 3 = 27$$

Quindi i $\frac{2}{3}$ di Ql 40,5 sono Ql 27.

Per sapere quanti Ql resteranno sull'autopompa bisogna sottrarre 27 da 40,5. Si ha:

$$40,5 - 27 = 13,5$$

riducendo i Ql a Kg si ha:

$$\text{Ql } 13,5 = \text{Kg } 1350.$$

La risposta sarà: sull'autopompa resteranno Kg 1350.

3) In una caserma con 54 Vigili vi sono i $\frac{2}{3}$ che sono Vigili permanenti e i restanti, metà Vigili ausiliari e metà Vigili temporanei.

Quanti Vigili permanenti, ausiliari, temporanei vi sono in quella caserma?

Per trovare il numero dei Vigili permanenti facciamo i $\frac{2}{3}$ di 54

$$54 \times 2 = 108 ; 108 : 3 = 36$$

La rimanente parte si trova come differenza fra 54 e 36.

$$54 - 36 = 18$$

Poichè il problema dice che metà sono ausiliari e metà temporanei, dividiamo 36 per 2 e si trova 18.

La risposta è: In quella caserma vi sono 36 Vigili permanenti, 9 Ausiliari e 9 temporanei.

4) Se Kg 1576 sono i $\frac{2}{5}$ della portata utile di un autocarro, quanti q vi si potranno caricare?

Poichè Kg 1576 sono i $\frac{2}{5}$ del carico, $\frac{1}{5}$ del carico è $1576 : 2$
Si ha: $1576 : 2 = 788$

Se $\frac{1}{5}$ sono Kg 788, il carico completo equivalente a $\frac{5}{5}$, è 5 volte 788. Avremo

$$788 \times 5 = \text{Kg } 3940$$

Poichè però la soluzione è richiesta in q si ha:

$$\text{Kg } 3940 = q \text{ } 39,40$$

5) In una alluvione strariparono m^3 10.080 di acqua. Disponendo di 4 motopompe della portata di l/min 350, quanto tempo durò il prosciugamento? Se si fosse voluto realizzare il prosciugamento in 48 ore quante motopompe sarebbero state necessarie?

Riduciamo i m^3 a litri.

$$\text{m}^3 \text{ } 10.080 = \text{dm}^3 \text{ } 10.080.000 = \text{litri } 10.080.000$$

La portata complessiva delle motopompe al minuto è:

$$350 \times 4 = 1400$$

Dividendo il volume di acqua da prosciugare per la portata delle motopompe avremo il tempo di prosciugamento

$$10.080.000 : 1400 = 7200$$

Poichè il numero che indica il tempo in minuti contiene evidentemente molte volte il 60, divideremo per conoscere il numero delle ore a cui i minuti corrispondono:

$$7200 : 60 = 120$$

Poichè il tempo, dopo le ore, ha come unità di misura i giorni (24 ore) divideremo ancora per 24:

$$120 : 24 = 5 \text{ giorni}$$

Prima risposta: il prosciugamento durerà 5 giorni.

Per rispondere alla seconda domanda bisogna trovare la portata che esaurisca l'acqua nel tempo richiesto. Si ha:

$$10.080.000 : A = 2880$$

essendo 2880 i minuti contenuti in 48 ore.

Risolvendo abbiamo:

$$10.080.000 : 2880 = A = 3500 \text{ litri/minuto}$$

Questa sarà quindi la portata complessiva delle motopompe.

Dividendo tale portata per la portata delle singole motopompe abbiamo:

$$3500 : 350 = 10$$

Seconda risposta: volendo completare il prosciugamento nel tempo di 48 ore, occorre far funzionare contemporaneamente: n. 10 motopompe.

6) Supposto il peso specifico della benzina in Kg/dm³ 0,750, quanto peseranno 860 litri?

Poichè i dm³ equivalgono ai litri, basterà moltiplicare 860 per 0,750

$$860 \times 0,750 = 645$$

Peseranno cioè Kg 645.

7) Supposti tratti di tubazione di m 25 ciascuno, quanti m ve ne saranno su un'auto pompa che ne abbia in dotazione 25? Se il peso di ciascun tubo compreso il raccordo è di Kg 13 quanto peseranno i tubi di cui sopra? Se il carico utile dell'autopompa è di Ql 32,5, quale parte del carico rappresentano i suddetti tubi?

Per sapere quanti m di tubazione vi sono basta moltiplicare. Si ha:

$$25 \times 25 = 625 \text{ metri}$$

Per rispondere alla seconda domanda bisogna ancora moltiplicare

$$25 \times 13 = 325 \text{ Kg}$$

Per rispondere alla terza domanda riduciamo prima i Kg a Ql

$$\text{Kg } 325 = \text{Ql } 3,25$$

Poichè la portata dell'automopa, per quello che riguarda il carico, è Ql 32,5 dividiamo

$$\text{Ql } 32,5 : 3,25 = 10$$

Cioè Ql 3,25 rappresentano 1/10 del carico utile dell'autopompa.

8) Un'autopompa con serbatoio da l 1500 eroga l/min 800. Dopo quanto tempo sarà vuota?

Dobbiamo dividere la capacità per la portata:

$$1500 : 800 = 1.875$$

La prima cifra indica minuti ma le altre debbono essere ridotte in misura sessagesimale.

$$\frac{875 \times 60}{1000} = 52,5$$

La risposta sarà: l'autopompa potrà erogare per minuti 1 e 52 secondi (e 5/10 di secondo).

9) Da un'autopompa con serbatoio da l 3500 vengono montate due tubazioni che erogano complessivamente l/min 1200. Dopo quanto tempo bisogna iniziare il rifornimento?

Come per il problema precedente si ha:

$$3500 : 1200 = 2,916 = 2,92$$

Effettuata la riduzione a misura sessagesimale si ha:

$$\frac{92 \times 60}{100} = 55,2$$

Il tempo sarà quindi 2' 55" e 2/10 di secondo.

È ovvio però che si attenderà a fare il rifornimento quando il serbatoio si sarà vuotato non riusciremo più nè a riempirlo nè ad avere una sicura erogazione. Sarà perciò opportuno non attendere il passare dei 2' 55" ma iniziare subito il rifornimento.

10) In 56' di lavoro furono erogati hl 1596 di acqua. Se ciascuna lancia erogava l/min 475, quante lance erano al lavoro?

Per sapere quanta acqua veniva erogata al minuto bisogna dividere il totale dell'acqua erogata per il tempo.

$$1596 : 56' = 28,5 \text{ hl/min}$$

Cioè ad ogni minuto uscivano hl 28,5 di acqua.

$$\text{hl } 28,5 = \text{l } 2850$$

Poichè ogni lancia erogava l/min 475, dividendo per la portata al minuto si avrà il numero delle lance che erano in funzione

$$2850 : 475 = 6$$

Erano quindi in funzione 6 lance.

GEOMETRIA

La geometria è la scienza che studia le proprietà delle figure piane e dei solidi.

Il *punto* è la più piccola espressione geometrica.

La *retta* è una linea senza un punto di origine nè uno di fine.

La *semiretta* è una linea che ha un punto di origine ma non ha punto di fine.

Il *segmento di retta* è un tratto di linea che ha un punto di origine e uno di fine.

Per un punto passa un numero infinito di rette.

Per due punti passa una retta ed una sola.

Due rette equidistanti si dicono parallele.

Due rette che si incontrano formando angoli di 90° si dicono perpendicolari.

Gli angoli sono parti di piano limitate da due rette.

Gli angoli minori di 90° si dicono acuti, quelli di 90° si dicono retti, quelli maggiori di 90° si dicono ottusi.

L'angolo di 180° si dice angolo piatto e quello di 360° angolo giro.

FIGURE PIANE
(h rappresenta l'altezza)

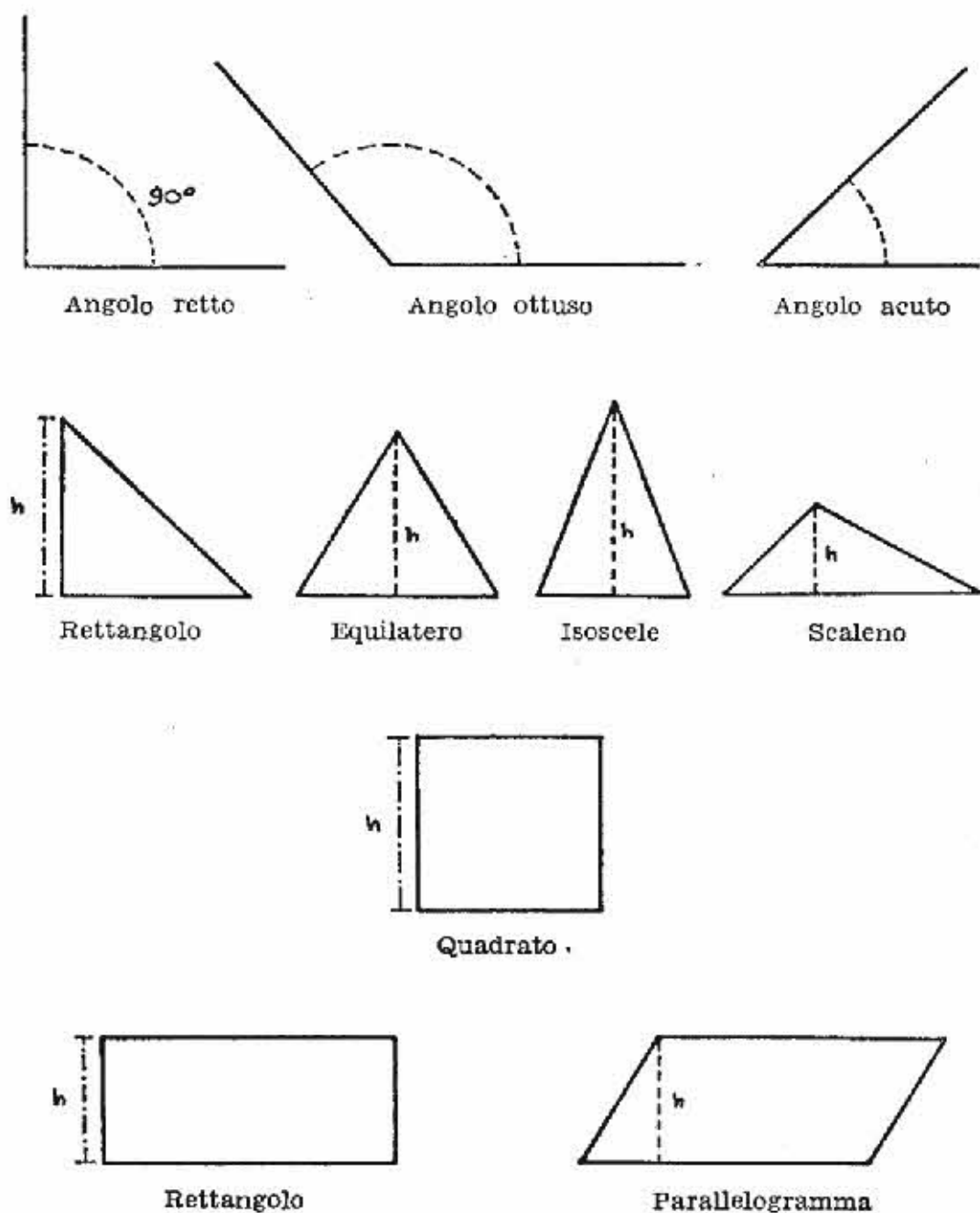
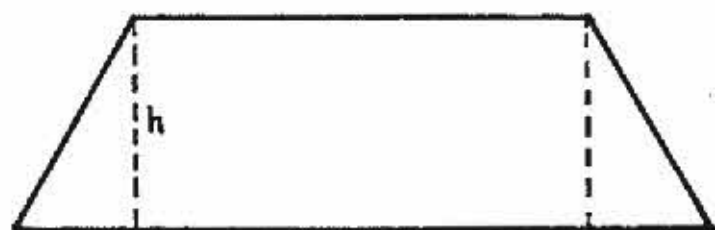
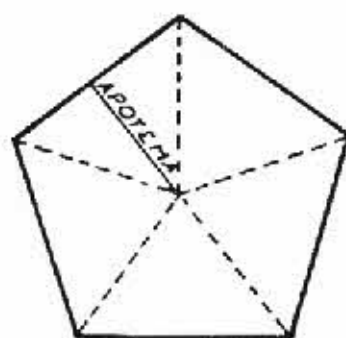


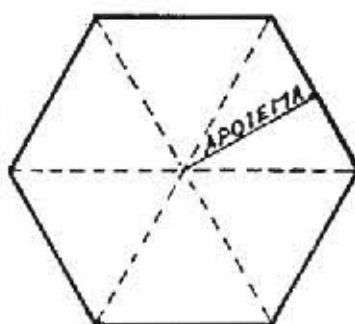
FIG. 5



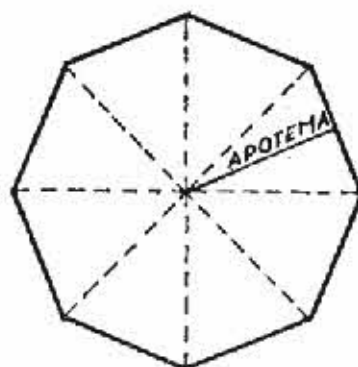
Trapezio



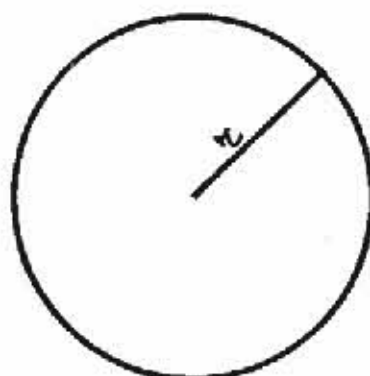
Pentagono



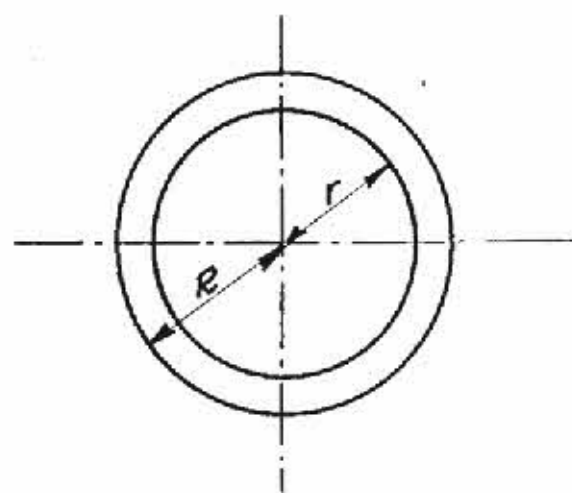
Esagono



Ottagono



Circolo



Corona circolare

FIG. 6

FIGURE PIANE

Tre segmenti di retta che si intersecano formano una figura detta triangolo che è il poligono a minor numero di lati e di angoli.

Rispetto ai lati i triangoli possono essere: equilateri, isosceli, scaleni.

Triangolo equilatero: ha tutti i lati eguali;

Triangolo isoscele: ha due lati eguali;

Triangolo scaleno: ha tutti i lati diseguali;

Rispetto agli angoli i triangoli possono essere: acutangoli, rettangoli, ottusangoli.

Il triangolo acutangolo ha gli angoli acuti, quello rettangolo ha un angolo retto, quello ottusangolo ha un angolo ottuso.

La somma degli angoli interni di un triangolo è sempre uguale a 180° . Nel triangolo rettangolo due lati si dicono cateti e quello opposto all'angolo retto, ipotenusa.

Si definisce altezza di un triangolo la perpendicolare abbassata dal vertice alla base, essendo il vertice il punto di incontro degli altri due lati del triangolo.

La somma delle lunghezze dei lati di un poligono si dice *perimetro*.

Il perimetro del triangolo si ottiene sommando le lunghezze dei lati.

Si dice area di una figura la superficie racchiusa dai lati della figura. L'area del triangolo si ottiene moltiplicando la base per l'altezza e dividendo il prodotto per 2.

$$A = \frac{b \times h}{2}$$

TEOREMA DI PITAGORA

Il Teorema di Pitagora si enuncia: « Il quadrato costruito sulla ipotenusa è equivalente alla somma dei quadrati costruiti sui cateti »

$$c^2 = a^2 + b^2$$

E possibile ricavare uno dei cateti o l'ipotenusa facendo:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

QUADRANGOLO

La figura con numero di lati immediatamente superiore al triangolo è il quadrangolo cioè una figura con 4 angoli.

I segmenti di retta che uniscono i vertici opposti di un quadrangolo, o quelli successivi, si chiamano diagonali.

I quadrangoli sono: il quadrato, il rettangolo, il rombo, il parallelogramma, il trapezio.

QUADRATO

Il quadrato ha tutti gli angoli retti e i lati eguali. Il perimetro è dato dalla lunghezza di un lato moltiplicata per 4. L'area è data dal prodotto di un lato per l'altro.

$$A = l \times l = l^2$$

RETTANGOLO

Il rettangolo ha i lati opposti eguali e paralleli e tutti gli angoli retti. Il perimetro del rettangolo è dato dalla somma delle lunghezze dei lati due a due e cioè detti a e b ; i lati fra loro perpendicolari, possiamo scrivere

$$p = 2 a + 2 b$$

L'area è data dal prodotto della base per l'altezza.

$$A = a \times b$$

ROMBO

Il perimetro del rombo è dato dalla somma delle lunghezze dei lati. L'area è data dal prodotto delle lunghezze delle diagonali diviso 2.

$$A = \frac{c \times d}{2}$$

PARALLELOGRAMMA

Il parallelogramma è come un rettangolo ma i lati, che nel rettangolo erano perpendicolari alla base, possono essere qui obliqui.

Il perimetro si ottiene sommando a due a due i lati.

$$p = 2 a + 2 b$$

L'area è data dal prodotto della lunghezza della base per quella dell'altezza.

$$A = b \times h$$

TRAPEZIO

Chiamasi trapezio la figura racchiusa, tra due rette parallele tagliate da altre due rette inclinate e convergenti.

Il perimetro del trapezio si ottiene sommando le lunghezze dei lati. L'area si ottiene facendo la semisomma delle lunghezze delle basi, moltiplicandola poi per l'altezza.

$$A = \frac{a+b}{2} \times h$$

Nel trapezio si dice base maggiore il lato più lungo. Il trapezio in cui vi siano due angoli retti si dice trapezio rettangolo. Se il trapezio non ha le basi parallele, per trovare l'area, bisogna scomporlo in figure di cui sia possibile fare l'area, poi sommare le aree trovate.

POLIGONI REGOLARI

I poligoni con maggior numero di angoli dei quadrangoli si dicono: *pentagono* (cinque angoli), *esagono* (sei angoli), ecc.

Il perimetro si trova sempre facendo la somma delle lunghezze dei lati o moltiplicando per il numero dei lati la lunghezza di uno (nei poligoni regolari i lati sono eguali).

Le diagonali possibili in un poligono regolare sono tante quanto il numero dei lati meno 2.

L'area dei poligoni regolari è data dal prodotto della lunghezza del perimetro per metà dell'apotema.

L'apotema è la perpendicolare condotta dal centro del poligono ad uno dei lati.

Esiste un rapporto fra la lunghezza di un lato di un poligono regolare e l'apotema. Detto rapporto varia secondo il numero dei lati del poligono. Per il pentagono, è 0,688; per l'esagono è 0,866; per l'ottagono è 1,207; ecc.

Dato il lato è possibile trovare la lunghezza dell'apotema moltiplicando la lunghezza del lato per il numero fisso corrispondente.

POLIGONI IRREGOLARI

L'area dei poligoni irregolari si ottiene scomponendo il poligono dato in altri di più facile calcolo (triangoli, trapezi, ecc.) e sommando poi fra loro le aree trovate. Il perimetro, come per qualsiasi poligono, è dato dalla somma delle lunghezze dei singoli lati.

CERCHIO

La circonferenza si può considerare come un poligono i cui lati siano ridotti a punti tutti egualmente distanti da un punto interno detto centro. Il segmento di retta che va dal centro alla circonferenza si dice raggio. Il segmento di retta che, passando per il centro, unisce due punti opposti sulla circonferenza, si dice diametro. È ovvio che il diametro è due volte il raggio.

Il segmento di retta che unisce due punti della circonferenza senza passare per il centro si dice *corda*.

Si è trovato che dividendo la lunghezza della circonferenza per il diametro si ottiene sempre il numero 3,14.

Perciò per ottenere la lunghezza della circonferenza, che è come il perimetro dei poligoni, si moltiplica il diametro per 3,14.

$$c = d \times 3,14 = 2 r \times 3,14$$

L'area racchiusa dalla circonferenza si ottiene moltiplicando il raggio per sè stesso e poi per 3,14.

$$A = (r \times r) \times 3,14 = r^2 \times 3,14$$

Corona circolare

L'area compresa fra due circonferenze aventi lo stesso centro ma, di raggi diversi, si dice corona circolare e si trova facendo la differenza fra le aree delle circonferenze

$$A = (R^2 - r^2) \times 3,14$$

dove R indica il raggio della circonferenza più grande e r il raggio della circonferenza più piccola (interna all'altra).

ESERCIZI SULLE FIGURE PIANE

- 1) Che tipo di angolo è un angolo di 90° ? e di 60° e di 130° e di 180° ? e di 360° ?
- 2) Quand'è che due rette si dicono perpendicolari? quando si dicono parallele?
- 3) Cosa è una retta? una semiretta? un segmento di retta?
- 4) Quanti tipi di triangoli si possono avere? (rispetto ai lati e agli angoli)
- 5) Un triangolo ha i lati di cm 11,7; 5,9; 21,2. Quanti metri sarà lungo il perimetro?

- 6) Supposto che il triangolo dell'esercizio precedente abbia per base il lato di cm 11,7 e l'altezza di cm 4,9, che area avrà?
- 7) Un quadrato ha m 47,6 di lato. Trovare il perimetro e l'area.
- 8) Un rettangolo ha il lato maggiore di m 23,7 e il minore di m 10,9. Trovare il perimetro e l'area.
- 9) Un rombo ha le diagonali di cm 79,66 e cm 58,43. Trovare l'area.
- 10) Un trapezio ha la base maggiore di m 51,38 e la base minore di m 27,35. L'altezza è di m 18,6. Trovare l'area.
- 11) In un triangolo rettangolo il quadrato costruito sull'ipotenusa è di m^2 64, quello costruito su un cateto di m^2 16. Si vuol conoscere la lunghezza dell'altro cateto.
- 12) In un triangolo rettangolo i cateti misurano m 51,3 e m 26,4. Si vuol conoscere la misura dell'ipotenusa.
- 13) Trovare l'area e il perimetro di un pentagono regolare di m 12 di lato.
- 14) Data una circonferenza di cm 69,7, trovare il diametro; di cm 97,4, trovare il diametro; di m 2747,3, trovare il diametro.
- 15) Dato un raggio di cm 742 trovare l'area del cerchio relativo.
- 16) Dati due cerchi concentrici di raggio l'uno di m 71,4 e l'altro di m 57,6, trovare l'area della corona circolare da essi delimitata.

SOLIDI

Data una figura piana (un triangolo, un quadrato, ecc.) supponiamo di alzare dai lati tanti segmenti uguali perpendicolari ai lati stessi come a formare una parete continua. Avremo delimitato uno spazio cioè avremo costruito come una scatola cui verranno dati nomi diversi a seconda del contorno della base.

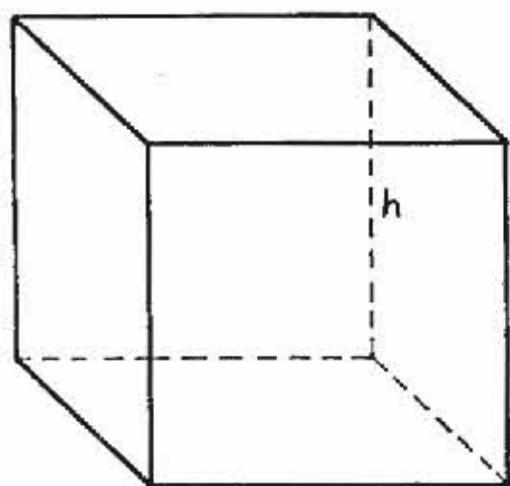
Se invece di innalzare segmenti perpendicolari, innalziamo segmenti obliqui cioè tutti inclinati di uno stesso angolo, si ottengono figure cui viene dato il nome di solidi obliqui (prisma obliqua, ecc.).

Il volume di un solido si ottiene moltiplicando l'area della base per l'altezza.

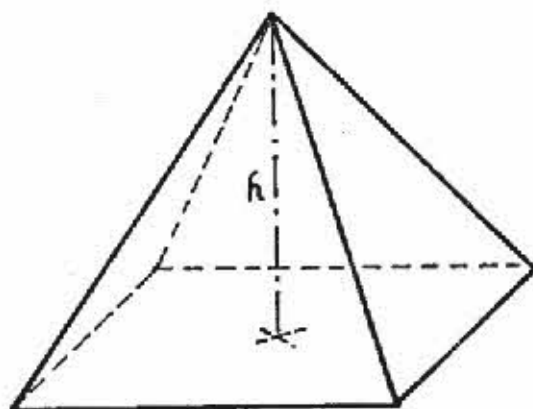
PRISMA

La figura piana più semplice è il triangolo; Innalzate le perpendicolari sui lati e sui vertici, otterremo un volume detto prima

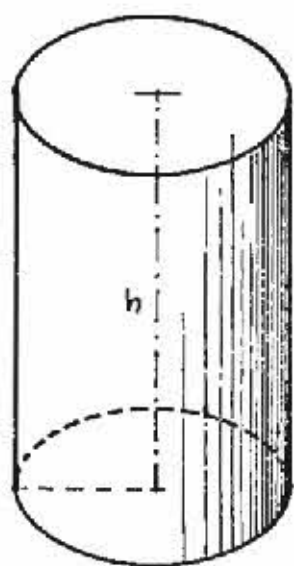
SOLIDI
(h rappresenta l'altezza)



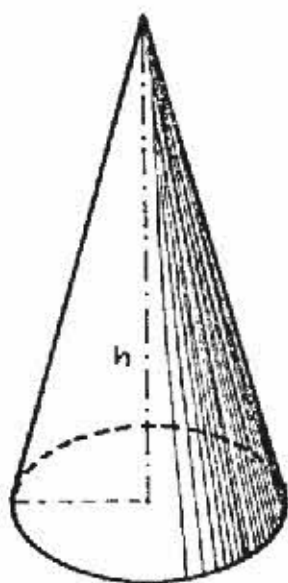
Cubo



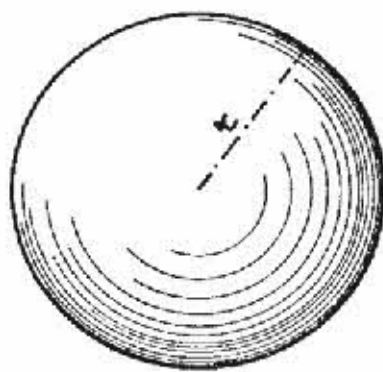
Piramide



Cilindro



Cono



Sfera

FIG. 7

triangolare. Analogamente sarà per tutte le altre figure piane (quadrato, ecc.).

Il volume si trova sempre moltiplicando l'area della base per la misura dell'altezza.

CUBO

Quando su un quadrato innalziamo perpendicolari lunghe quanto i lati del quadrato di base, costruiamo un cubo. Il volume si ottiene moltiplicando il lato per sè stesso tre volte

$$V = 1 \times 1 \times 1 = 1^3$$

Si chiama *spigolo* il segmento comune a due facce.

PARALLELEPIPEDO

Le perpendicolari innalzate dai vertici di un parallelogramma formano una figura detta *parallelepipedo*. Il volume è dato dall'area di base per l'altezza. La superficie laterale è data dalla somma delle aree delle facce e la superficie totale dalla somma delle aree delle facce e delle superfici superiore ed inferiore.

PIRAMIDE

Se invece di innalzare perpendicolari dai lati del poligono di base innalziamo segmenti concorrenti in un unico punto detto *vertice*, otterremo solidi diversi a seconda della figura di base. A detti solidi si dà il nome di *piramide*. Le piramidi possono essere a base triangolare, quadrata, pentagonale, ecc.

CILINDRO

Se la figura di base è un cerchio, innalzando le perpendicolari sulla circonferenza, si ottiene un cilindro.

CONO

Se alla base si ha un cerchio e dalla circonferenza si innalzano segmenti di retta concorrenti in un punto, si ha un cono.

La linea che unisce la circonferenza di base al vertice si dice generatrice. L'altezza è invece la perpendicolare abbassata dal vertice al centro della circonferenza. Se il cono è retto, l'altezza cade nel centro del cerchio di base; se il cono è obliquo l'altezza non cade nel centro del cerchio di base.

SFERA

La sfera si può considerare come una figura ottenuta facendo ruotare una circonferenza attorno a un suo diametro.

RIEPILOGO

	Superf. lat.	Superf. tot.	Volume
PRISMA	somma aree facce	somma aree facce + aree sup. e inf.	area base $\times$ altezza
PARALLELE- PIPEDO	idem	idem	idem
PIRAMIDE	somma aree facce	somma aree facce + area base	area base $\times \frac{h}{3}$
CILINDRO	Circonf. base $\times$ altezza	Circonf. base $\times h$ + cerchi sup. inf.	cerchio base $\times h$
CONO	Circonf. base generatrice $\times \frac{\quad}{2}$	Circonf. base generatrice $\times \frac{\quad}{2}$ + cerchio base	cerchio base $\times \frac{h}{3}$
SFERA	$r^2 \times 3,14 \times 4$		$\frac{4}{3} \times 3,14 \times r^3$

ESERCIZI SUI SOLIDI

- 1) Determinare il volume del prisma triangolare con base di cm^2 561 e altezza cm 92.
- 2) Determinare il volume di un parallelepipedo con area di base di cm^2 236 e altezza di m 0,5.
- 3) Determinare la superficie laterale di un cubo che ha il lato di cm 37.
- 4) Determinare il volume della piramide che ha base di cm^2 937 e altezza di cm 59.
- 5) Calcolare la superficie totale della piramide dell'esercizio precedente.
- 6) Calcolare il volume del cilindro di raggio del cerchio di base di cm 48 e altezza di cm 83.
- 7) Calcolare la superficie totale del cilindro di cui all'esercizio precedente.
- 8) Calcolare la superficie totale di un cono che ha raggio del cerchio di base di cm 56,2 e generatrice di cm 99.
- 9) Calcolare il volume del cono dell'esercizio precedente considerando che abbia un'altezza di m 0,95.
- 10) Calcolare la superficie laterale e il volume di una sfera di raggio di cm 5872,3.

PARTE SECONDA

ELEMENTI DI FISICA

NOZIONI ELEMENTARI DI FISICA

INTRODUZIONE

La Fisica è la scienza fondamentale del mondo della natura. Ogni evento che si verifica in natura può essere compreso, previsto e descritto mediante *leggi fisiche*.

La Fisica si divide nelle seguenti parti: la *Meccanica* che studia il moto dei corpi, la *Termologia* che studia i fenomeni termici, l'*Acustica* che studia i fenomeni sonori, l'*Ottica* che studia i fenomeni luminosi, l'*Elettrologia* che studia i fenomeni elettrici e magnetici e la *fisica Atomica* che studia i principali fenomeni radioattivi.

L'insegnamento di « elementi di fisica » ha per scopo di fornire all'Allievo Sottufficiale ed all'Allievo Vigile del Fuoco l'ausilio necessario ad un più proficuo studio delle materie professionali.

E per rimanere aderenti a questo principio informatore che è stata effettuata una selezione delle parti da trattare con un risalto di quegli argomenti essenziali a chiarire alcuni concetti fondamentali attinenti la pratica professionale.

NOZIONI GENERALI

Corpo - Materia - Sostanza

Dicesi *corpo* tutto ciò che occupa una posizione dello spazio. Sono corpi una pianta, una matita, un bicchiere, ecc.

Si dice *materia* tutto ciò che costituisce i corpi e che impressiona i nostri sensi.

Si dice *sostanza* la diversa qualità o aspetto della materia che costituisce i corpi. Così, ad esempio, una tubazione può essere di canapa, di najlon, di gomma; un bicchiere può essere di vetro o di metallo; una palla, di gomma, di legno, ecc.

Atomo - Molecola

Le particelle più piccole costituenti un corpo si chiamano *atomi*. Il mondo materiale è costruito con questi atomi: tutte le varietà della materia nascono dalla combinazione di queste particelle. Per poter suddividere e classificare gli atomi occorrono mezzi energici come gli effetti chimici, il calore, l'elettricità.

Gli atomi, raggruppati tra loro formano una particella più grande, denominata *molecola*.

Corpo semplice e corpo composto

Un corpo si dice *semplice* quando le sue molecole sono formate da atomi tutti uguali.

Un corpo si dice *composto* quando le sue molecole sono formate e costituite da atomi differenti.

Ad esempio l'idrogeno è un corpo semplice perchè le sue molecole sono formate da atomi di una sola specie, e precisamente di idrogeno, mentre l'acqua è un corpo composto perchè le sue molecole sono costituite da atomi di specie differenti ed in particolare da due atomi di idrogeno ed uno di ossigeno.

Proprietà dei Corpi

Ciascun corpo ha *proprietà particolari* (sostanza, forma, colore, ecc.) che servono a dare carattere al corpo: esistono tuttavia *proprietà comuni* a tutti i corpi, dette *proprietà generali* quali, ad esempio:

1) *L'estensione* che è la proprietà che hanno tutti i corpi di occupare uno spazio più o meno grande.

2) *L'impenetrabilità* che è una conseguenza della estensione e che possiamo definire come la proprietà per cui lo spazio occupato da un corpo non può essere occupato anche da un altro.

3) *La divisibilità* che è la proprietà per cui un corpo può essere suddiviso in tante parti piccolissime.

Così ad esempio, un sasso può essere ridotto in polvere percuotendolo con un martello, una zolletta di zucchero si suddivide in minutissime parti immergendola in un bicchiere di acqua, una goccia di acqua evaporando, forma tante goccioline.

4) *La dilatabilità* che è la proprietà che hanno i corpi di modificare il loro volume con il riscaldamento.

Supponiamo, ad esempio, di avere una sfera di metallo ed un anello dal quale la sfera può passare. Riscaldando la sfera essa non passerà più attraverso l'anello.

La spiegazione è da ricercarsi nel fatto che le molecole dei corpi sono sempre in movimento, si avvicinano tra loro e si allontanano secondo la variazione di temperatura. Nel caso esaminato le molecole della sfera, per effetto del calore si sono allontanate, gli spazi intermolecolari sono aumentati e la sfera ha aumentato il suo volume.

È interessante osservare che per impedire gli effetti della dilatabilità i tratti di rotaie del treno e del tram vengono separati da spazi necessari, perchè d'estate le rotaie si allungano ed allora se non vi fossero quegli spazi succederebbero dei disastri.

5) *L'elasticità* è la proprietà che hanno i corpi di deformarsi sotto l'azione di una causa (pressione, trazione, ecc.) per riassumere la loro forma iniziale quando cessa la causa. Ad esempio, una palla da biliardo, gettata sul tavolo rimbalza perchè è elastica; infatti, urtando contro il tavolo la palla si schiaccia: ma riprendendo la sua forma ed il suo volume, reagisce contro il tavolo e rimbalza. Anche i liquidi sono elastici. Quando l'acqua scorrendo dal rubinetto, batte sul lavello, le gocce d'acqua, che non hanno potuto infilarsi nel foro di scarico, subiscono un rimbalzo ugualmente a quanto accade per la palla. Possiamo altresì affermare che anche l'aria è elastica. Quando si gonfiano le ruote della bicicletta lo stantuffo tende a balzare indietro, perchè l'aria compressa, essendo elastica, cerca di riprendere il suo volume normale.

6) *La compressibilità* che è la proprietà che hanno tutti i corpi di diminuire il loro volume se sono opportunamente pressati.

L'aria, l'idrogeno, il metano, l'ossigeno sono corpi compressibili.

Fenomeno chimico e fenomeno fisico

Il *fenomeno fisico* non altera la struttura molecolare dei corpi i quali conservano le loro proprietà.

Il *fenomeno chimico* altera la struttura molecolare dei corpi e fa perdere ad essi le proprietà per farne acquistare delle altre.

Esempio di fenomeno fisico: Si abbia un miscuglio di polvere di zolfo e di limatura di ferro. Avvicinando al miscuglio una calamita la limatura di ferro verrà attirata e quindi separata dallo zolfo.

Se versiamo lo stesso miscuglio in un recipiente contenente acqua la limatura di ferro si deposita sul fondo e sopra si disporrà lo zolfo in uno strato ben distinto.

Come conclusione possiamo dire che lo zolfo ed il ferro non hanno subito modificazioni: le loro molecole sono rimaste intatte, costituite dagli stessi atomi.

Esempio di fenomeno chimico: Riscaldiamo in un recipiente il miscuglio di polvere di zolfo e limatura di ferro: otterremo

una nuova sostanza, il solfuro di ferro, non più separabile in polvere di zolfo e limatura di ferro. Infatti, riscaldando il miscuglio, le molecole si sono disfatte, gli atomi dello zolfo si sono riuniti a quelli del ferro ed hanno formato nuove molecole diverse dalle prime.

Coesione - Espansione - Adesione

Fra le molecole di uno stesso corpo esiste una certa simpatia per cui si attirano fra loro cercando di rimanere vicine. La forza che attira le molecole di uno stesso corpo si chiama *coesione*: Tale forza può essere notevole ed allora le molecole restano vicine, qualche volta invece la coesione è minore ed allora le molecole scorrono le une sulle altre. In alcuni corpi, al contrario, non esiste questa simpatia molecolare e le molecole invece di avvicinarsi tendono ad allontanarsi. Tale proprietà chiamasi *espansione*.

La forza di attrazione che si determina tra molecole di corpi diversi chiamasi *adesione*.

L'acqua bagna il vetro perchè vi aderisce e cioè l'adesione dell'acqua con il vetro supera la coesione delle molecole dell'acqua.

La matita scrive su un foglio di carta perchè la grafite aderisce alla carta.

Stati di aggregazione dei corpi

I corpi possono assumere tre diversi aspetti che si chiamano *stati di aggregazione*. Essi sono: solido, liquido, aeriforme.

I Solidi sono corpi che hanno forma e volume proprio: in essi la forza di coesione è grande.

Il ferro, il legno, il carbone fossile sono corpi che non subiscono deformazioni se vengono spostati o sollevati perchè hanno una propria forma ed un proprio volume.

I Liquidi sono corpi che assumono la forma del recipiente che li contiene, ma hanno volume proprio.

Il vino, l'acqua, la benzina sono liquidi.

Gli Aeriformi sono corpi che non hanno nè forma nè volume proprio: in essi la forza di attrazione molecolare è minima.

L'anidride carbonica, il metano, l'aria, il vapore acqueo sono aeriformi.

Uno stesso corpo può presentarsi nei tre stati: solido, liquido, aeriforme.

L'alluminio riscaldato arrossa, poi fonde diventando liquido: riscaldandolo ancora si può giungere ad avere vapori di alluminio.

Il ghiaccio, riscaldato, si trasforma in acqua: continuando a riscaldare l'acqua vediamo dal fondo del recipiente staccarsi delle bollicine che si innalzano sulla superficie del liquido, costituendo il vapore d'acqua.

Quiete e moto - Un punto è in *quiete* quando la sua posizione, nel tempo, rimane invariata rispetto ad altri corpi supposti fissi: se invece la sua posizione varia, nel tempo, si dice che il punto è in *moto*.

La quiete ed il moto di un punto sono sempre relativi in quanto riferiti ad altri punti o corpi che supponiamo fissi: ma non esistendo in natura corpi assolutamente fissi dobbiamo concludere che non esiste la quiete, nè il moto assoluto. Infatti noi riferiamo il moto dei corpi alla terra supposta ferma, ma questa invece ruota intorno al suo asse ed intorno al sole che, a sua volta, insieme a tutto il sistema solare ha un moto di traslazione verso la stella Vega.

Nell'universo tutto è in movimento e soltanto per comodità di studio riferiremo la posizione di un punto ad un sistema che supponiamo fisso.

Per conoscere il moto di un punto materiale è necessario specificare gli elementi e cioè: traiettoria, direzione, velocità.

Le successive posizioni assunte da un punto materiale in movimento danno luogo ad una linea alla quale si dà il nome di traiettoria. Se questa traiettoria è una retta il moto si dice rettilineo, se invece è una curva il moto prende il nome di curvilineo.

In particolare poi si dice che il moto è circolare se tale traiettoria curva è una circonferenza, ellittico se è un'ellisse, parabolico se è una parabola, ecc.

Un punto materiale può muoversi lungo una determinata traiettoria in un senso oppure nel senso opposto: si ha così l'idea del senso del moto.

Infine lo stesso punto materiale può muoversi lungo una determinata traiettoria più o meno velocemente, cioè il suo moto può essere più o meno veloce: si ha così l'idea della velocità del moto e potremo quindi dire che la velocità è l'attitudine che ha un punto materiale a percorrere uno spazio maggiore o minore in un dato tempo.

Moto uniforme

Se un punto materiale percorre spazi uguali in tempi uguali, ossia se impiega sempre lo stesso tempo a percorrere un determinato spazio il moto si dice uniforme.

Se un'autovettura percorre 20 metri in un secondo, 40 metri in due secondi, 60 metri in tre secondi, il moto è uniforme.

Possiamo quindi dire che nel *moto uniforme* gli spazi sono proporzionali ai tempi od anche che il rapporto tra spazio e tempo è costante.

$$\frac{\text{eguali spazi}}{\text{stessi tempi}} = \text{costante}$$

Diremo *velocità* nel moto uniforme il rapporto (costante) fra lo spazio ed il tempo impiegato a percorrerlo.

Indicando con v la velocità si ha:

$$\frac{s}{t} = v$$

da cui $s = vt$

che è la legge del moto uniforme.

Se nell'espressione $\frac{s}{t} = v$ poniamo: $s = 1$ metro, $t = 1$ secondo si ha:

$$v = \frac{1\text{m}}{\text{sec}}$$

che esprime l'unità di velocità ossia la velocità di un punto che percorre con moto uniforme un metro al secondo.

Se un corpo percorre 1 m al sec, in un'ora percorrerà 3600 m e cioè 3,6 Km e quindi

$$\frac{1 \text{ m}}{\text{sec}} = 3,6 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

Esempio:

1) Se un ciclista percorre, con moto uniforme, una pista lunga 600 metri nel tempo di 50 secondi quale sarà la sua velocità in m/s e Km/h?

$$v = \frac{s}{t} = \frac{600 \text{ m}}{50 \text{ sec.}} = \frac{12 \text{ m}}{\text{sec.}}$$

$$v = 12 \times 3,6 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 43,2 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

2) Qual'è la velocità in Km/h di un'autopompa che percorre con moto uniforme un tratto di strada lunga 2800 metri in 140 secondi?

$$v = \frac{2800 \text{ m}}{140 \text{ sec.}} = \frac{20 \text{ m}}{\text{sec.}}$$

$$v = 20 \times 3,6 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 72 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

MOTO VARIO

Nel moto uniforme il rapporto $\frac{s}{t}$ ha sempre lo stesso valore e misura senz'altro la velocità che si mantiene costante.

Ciò non è nel moto vario. — Per tale moto, quando si considerano due istanti determinati, il rapporto dello spazio s , percorso tra l'uno e l'altro istante, all'intervallo di tempo t che li separa misura la velocità media, la quale sarebbe quindi la velocità che il punto avrebbe se percorresse con moto uniforme lo stesso spazio s nello stesso tempo t .

Si avrà quindi

$$v_m = \frac{s}{t}$$

Supponiamo, che un punto si sia mosso da una determinata posizione lungo una certa traiettoria, dapprima lentamente, abbia poi accelerato il suo movimento, abbia poi percorso un lungo tratto a velocità costante ed infine abbia rallentato prima di fermarsi alla posizione di arrivo, e supponiamo che, dall'inizio del moto al termine, abbia percorso 144 Km. in 2 ore: da ciò non potremo certamente dedurre che in ogni ora abbia percorso 72 Km oppure che in ogni minuto secondo abbia percorso:

$$\frac{\text{Km } 144}{\text{sec } (20 \times 60 \times 60)} = \frac{\text{m } 144000}{\text{sec } 7200} = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

e ciò perchè abbiamo premesso che esso ha dapprima accelerato e poi rallentato il suo moto.

Però potremo dire che se quel punto avesse percorso in ogni minuto secondo 20 metri, in 2 ore avrebbe percorso $144000 \text{ m} = 144 \text{ Km}$.

Questa di 20 metri al minuto secondo è appunto la cosiddetta *velocità media*: essa differisce evidentemente dalle *velocità vere*, dette *attuali*, o *istantanee*, che il punto ha realmente assunto nei successivi istanti del suo moto; velocità necessariamente diverse le une dalle altre e precisamente crescenti nel primo periodo in cui il punto ha accelerato, costanti poi, e finalmente decrescenti quando il punto rallentava.

Quanto si è finora detto intorno alla velocità è applicabile tanto al moto rettilineo quanto a quello curvilineo, con la sola differenza che nel rettilineo la direzione del moto è sempre la stessa, mentre in quello curvilineo la direzione del moto varia di continuo, quindi non si può assegnare una volta per tutte, ma bisogna conoscerla d'istante in istante.

Nel moto uniforme e rettilineo sono costanti la velocità e la direzione; nel moto rettilineo vario è costante la sola direzione; in quello curvilineo uniforme è la sola direzione che varia.

MOTO UNIFORMEMENTE VARIO

Fra gli infiniti moti vari merita speciale menzione il *moto uniformemente vario*, il quale si verifica quando la velocità è soggetta, in tempi uguali, ad una variazione costante.

La variazione della velocità nell'unità di tempo prende il nome di *accelerazione*: se è in aumento si dice che il moto è *uniformemente accelerato*, se è in diminuzione si dice che il moto è *uniformemente ritardato*.

In entrambi i casi la velocità varia proporzionalmente col tempo. Così nel moto uniformemente accelerato, se indichiamo con a l'aumento costante di velocità per ogni minuto secondo (unità di tempo) e se consideriamo che il corpo parta dalla quiete (velocità zero), si ha evidentemente che nel primo minuto la sua velocità sarà a , nel secondo minuto sarà $a+a = 2a$, nel terzo minuto sarà $2a+a = 3a$ e così via.

Quindi in t minuti il mobile acquisterà la velocità

$$(1) \quad v = ta$$

Se invece al principio il mobile ha una velocità iniziale u , la sua velocità alla fine del tempo t sarà invece

$$(2) \quad v = u + ta$$

Interessa poi di poter conoscere lo spazio percorso in un dato tempo t .

Se il corpo parte dalla quiete e raggiunge dopo t secondi la velocità $v = ta$ è come se avesse percorso tutto lo spazio con una velocità costante media tra la iniziale $v_i = 0$ e la finale v .

$$v_m = \frac{v_i + v}{2} = \frac{0 + ta}{2} = \frac{v}{2}$$

quindi $v_m = \frac{v}{2} = \frac{at}{2}$

che è evidentemente la media delle velocità possedute nel tempo t .

Ma quando la velocità è costante noi sappiamo che lo spazio percorso in t secondi è

$$(3) \quad s = v_m t \quad \text{ma essendo } v_m = \frac{at}{2}$$

in definitiva si ha:

$$s = \frac{at^2}{2}$$

Se invece il corpo parte già con una velocità iniziale u e raggiunge alla fine del tempo t la velocità $v = u + ta$, è come se esso avesse percorso tutto lo spazio con una velocità costante media

$$v_m = \frac{u + (u + ta)}{2} = \frac{2u + ta}{2} = u + \frac{ta}{2}$$

e quindi lo spazio percorso in t secondi sarà:

$$(4) \quad s = v_m \times t = \left(u + \frac{ta}{2}\right) t = ut + \frac{at^2}{2}$$

Le relazioni (1), (2), (3) e (4) servono a risolvere tutti i problemi sul *moto uniformemente accelerato*.

Pel caso del moto uniformemente ritardato, occorre evidentemente che il corpo, all'inizio del moto abbia una *velocità iniziale* u , la quale va via via diminuendo durante il moto.

Se indichiamo sempre con a la perdita di velocità per ogni secondo (*accelerazione negativa*), in t secondi il corpo avrà perduto la velocità ta e quindi la sua velocità sarà:

$$(5) \quad v = u - ta$$

La media delle velocità possedute dal corpo durante il tempo t , cioè la media fra la velocità iniziale u e la velocità finale $(u - ta)$ è:

$$v_m = \frac{u + (u - ta)}{2} = u - \frac{ta}{2}$$

e quindi lo spazio percorso in t secondi sarà evidentemente:

$$s = t \left(u - \frac{at}{2} \right)$$

e cioè

$$(6) \quad s = ut - \frac{at^2}{2}$$

Le relazioni (5) e (6) servono a risolvere tutti i problemi sul *moto uniformemente ritardato* (frenatura).

Sappiamo per esperienza che qualunque corpo abbandonato a se stesso cade e che nel cadere accelera il suo movimento.

Osservando attentamente, a mezzo anche di speciali apparecchi, tale movimento si arriva a constatare che il moto di un corpo che cade è uniformemente accelerato.

Analogamente, se studiamo il moto di salita di un corpo lanciato verticalmente in alto, si trova che il suo moto è invece uniformemente ritardato.

MOTO PERIODICO

Un moto si chiama *periodico* quando il punto mobile riprende la stessa posizione sulla traiettoria ad intervalli regolari di tempo (ad esempio dopo 2 secondi, dopo 4 secondi, dopo 6 secondi, ecc.).

Il tempo necessario affinché il mobile riprenda la stessa posizione (e la stessa velocità) si chiama *periodo* e si suole indicare con la lettera T .

Per esempio sono moti periodici: quello di un'automobile o di un ciclista su di una pista (supponendo che ogni giro di pista duri lo stesso tempo); quello di uno stantuffo che scorre avanti ed indietro nel cilindro di un motore; quello di una pallina appesa ad un filo che oscilla a guisa di pendolo, ecc.

Tra i moti periodici citeremo i due seguenti:

1) *Il moto circolare uniforme* che è quello di un punto che descrive con moto uniforme e con velocità v un cerchio di raggio r .

Da quanto si è sopra detto il periodo T è allora il tempo necessario per fare un giro ed è quindi espresso da:

$$T = \frac{\text{lunghezza della circonferenza di raggio } r}{\text{velocità}} = \frac{2 \pi r}{v};$$

dalla quale si ha che:

$$v = \frac{2 \pi r}{T};$$

con questa relazione, conoscendo la velocità si può calcolare il periodo e viceversa conoscendo il periodo si può calcolare la velocità.

2) *Il moto armonico* è un moto periodico che nella tecnica ha grandissima importanza, e si chiama anche *moto oscillatorio* o *vibatorio semplice* o *moto pendolare*.

Tale moto possiamo pensarlo realizzato nel seguente modo:

Consideriamo un punto P che percorra con moto uniforme una circonferenza (fig. 8), proiettiamo il punto P sopra una retta qualunque e sia P' la proiezione di P.

Osserviamo allora che mentre il punto P descrive continuamente la sua traiettoria circolare, la proiezione P' percorre con moto alternato il segmento RQ oscillando continuamente da R a Q e da Q a R e così via.

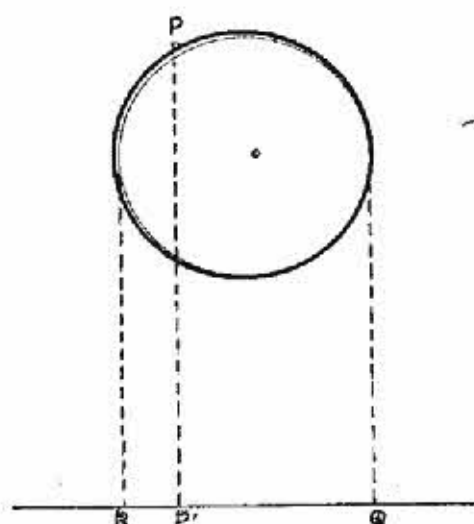


FIG. 8

Il tempo necessario perchè il punto P' percorra il segmento RQ due volte (andata e ritorno), è il *periodo* del moto armonico.

È evidente che nel moto armonico *la velocità non è costante*: essa è nulla sia nel punto R che nel punto Q, massima nel punto di mezzo del segmento RQ; ha un certo senso (ad es.: positiva) da R a Q, senso opposto (negativa) da Q a R e facilmente si intuisce che il moto è accelerato (non uniformemente) da R fino al punto di mezzo di RQ, poi ritardato fino a Q, poi ancora accelerato, ecc.

Un moto armonico si può praticamente realizzarlo facilmente facendo girare una piccola sfera con moto uniforme intorno ad un asse: la sua ombra si muoverà con moto armonico.

MOTO DI UN CORPO RIGIDO

Tutto ciò che si è precedentemente detto vale, a rigore, per il movimento di un punto materiale; però possiamo applicarlo anche al moto di un *corpo rigido* (ossia indeformabile), purchè questo moto sia *traslatorio*.

Diremo che il moto di un corpo è traslatorio quando, fissati sul corpo stesso due punti A e B qualunque (fig. 9), il segmento AB durante il moto resta sempre parallelo a se stesso.

Allora tutti i punti del corpo in questione descriveranno traiettorie (rettilinee o curve) identiche, cioè sovrapponibili, sicchè il movimento del corpo resta perfettamente determinato quando si conosca il movimento di un suo punto qualunque.

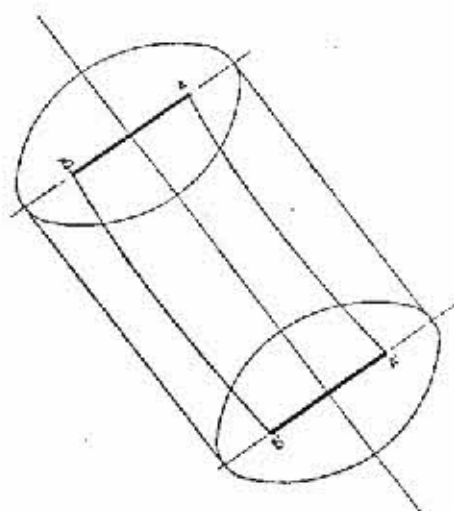


FIG. 9

In pratica molto raramente si hanno veri e propri moti traslatori: ad esempio si può considerare che un veicolo abbia un moto traslatorio (a prescindere dalle ruote) soltanto se corre in una strada perfettamente diritta; ma l'errore che si commette, considerando come traslatori molti movimenti che a rigore non lo sono, è spesso trascurabile.

Un altro movimento che può essere assunto da un corpo è il *moto rotatorio*, che si ha quando il corpo ruota attorno ad un asse fisso, sicchè tutti i suoi punti descrivono altrettante circonferenze con i centri sopra una stessa retta, che è chiamata *asse di rotazione*.

È chiaro che ciascun punto del corpo, durante tale movimento, si mantiene sopra un piano perpendicolare all'asse di rotazione detto *piano di rotazione* e che tutti i punti del corpo rotante hanno velocità tanto maggiori, quanto più sono lontani dall'asse di rotazione.

Esempi di corpi aventi moto rotatorio sono le pulegge di trasmissione, i rotorii delle macchine elettriche, i volani, ecc.

Anche il moto rotatorio può essere *uniforme* o *vario* secondo che il corpo ruota di angoli uguali in tempi uguali oppure no.

In pratica interessano principalmente i *moti rotatori uniformi*.
 Come il moto traslatorio uniforme è caratterizzato dalla velocità (spazio percorso nell'unità di tempo, ossia in un secondo), così il moto rotatorio è caratterizzato dalla *velocità angolare* cioè dall'*angolo descritto in un secondo* (unità di tempo) *da un raggio perpendicolare all'asse di rotazione*.

E si dirà quindi evidentemente che la velocità angolare è uguale ad uno, quando l'angolo descritto nell'unità di tempo è uguale ad uno. Per misura di un dato angolo si prende il rapporto fra l'arco di circonferenza intercettato fra i suoi lati ed il raggio della circonferenza stessa, il che equivale ad assumere come unità (detta *radiante*) l'angolo che intercetta un arco di circonferenza uguale al raggio. Così se T è il periodo del moto rotatorio ossia, come si è già visto, il tempo in secondi necessario ad un punto per fare un giro (ossia per percorrere la intera circonferenza) con moto uniforme, la sua velocità angolare intorno al centro sarà data da:

$$w = \frac{\text{circonf. perc. misurata in radianti}}{\text{tempo impiegato a descriverla}} = \frac{\frac{2\pi r}{r}}{T} = \frac{2\pi r}{Tr} = \frac{2\pi}{T}$$

e siccome

$$\frac{2\pi r}{T} = v = \text{velocità del punto,}$$

si ha evidentemente anche che:

$$w = \frac{v}{r}$$

dalla quale si ha che:

$$v = wr$$

e cioè che la velocità di un punto, animato di moto rotatorio uniforme intorno ad un altro punto, è data dal prodotto della velocità angolare per la distanza del punto rotante dal centro di rotazione.

Se $T=1''$ ossia se il punto rotante compie un giro in un minuto secondo si ha evidentemente che

$$w = 2\pi$$

Se $T = \frac{1}{2}$ minuto secondo, ossia se il punto rotante compie 2 giri in un minuto secondo si ha che

$$w = \frac{2\pi}{\frac{1}{2}} = 2\pi \times 2 = 4\pi$$

Se $T = \frac{1}{3}$ di minuto secondo, ossia se il punto rotante compie 3 giri in un minuto secondo, si ha che

$$w = \frac{2\pi}{\frac{1}{3}} = 2\pi \times 3 = 6\pi$$

In generale quindi se un corpo fa, con moto uniforme, n giri in un minuto secondo intorno al suo asse di rotazione, la sua velocità angolare sarà

$$w = 2\pi n$$

Per i corpi di sezione circolare, come volani, pulegge, ecc., è talvolta necessario considerare la loro *velocità periferica*, cioè la velocità (espressa in m/sec.) dei punti più lontani dall'asse di rotazione.

Da quanto si è sopra detto tale velocità è manifestamente data da

$$v = w r$$

ovvero da

$$v = 2\pi n r$$

nella quale n = numero dei giri della puleggia o del volano, al minuto secondo ed r = raggio esterno della puleggia o del volano.

MISURATORI DI VELOCITÀ

In commercio esistono degli strumenti che servono a misurare la velocità di un veicolo: tali strumenti si chiamano *tachimetri*, sono comunemente installati a bordo delle automobili e delle locomotive e permettono di misurare in ogni istante la velocità mediante la semplice lettura della posizione di un indice su di una graduazione.

Oltre a tali tachimetri per veicoli, graduati sempre in Km/ora, si hanno altri tachimetri, graduati in m/sec., che permettono di misurare per semplice lettura, la velocità di taglio di un utensile su di un tornio od altra macchina.

Si hanno infine anche dei *tachimetri registratori*, i quali registrano istante per istante la velocità di un veicolo, in qualunque intervallo di tempo, anche molto lungo; tali tachimetri registratori sono usati sulle locomotive ferroviarie.

S T A T I C A

FORZA E I SUOI ELEMENTI

Ogni causa che modifica o tende a modificare lo stato di quiete o di moto di un corpo si chiama *forza*. Una forza è completamente determinata quando se ne conoscono i suoi tre elementi: *punto di applicazione*, *direzione* ed *intensità*. Infatti: immaginiamo posata su di un tavolo, una assicella di legno sulla quale sono conficcati parecchi chiodi *a*, *b*, *c*, ecc. (fig. 10). Attacchiamo un filo ad esempio al chiodo *a* e tiriamolo secondo la direzione *a d* facendo un certo sforzo; l'assicella si sposta. Se invece di attaccare il filo al chiodo *a*, noi lo attacchiamo al chiodo *b* oppure al chiodo *c*, constateremo che l'effetto sarà diverso: così se invece di tirare il filo secondo la direzione *a d* lo tiriamo secondo la direzione *a e* l'assicella si sposterà in un'altra direzione. Da ciò appare chiaro che per determinare completamente lo sforzo (cioè la forza) a cui abbiamo sottoposta l'assicella, occorrono tre elementi e precisamente: occorre indicare il punto del corpo a cui abbiamo attaccato il filo, ossia il *punto di applicazione della forza*, la direzione secondo la quale abbiamo tirato il filo, cioè la *direzione della forza* ed infine lo sforzo con cui abbiamo tirato il filo e cioè l'*intensità della forza*.

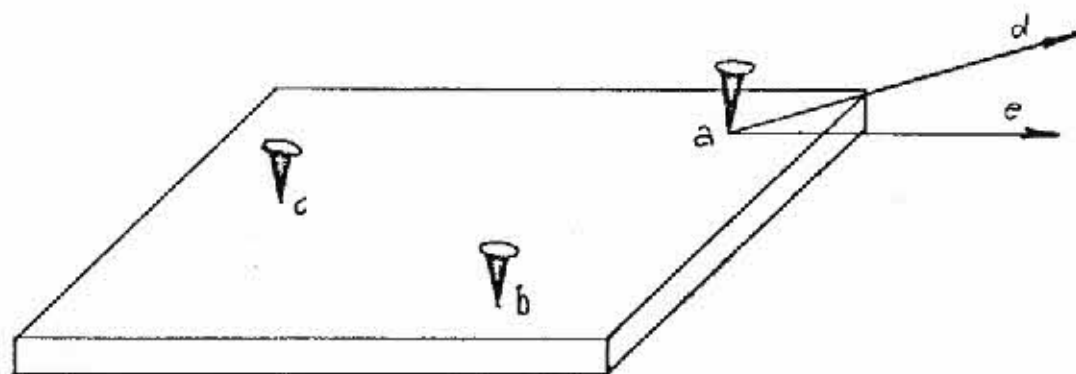


FIG. 10

* I tre elementi di una forza si possono rappresentare graficamente mediante un tratto di linea retta, la quale in *lunghezza* esprima l'*intensità* della forza, con un estremo A indichi il *punto di applicazione* della forza e con una *freccia* all'altro estremo B indichi il *verso* nella quale essa agisce.



FIG. 11

E non è superfluo avvertire che quando parleremo di una forza $A B$ intenderemo sempre che A è il suo punto di applicazione il quale è sollecitato a muoversi verso B .

Il segmento $A B$ rappresenterà in un data scala l'intensità della forza (ad esempio: se 1 cm. rappresenta 1 Kg. ed il segmento $A B$ è uguale a cm. 2,5, la forza $A B$ sarà uguale a Kg. 2,5; se invece 1 cm. = 5 Kg. ed il segmento $A B$ è uguale a cm. 2,5, la forza $A B$ sarà uguale a Kg. $2,5 \times 5 = 12,5$).

DEFINIZIONE E PRINCIPI DELLA STATICA

Si dice che *due o più forze agenti sopra un corpo si fanno equilibrio quando esse non alterano lo stato di quiete o di moto di quel corpo.*

La scienza dell'equilibrio delle forze è appunto quella che si chiama *statica*.

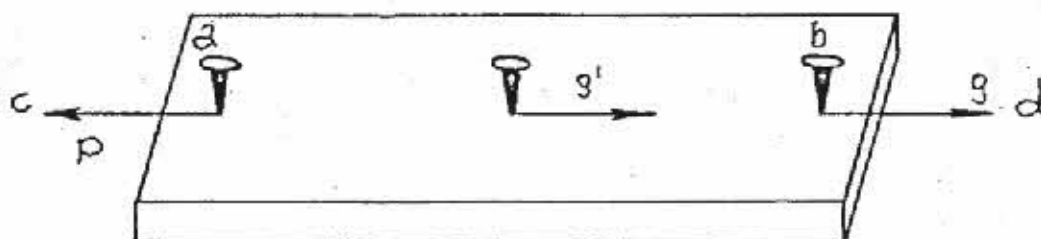


FIG. 12

Supponiamo di avere una riga di legno nella quale siano infissi due chiodi a e b (v. 12). Al chiodo a attacchiamo una funicella $a c$ ed al chiodo b una funicella $b d$. Si dispongano poi le cose in modo che la funicella $a c$ sia in linea retta con la $b d$. Se immaginiamo di tendere le due funicelle rispettivamente nelle direzioni $a c$ e $b d$ (cioè in senso contrario) con due forze P e Q di intensità uguale, è intuitivo che la riga non si sposta e potremo dunque dire che *due forze uguali e contrarie si fanno equilibrio.*

Supponiamo ora di sostituire le funicelle $c a$ e $b d$ con altre di maggiore lunghezza e di applicare ai loro estremi liberi le precedenti forze P e Q di intensità eguali e di senso contrario; si constaterà che la riga rimane ferma nella sua posizione primitiva e cioè troveremo che le due forze si fanno ancora equilibrio. Concluderemo che, l'aver trasportato il punto di applicazione della forza Q lungo la direzione della forza stessa non ne ha mutato l'effetto e diremo quindi in generale che *si può trasportare il punto di applicazione di una forza in qualunque altro punto della sua direzione purchè il nuovo punto sia rigidamente collegato col primo.*

COMPOSIZIONE E SCOMPOSIZIONE DELLE FORZE

Passiamo ora alla *composizione delle forze* ossia alla determinazione di una forza unica, detta *risultante*, che sostituita a più forze, dette *componenti*, produca lo stesso effetto di queste.

Si dimostra e si verifica sperimentalmente che: *La risultante di due forze applicate ad un punto è rappresentata dalla diagonale del parallelogramma costruito sulle rette che rappresentano le componenti.*

Limitiamoci a verificarlo sperimentalmente come segue. Tre fili sono riuniti in un solo punto O (fig. 13): due passano sopra le carucole segnate, reggendo ciascuno i pesi P e Q ed il terzo è teso verticalmente dal peso R. Nel punto O agiscono dunque le tre forze rispettivamente uguali ai tre pesi che vi sono applicati. Se quel punto si sposta e poi si abbandona, esso prende sempre la medesima posizione di riposo, che è quella in cui le tre forze si fanno equilibrio.

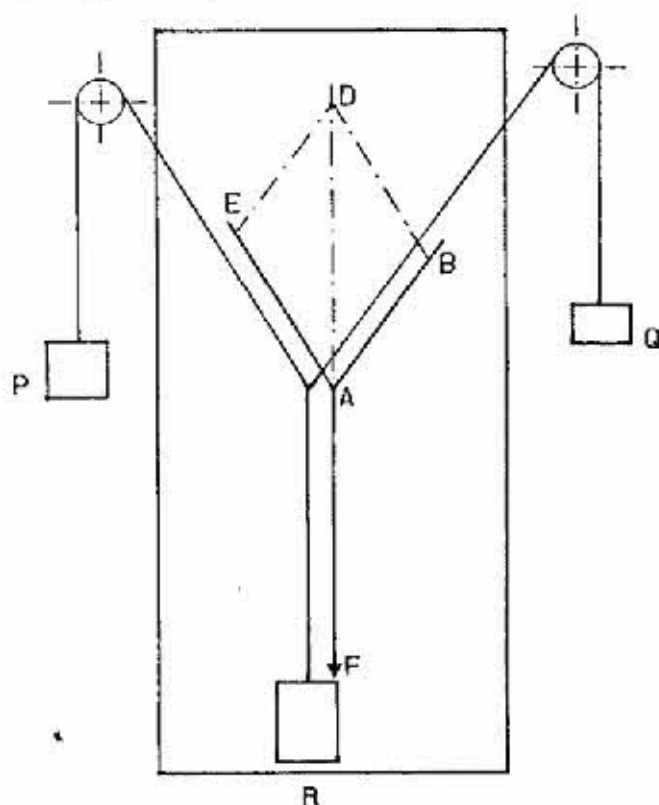


FIG. 13

Disponiamo una lavagna dietro il piano dei tre fili e segniamo su di essa le loro tre direzioni; prendiamo su queste i tre segmenti AE, AB ed AD che rappresentino in una determinata scala rispettivamente i tre pesi P, Q ed R.

Costruiamo il parallelogramma $EABD$, tirando da E la parallela alla AB e da B la parallela alla AE ; si trova che la diagonale AD è uguale al segmento AF e giace sul suo prolungamento. Ora una forza rappresentata dalla diagonale farebbe equilibrio alla forza uguale ed opposta rappresentata dal segmento AF ; ma a questa fanno realmente equilibrio le due forze rappresentate da AE ed AB ; dunque esse producono lo stesso effetto dell'unica forza rappresentata dalla diagonale AD , come volevasi dimostrare.

Spesso si presenta il problema inverso di quello che abbiamo ora trattato e cioè quello della *scomposizione di una forza* in due altre delle quali possono essere date le direzioni.

Supponiamo, ad esempio, che si voglia trascinare nella direzione AB un corpo A il quale resiste con una forza $P = 4 \text{ Kg.}$ (fig. 14). Supponiamo inoltre che, per ottenere il predetto scopo, il corpo A sia munito di una fune AC la quale nel punto C si biforca in due: CD e CE . Si domanda quali dovranno essere le intensità delle due forze che, avendo le direzioni CD e CE , dovremo applicare rispettivamente in D ed in E , affinché sia annullata l'azione della forza P .

Riportiamo nel punto C , in direzione contraria e in una determinata scala la forza P (sia CB), conduciamo dal punto B le due parallele alle direzioni CD e CE fino ad incontrare, rispettivamente in G ed F le direzioni stesse. I segmenti CF e CG rappresentano (nella stessa determinata scala) in valore e direzione le due forze cercate. Infatti, da quanto si è precedentemente dimostrato sperimentalmente, esse si possono comporre in un'unica forza CB che è uguale e di senso contrario alla forza P di cui volevano annullare l'effetto. Diremo quindi che le due forze CF e CG fanno equilibrio alla forza P .

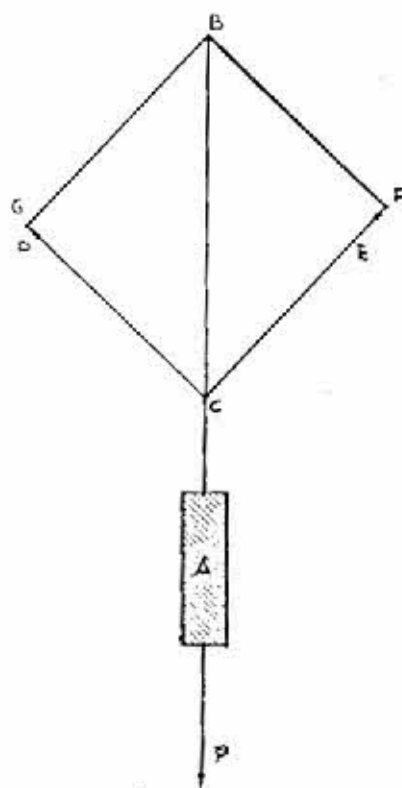


FIG. 14

Come conseguenza diretta di quanto si è precedentemente detto appare inoltre evidente:

1) che la risultante di due forze applicate ad un punto, ed aventi la stessa direzione, è uguale, in intensità, alla somma delle loro intensità ed è diretta nel loro stesso senso;

2) che la risultante di due forze applicate ad un punto e dirette in senso contrario è uguale in intensità alla differenza delle loro intensità ed è diretta nel senso della maggiore.

Se ad un punto A (fig. 15) sono applicate più forze: A B, A C, A D ed A E è facile ora immaginare come tali forze si possono comporre. Infatti si potrà incominciare a comporre le due forze A B ed A C mediante il parallelogramma e sostituire ad esse la loro risultante A F. L'effetto non cambia se, invece di considerare il punto A sollecitato dalle quattro forze A B, A C, A D ed A E, lo consideriamo sollecitato dalle tre forze A F, A D ed A E. Analogamente possiamo ora comporre le due forze A F ed A D col solito metodo del parallelogramma e trovare la loro risultante A G. In tal modo abbiamo ridotto le forze a due soltanto A G ed A E le quali, agendo sul punto A, produrrebbero lo stesso effetto delle quattro forze date.

Componendo infine le due forze A G ed A E nella loro risultante A R arriviamo a quest'ultima forza che, sostituita alle quattro date, produce lo stesso effetto. Essa è quindi la risultante delle forze date.

Con analogo procedimento si arriva a comporre in un'unica risultante un numero qualunque di forze applicate ad un punto.

Consideriamo ora il caso di dover comporre due o più forze giacenti in un piano, ma applicate a punti diversi.

Il punto di applicazione di una forza può essere trasportato in un altro punto della sua direzione senza mutarne l'effetto purchè il nuovo punto sia rigidamente collegato al primo. Ricordato ciò, supponiamo che un corpo sia sollecitato da due forze A B e C D giacenti in un piano ed applicate rispettivamente ai punti A e C (figura 16).

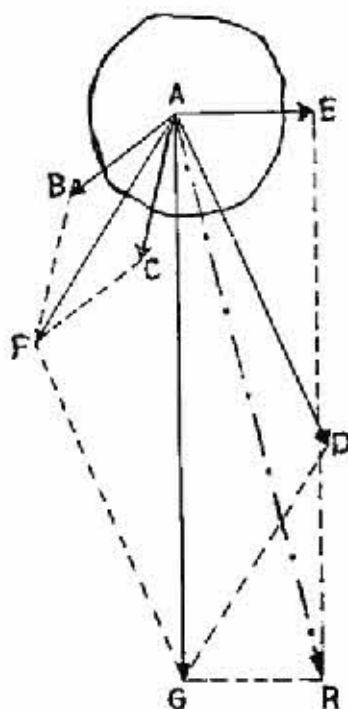


FIG. 15

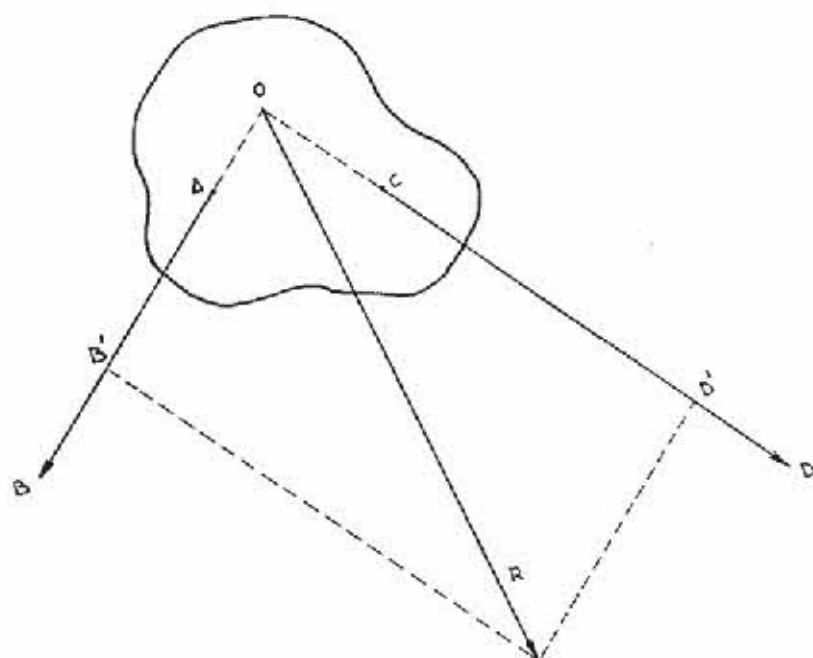


FIG. 16

Le rette sulle quali tali forze agiscono si incontrano nel punto O. Si potranno allora trasportare in O, che è comune alle due rette di azione, i punti di applicazione delle due forze AB e CD: con ciò ricadiamo nel caso già studiato di due forze applicate ad un punto che sappiamo comporre costruendo il parallelogramma delle forze stesse.

Nel caso di tre, quattro o più forze giacenti nello stesso piano ed applicate a punti diversi di un corpo si può ripetere successivamente quanto si è ora detto ed arrivare facilmente a trovarne la loro risultante.

Consideriamo ora il caso di *due forze parallele* A F' e A F'' che abbiano lo stesso senso.

Si dimostra, con semplici considerazioni geometriche ed applicando il parallelogramma delle forze, che la loro risultante ha la stessa direzione e lo stesso senso delle componenti, ha un'intensità uguale alla somma delle intensità di queste e che è applicata ad un punto C interno al segmento AB, le cui distanze da A e da B sono inversamente proporzionali alle intensità delle due forze date.

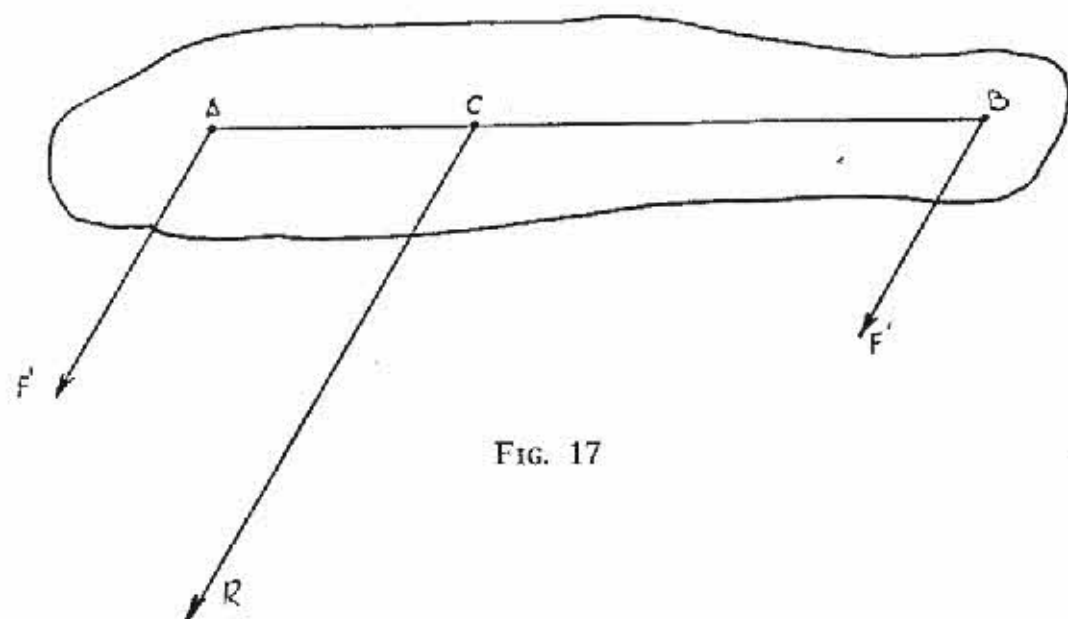


FIG. 17

Per rappresentare questa risultante occorre dunque per prima cosa (fig. 17) trovare il punto C di A B in modo che si abbia:

$$CA : CB = BF'' : AF'$$

dalla quale si ha che

$$CA = \frac{CB \times BF''}{AF'} = CB \times \frac{BF''}{AF'}$$

Se ad esempio

$$F'' = 2 \text{ Kg. e } F' = 6 \text{ Kg.}$$

si ha:

$$CA = CB \times \frac{2}{6} = \frac{1}{3} CB$$

ma

$$AB = CA + CB$$

e sostituendo a CA il valore trovato si ha:

$$AB = \frac{1}{3} CB + CB = CB \left(\frac{1}{3} + 1 \right)$$

e quindi

$$AB = \frac{4}{3} CB$$

la cui

$$CB = \frac{3}{4} AB$$

e per differenza

$$CA = AB - CB = AB - \frac{3}{4} AB = \frac{1}{4} AB$$

Trovato così il punto C per rappresentare la risultante delle due forze parallele date basterà condurre per tale punto C una retta parallela ad AF' e prendere su di essa un segmento $CR = AF' + BF''$.

Il punto di applicazione della risultante di due forze parallele si può anche trovare mediante una semplice costruzione grafica che consiste nel riportare una delle due forze, ad esempio da AF' sull'altra in BM (fig. 18a) e la seconda BF'' sul prolungamento della prima in AN .

Il punto C di intersezione della retta MN con la retta AB è evidentemente (dall'esame dei triangoli simili ACN e BCM), il punto di applicazione della risultante.

Nel caso di forze parallele aventi senso opposto il punto C di applicazione della risultante si può trovare con una identica costruzione (fig. 18b).

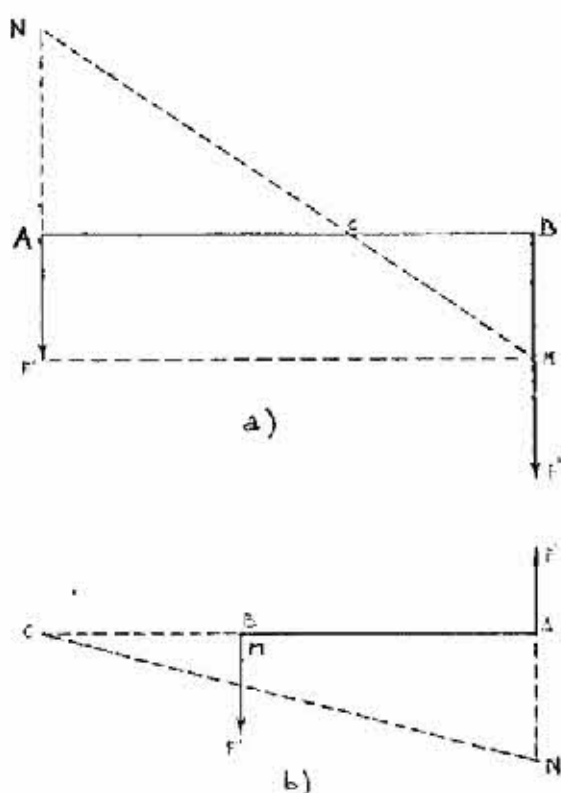


FIG. 18

Consideriamo ora il caso che *ad un corpo siano applicate parecchie forze tutte parallele fra loro*: la loro risultante si troverà trovando prima la risultante di due di esse, poi componendo la risultante trovata con una terza e così via, fino ad avere considerato tutte le forze componenti. Il punto di applicazione di questa risultante si chiama *centro delle forze parallele* e la sua posizione dipende dall'intensità delle componenti e dalla posizione dei loro punti di applicazione.

COPPIA DI FORZE

Si chiama *coppia di forze*, o più semplicemente *coppia*, il sistema di due forze parallele di uguale intensità, dirette in senso opposto (ad esempio le due forze AF' e BF'' della fig. 19).

Stando alla regola esposta, due forze parallele uguali in intensità e dirette in senso opposto si comporrebbero in una forza di intensità nulla, passante per un punto C posto all'infinito (infatti AB ed NM della fig. 18 vengono ad essere parallele).

Si ha quindi che tali forze non ammettono una risultante unica, ossia non possono essere equilibrate con una sola forza: il corpo a cui sono applicate tenderà a ruotare attorno ad un asse perpendicolare al piano delle due forze.

Si chiama *braccio* della coppia la distanza tra le rette d'azione delle due forze componenti (il segmento BC della fig. 19) e si chiama *momento della coppia* il prodotto dell'intensità di una componente per il braccio.

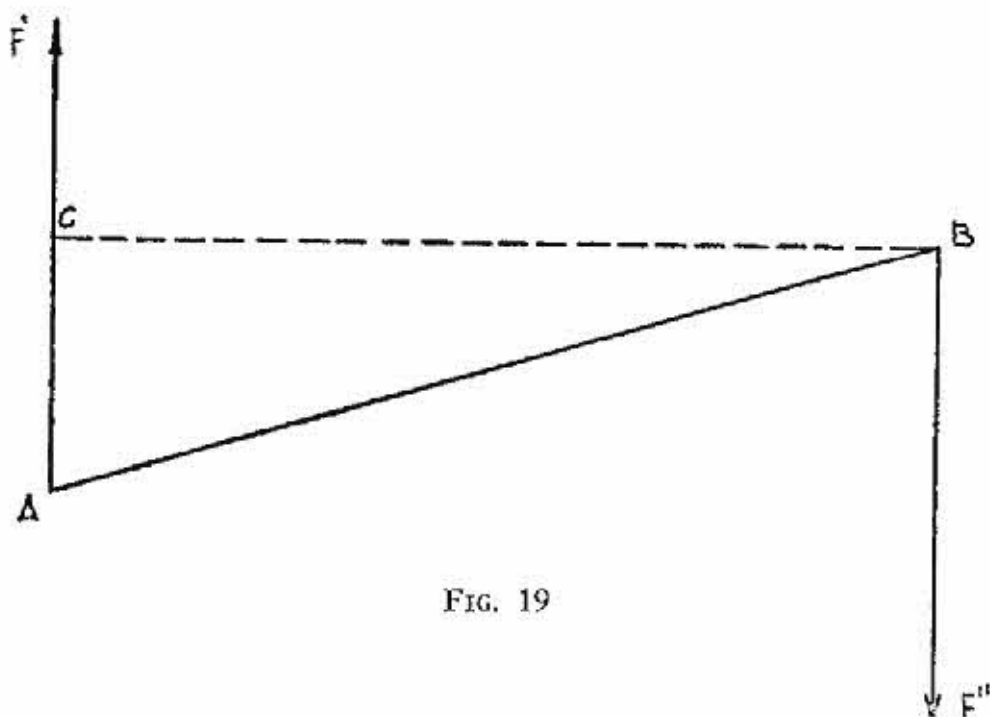


FIG. 19

Se le forze si misurano in chilogrammi ed i bracci in metri, il momento sarà dunque espresso in chilogrammetri.

Al momento di una coppia si suole attribuire il segno $+$ o $-$ secondo che la coppia tende a produrre una rotazione in un senso o nel senso opposto.

Si è precedentemente detto che l'azione di una coppia non può essere equilibrata con una sola forza; per equilibrare l'azione di una

coppia è dunque necessaria una seconda coppia che agisca nello stesso piano della prima, tenda a produrre una rotazione in senso opposto ed abbia momento uguale a quello della prima.

In breve: due coppie giacenti sullo stesso piano si fanno equilibrio se hanno momenti uguali e di segno contrario.

Se su di uno stesso piano le coppie sono più di due, la condizione di equilibrio si enuncia dicendo che la somma dei momenti aventi un certo segno deve essere uguale alla somma dei momenti aventi segno opposto.

EQUILIBRIO DI UN CORPO GIREVOLE ATTORNO AD UN ASSE

Esistono dei corpi che possono muoversi soltanto con moto rotatorio attorno ad un asse fisso: sono appunto in queste condizioni i volani, le pulegge di trasmissione, i rotori delle macchine elettriche, ecc.

Se sopra uno di questi corpi viene ad agire una forza la cui retta di azione passa per l'asse od è parallela all'asse, il corpo evidentemente resta in equilibrio.

Invece una forza F (vedi fig. 20), giacente in un piano perpendicolare all'asse O , tende a produrre una rotazione.

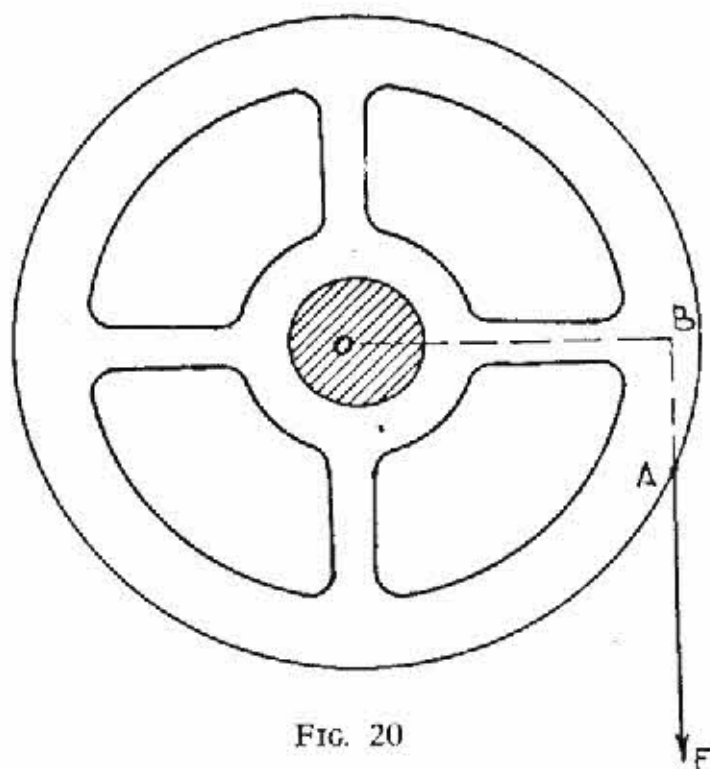


FIG. 20

La distanza perpendicolare OB tra l'asse O e la retta d'azione della forza si chiama *braccio della forza*, mentre il prodotto $AF \times OB$, dell'intensità della forza per il suo braccio, si chiama *momento della forza rispetto all'asse* e lo indicheremo con la lettera M ; potremo dunque scrivere:

$$M = AF \times OB$$

L'efficacia che la forza ha sul corpo è misurata dal momento della forza stessa rispetto all'asse di rotazione: una forza, anche molto intensa, ma la cui retta d'azione è vicinissima all'asse O , ha piccolo momento e scarsa efficacia; il momento e l'efficacia aumentano man mano che la sua retta d'azione si allontana dall'asse O

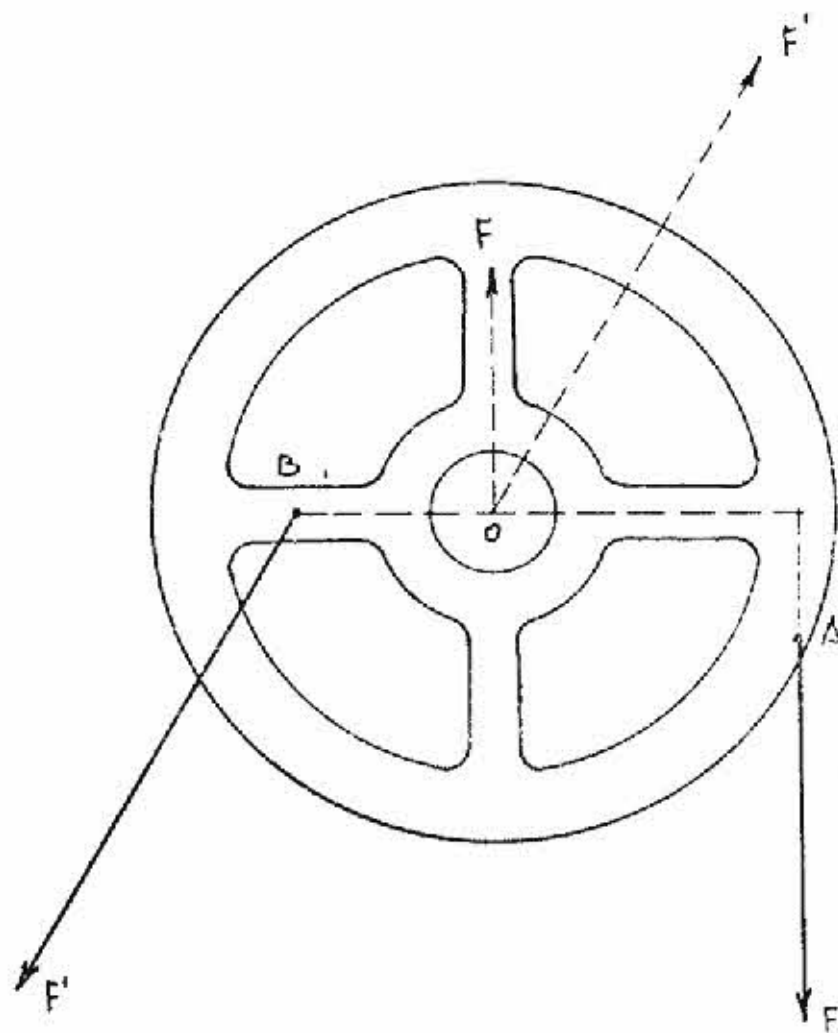


FIG. 21

e sarà massimo il momento e massima l'efficacia quando tale retta d'azione passerà per il punto più lontano dall'asse O.

Dato che il momento di una forza rispetto all'asse fisso del corpo sul quale la forza stessa agisce è dato dal prodotto dell'intensità della forza per la distanza della sua retta d'azione dall'asse, anche il momento si misura in *chilogrammetri* e gli si attribuisce il segno + o — a seconda del senso di rotazione, e precisamente si prendono con segno + quei momenti che tendono a far girare il corpo nel senso delle lancette di un orologio e con segno — gli altri.

Per mantenere in equilibrio un corpo girevole su cui agisce una forza, occorre applicare ad esso una seconda forza che tenda a produrre una rotazione opposta ed abbia lo stesso momento della prima. Se indichiamo con M ed M_1 i momenti delle due forze la condizione di equilibrio è:

$$M = - M_1$$

ossia

$$M + M_1 = 0$$

Infatti (vedi fig. 21) le due forze $A F$ ed $B F'$, applicate rispettivamente nei punti A e B del nostro corpo girevole, abbiano momenti uguali e di segno contrario. Se al medesimo corpo noi applichiamo nel punto O dell'asse due forze $O F$ ed $O F'$ rispettivamente uguali, parallele ed opposte ad $A F$ e $B F'$, il sistema non viene alterato; si hanno però così due coppie: $F A O F$ ed $F' B O F'$ che hanno anch'esse momenti uguali ed opposti e quindi il corpo è in equilibrio.

Se le forze applicate al nostro corpo girevole sono in numero qualunque, la condizione di equilibrio è che la somma di tutti i momenti positivi sia uguale alla somma di tutti i momenti negativi.

LA FORZA DI GRAVITÀ

Tutti i corpi che si trovano sulla terra sono attratti da questa con una forza, diversa per i diversi corpi, diretta costantemente dall'alto in basso secondo la verticale (direzione del filo a piombo).

Questa forza si chiama *gravità* e la sua intensità è rappresentata dal *peso* del corpo considerato.

La retta d'azione della forza di gravità è verticale ed ha la proprietà di passare costantemente per un punto determinato del corpo, comunque si orienti il corpo stesso. Tale punto si chiama *centro di gravità* o *baricentro del corpo* e si può considerare come il punto di applicazione della forza di gravità.

Prendiamo ad esempio un pezzo di lamiera di forma qualunque ed appendiamolo per un suo punto A (fig. 22); ottenuto l'equilibrio la verticale AV' rappresenterà la retta d'azione della gravità. Se appendiamo il medesimo corpo per altri punti B, C, ecc. e disegniamo ogni volta le verticali AV' , BV'' , CV''' , ecc. con l'aiuto di un filo di piombo, constateremo che tutte queste rette passano per uno stesso punto O.

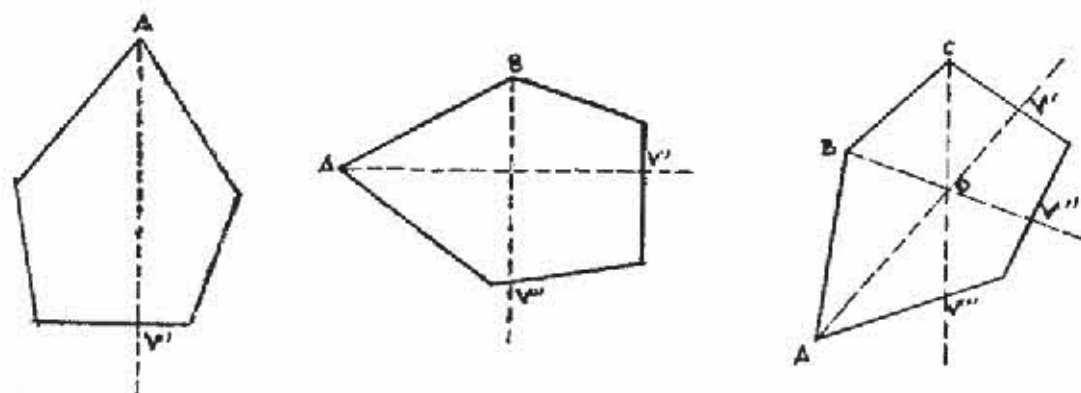


FIG. 22

Tale punto è il centro di gravità del corpo considerato.

In molti casi la posizione del centro di gravità può essere determinata con semplici regole geometriche. Così una sfera omogenea avrà il suo baricentro coincidente col centro della sfera, un cubo omogeneo lo avrà coincidente con il punto di incontro delle diagonali interne, ed in generale per tutti i corpi solidi omogenei che ammettono un centro di figura il baricentro coincide con il loro centro di figura.

Analogamente anche nelle figure piane che ammettono un centro di figura (circolo, rettangolo, poligono regolare) il baricentro coincide col centro di figura.

Si è precedentemente detto che un corpo abbandonato a se stesso viene attratto dalla terra: più semplicemente diciamo che il corpo cade.

Per impedire la caduta di un corpo si può o sospenderlo per un suo punto oppure appoggiarlo su di un piano orizzontale.

Nel primo caso affinché il corpo sia in equilibrio, dovrà essere nullo il momento della forza di gravità da cui è sollecitato rispetto al punto di sospensione, e siccome la forza, che è il peso, non può ridursi a zero, così è necessaria che sia nullo il braccio od in altre parole bisogna che la congiungente il centro di gravità col punto di sospensione sia verticale.

Verificata questa condizione si possono dare tre casi:

1) che il centro di gravità coincida col punto di sospensione ed allora il corpo resterà in equilibrio comunque lo si volti: in tal caso si dice che *l'equilibrio è indifferente*;

2) che il centro di gravità sia più basso del punto di sospensione ed allora se il corpo viene di poco spostato dalla posizione di equilibrio, si vede che il corpo tende a ritornare nella posizione di partenza, in tale caso si dice che *l'equilibrio è stabile*;

3) che il centro di gravità sia più alto del punto di sospensione, ed allora se il corpo viene di poco spostato dalla posizione di equilibrio si vede che il corpo tende ad allontanarsi ancora di più dalla posizione di equilibrio: in tal caso si dice che *l'equilibrio è instabile*.

Un corpo può appoggiarsi su di un piano rigido orizzontale con un solo punto o con più punti.

Nel primo caso l'equilibrio sussisterà quando la verticale, condotta per il centro di gravità del corpo, passa per il punto di appoggio del corpo stesso sul piano,

Se poi il corpo tocca il piano in più punti, l'equilibrio sussisterà se la verticale condotta per il suo centro di gravità cade entro la così detta base del corpo stesso, ossia entro il massimo poligono convesso che abbia per vertici alcuni punti di appoggio e contenga tutti gli altri.

Anche nei casi ora considerati si possono verificare le tre specie di equilibrio: così ad esempio una sfera appoggiata su di un piano rigido orizzontale è in equilibrio indifferente, un cono ritto sul vertice è in equilibrio instabile ecc.; ed in generale si avrà che l'equilibrio è stabile quando uno spostamento innalza il centro di gravità ed è invece instabile quando uno spostamento abbassa il centro di gravità.

EQUILIBRIO DELLE FORZE NELLE MACCHINE SEMPLICI

Il nome di macchina è dato ad ogni congegno per mezzo del quale una forza agisce indirettamente su di un punto o su un corpo.

Precedentemente si è sempre considerata l'azione diretta delle forze sui corpi: si è cioè sempre immaginato le forze direttamente applicate ai punti dei corpi considerati. Studieremo ora invece il caso in cui la forza agisce indirettamente su di un corpo, per mezzo cioè di un corpo o congegno intermedio detto macchina. Per lo più si considerano due sole forze applicate alla macchina: quella che si vuol vincere, chiamata *resistenza* e quella che impieghiamo per vincere la resistenza e che è chiamata *potenza* o *forza motrice*.

Ci limiteremo a studiare le condizioni nelle quali queste due forze si equilibrano per mezzo della macchina, e diremo che questa

offrirà un *vantaggio* quando troveremo, che a tal fine, sarà sufficiente una forza motrice minore della resistenza.

In quanto esporremo in seguito, non terremo conto alcuno degli attriti fra le varie parti in moto, della rigidità delle funi e delle catene, della resistenza del mezzo, ecc.

Fra le infinite macchine se ne sogliono distinguere alcune che si chiamano *semplici*, perchè non sono scomponibili in parti, ciascuna delle quali a sua volta possa servire da macchina. Comunemente si annoverano le seguenti *sei macchine semplici*: la leva, il piano inclinato, la puleggia, il verricello, il cuneo e la vite.

LA LEVA

La *leva* è una spranga rigida, di forma qualunque, girevole attorno ad un punto fisso detto *fulcro*. Se la spranga è rettilinea la leva dicesi *dritta* (fig. 23) altrimenti dicesi *falcata* (fig. 24).

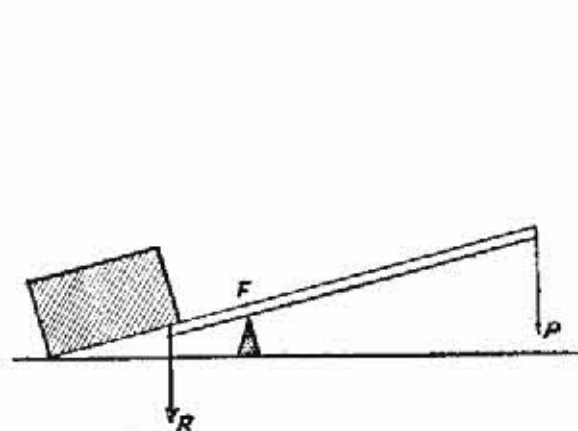


FIG. 23

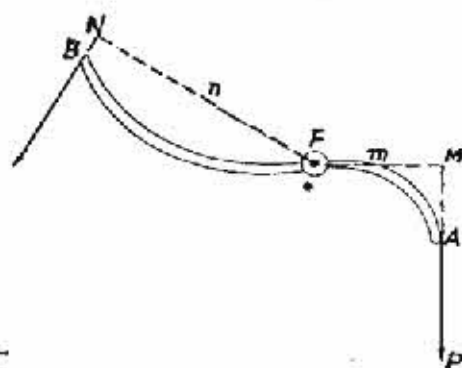


FIG. 24

Si sogliono distinguere tre tipi di leve: quelle, dette di *primo genere* (figg. 25 e 26) nelle quali il fulcro è situato tra il punto di applicazione della forza motrice e quello della resistenza; quelle dette di *secondo genere* se la resistenza è applicata tra la forza motrice ed il fulcro; quelle di *terzo genere* se la forza motrice è applicata tra la resistenza ed il fulcro.

Nelle leve la forza motrice P e la resistenza R sono applicate in modo da produrre rotazioni in senso opposto.

La condizione di equilibrio si può allora esprimere dicendo che i momenti delle due forze, rispetto al fulcro, debbono essere uguali.

Quindi detti m ed n i bracci rispettivamente delle forze P ed R avremo:

$$P \times m = R \times n$$

od anche

$$P : R = n : m$$

che si legge: quando una leva è in equilibrio la forza motrice (detta anche potenza) sta alla resistenza come il braccio della resistenza sta al braccio della potenza, ossia in altri termini che *nello stato di equilibrio la forza motrice e la resistenza sono inversamente proporzionali alle rispettive distanze dal fulcro.*

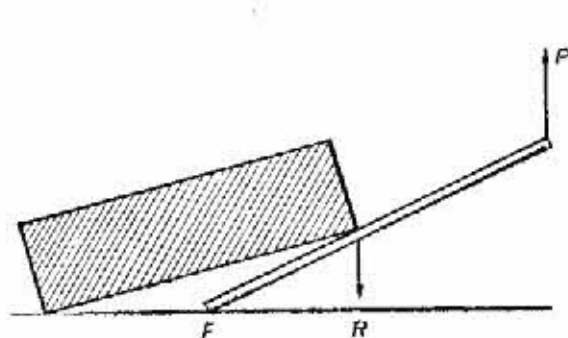


FIG. 25

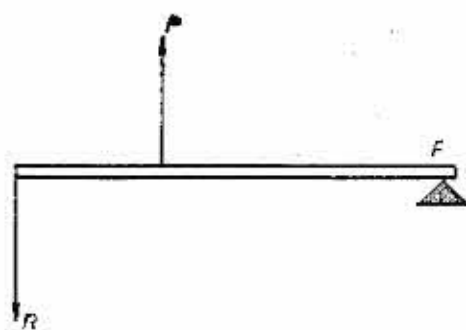


FIG. 26

Perciò considerando ad esempio la leva di secondo genere riprodotta nella figura, potremo, a titolo esemplificativo dedurre che: se la forza R da vincere è di 75 Kg. ed il suo braccio è di cm. 80, la forza motrice o potenza P da applicare all'estremo della leva che supponiamo lunga m. 2,40, potrà ricavarsi sostituendo i numeri nella prima delle due relazioni precedentemente riportate e dividendo poi per 2,40 entrambi i termini dell'uguaglianza.

$$P \times 2,40 = 75 \times 0,80 \quad P = \frac{75 \times 0,80}{2,40} = 25 \text{ Kg.}$$

Nelle leve interessa studiare un altro elemento e cioè: a quale forza sia assoggettato il loro fulcro.

Abbiamo considerato le leve sottoposte a due forze P ed R , dirette secondo i casi in uno stesso senso oppure in senso contrario. In ogni caso però la statica ci insegna che tali forze si possono comporre in un'unica risultante; il fulcro F , considerato allora come punto d'applicazione della risultante, sarà assoggettato ad una forza di direzione, senso ed intensità pari alla risultante delle forze P ed R .

Da quanto si è fin qui detto risulta che in una leva in equilibrio la potenza o forza motrice è uguale alla resistenza quando i rispettivi bracci sono uguali.

Ne viene di conseguenza che, affinchè la leva dia un vantaggio, cioè la potenza sia minore in valore della resistenza, occorre che il braccio della resistenza sia minore di quello della potenza. Ciò può avvenire nella leva di primo genere, avviene sempre in quella di secondo genere e non avviene mai in quella di terzo genere nella quale ultima il braccio della potenza è sempre minore di quello della resistenza.

La bilancia, la stadera, la tenaglia, lo schiaccianoci, la pinza, ecc., costituiscono esempi di leve.

IL PIANO INCLINATO

Un piano resistente AB (fig. 27), inclinato di un certo angolo rispetto all'orizzonte, può utilmente servire a sollevare un corpo

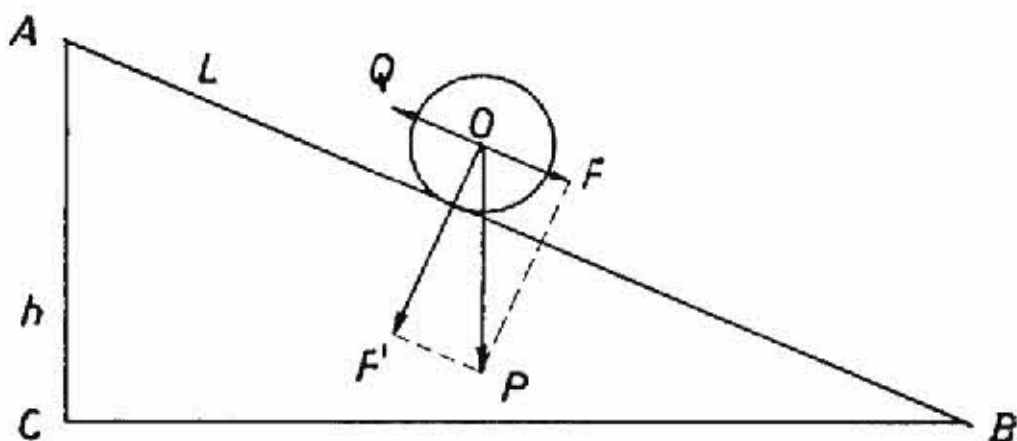


FIG. 27

pesante, con una forza notevolmente minore del peso del corpo.

Il rapporto $\frac{h}{l}$ tra la sua altezza AC e la sua lunghezza AB si

chiama *inclinazione* o *pendenza del piano inclinato*.

L'inclinazione è sempre minore di 1 e si esprime di solito in frazione centesimale: si dice, ad esempio, che un piano inclinato ha la pendenza dello 0,06 oppure del 6% quando percorrendo un metro su di esso si ottiene un aumento di altezza di 6 cm.

Supponiamo collocato sul piano inclinato (fig. 27) un corpo pesante, il cui peso P costituisce la resistenza da vincere. Immaginiamo

di scomporre questa forza in due altre: una F parallela al piano inclinato AB ed una F' perpendicolare allo stesso piano inclinato. Alla forza F' perpendicolare al piano inclinato reagisce il piano stesso sopportando così una parte del peso del corpo, l'altra F , parallela al piano inclinato considerato, sollecita il corpo a scendere. Affinchè il corpo non scenda e quindi si abbia l'equilibrio occorrerà applicare una forza Q uguale e contraria ad F . Per la similitudine dei triangoli ABC ed OFP potremo scrivere:

$$OF : OP = AC : AB$$

ossia

$$Q : P = h : l$$

da cui si ha

$$(1) \quad Q = \frac{h}{l} P$$

Chiamando con i il rapporto $\frac{h}{l}$ = inclinazione del piano incli-

nato, potremo scrivere:

$$(2) \quad Q = i P$$

L'applicazione pratica di questa formula è molto semplice. Volendo ad esempio impedire la discesa lungo un piano inclinato con pendenza del 32% di un corpo avente il peso di 250 Kg sarà necessaria una forza resistente:

$$Q = 0,32 \times 250 = 80 \text{ Kg}$$

Le relazioni (1) e (2) esprimono dunque la condizione di equilibrio del piano inclinato, le quali ci dicono che:

1) a parità di lunghezza l del piano inclinato lo sforzo Q necessario per sostenere il corpo sul piano inclinato stesso è tanto maggiore quanto più grande è l'altezza h ;

2) a parità di altezza h lo sforzo Q è tanto maggiore quanto più piccola è la lunghezza l del piano inclinato.

In altre parole che lo sforzo Q è tanto maggiore quanto maggiore è l'inclinazione del piano inclinato.

PULEGGIA

La puleggia o carrucola è una macchina semplice comunissima, ed è formata da un disco di legno o di metallo (fig. 28) con la corona foggata a gola e girevole attorno ad un asse passante per il centro: l'asse è portato da apposita staffa, generalmente di metallo, che termina con un gancio.

Nella gola della puleggia è adagiata una fune od una catena.

Si devono considerare due disposizioni diverse di tale complesso che servono a scopi pure diversi: il sistema con puleggia fissa e quello con puleggia mobile. Nel primo si ha una disposizione in cui

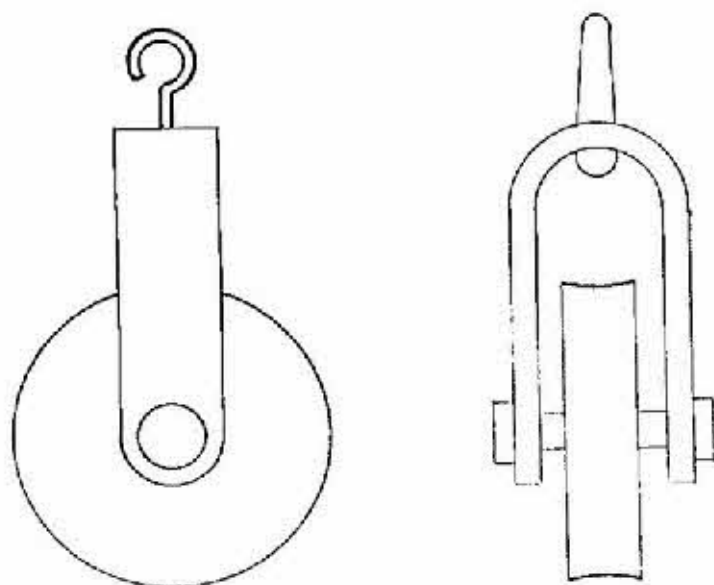


FIG. 28

la staffa, oppure addirittura il perno della puleggia sono fissi (fig. 29), dimodochè la fune, avvolta nella gola, porta da un capo la resistenza R e dall'altro la forza motrice o potenza P . Questa disposizione prende il nome di *puleggia fissa*, ed in tal caso la forza motrice o potenza P necessaria per equilibrare una data resistenza deve essere uguale alla resistenza stessa; deve cioè essere

$$P = R$$

comunque siano dirette le funi: la puleggia fissa infatti è paragonabile ad una leva di primo genere a bracci uguali.

Si ha poi una seconda disposizione della puleggia (fig. 29) in cui la staffa è foggata in modo da poter sostenere la resistenza R (ordinariamente costituita dal carico da sollevare) e la fune passante nella gola della puleggia è fissa ad un capo mentre all'altro capo porta la forza motrice o potenza.

Se i due tratti della fune sono paralleli tra loro, la forza motrice o potenza P necessaria per equilibrare la resistenza R è uguale alla metà della resistenza e cioè:

$$P = \frac{1}{2} R;$$

infatti la puleggia funziona, in tale caso, come una leva di secondo genere in cui il braccio della forza R è il raggio del disco ed il braccio della forza P è il diametro. Questa seconda disposizione prende il nome di *puleggia mobile*.

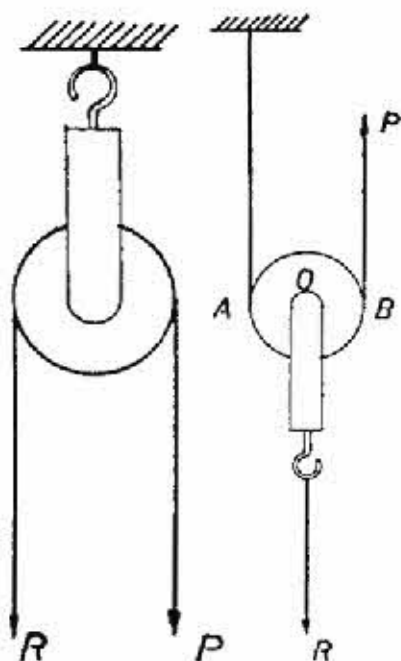


FIG. 29

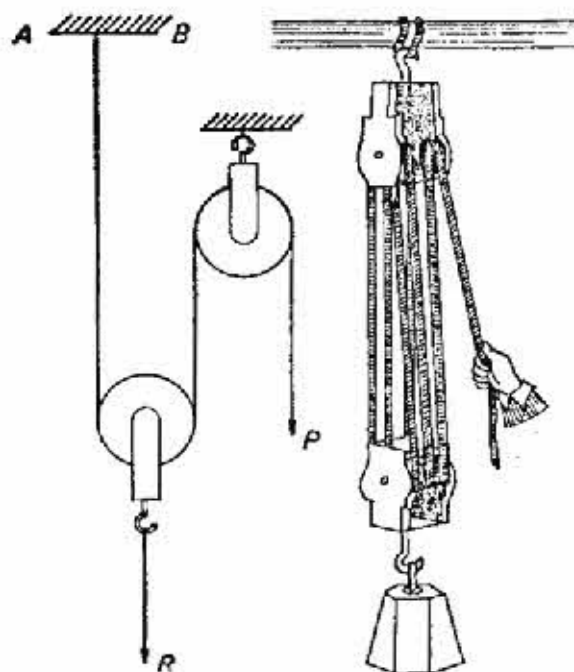


FIG. 30

Qualche volta si associa una puleggia fissa ad una mobile (fig. 30); più spesso si usano varie pulegge collegate insieme, alcune delle quali funzionano come fisse, altre come mobili: si ottiene così un utile apparecchio di sollevamento detto *taglia*, il quale permette una notevole moltiplicazione di forza, poichè per equilibrare una resistenza R basta (teoricamente) una forza motrice o potenza.

$$P = \frac{R}{n}$$

essendo n il numero delle pulegge. Quindi per sollevare due quintali con una taglia a quattro pulegge, basta una forza

$$P = \frac{200}{4} = 50 \text{ kg}$$

Si è detto teoricamente perchè nella pratica interviene l'attrito (di cui non si è tenuto conto) a diminuire il vantaggio.

VERRICELLO

Il verricello è una macchina semplice (fig. 31) costituita da un cilindro C solidale ad una ruota coassiale V: la resistenza R si applica all'estremo di una fune avvolta sul cilindro e la forza motrice o potenza P alla ruota. Per l'equilibrio P ed R debbono avere momenti uguali ed opposti rispetto all'asse di rotazione AB: quindi

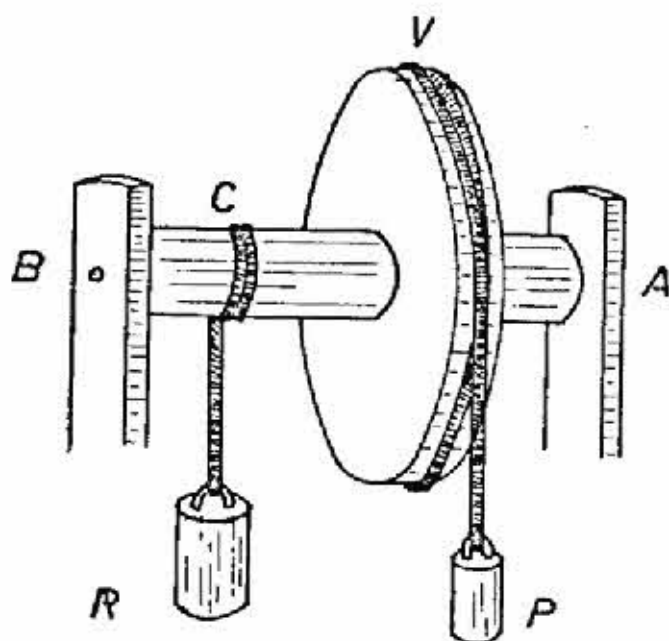


FIG. 31

se indichiamo con r_1 ed r_2 i raggi della ruota e del cilindro, dovrà aversi:

$$P \times r_1 = R \times r_2$$

od anche

$$P : R = r_2 : r_1;$$

queste relazioni ci dicono che quando vi è equilibrio la potenza e la resistenza sono inversamente proporzionali alle rispettive distanze dell'asse.

Restando dunque invariata la resistenza e la sua distanza dall'asse della ruota occorre tanto minore sforzo di potenza quanto maggiore sarà la sua distanza dall'asse sopradetto e reciprocamente con un determinato sforzo di potenza applicato ad una determinata distanza dall'asse si vincerà una resistenza tanto maggiore quanto minore sarà la sua distanza dall'asse stesso.

CUNEO

È notorio che per spaccare la legna si usa la scure oppure il cuneo di legno duro o di ferro, infiggendolo a colpi di mazza nella fenditura del tronco.

Tanto la scure che il cuneo di legno duro o di ferro hanno la sezione a triangolo, come schematicamente è rappresentato nella fig. 32, in A B C, e costituiscono la macchina semplice detta *cuneo*.

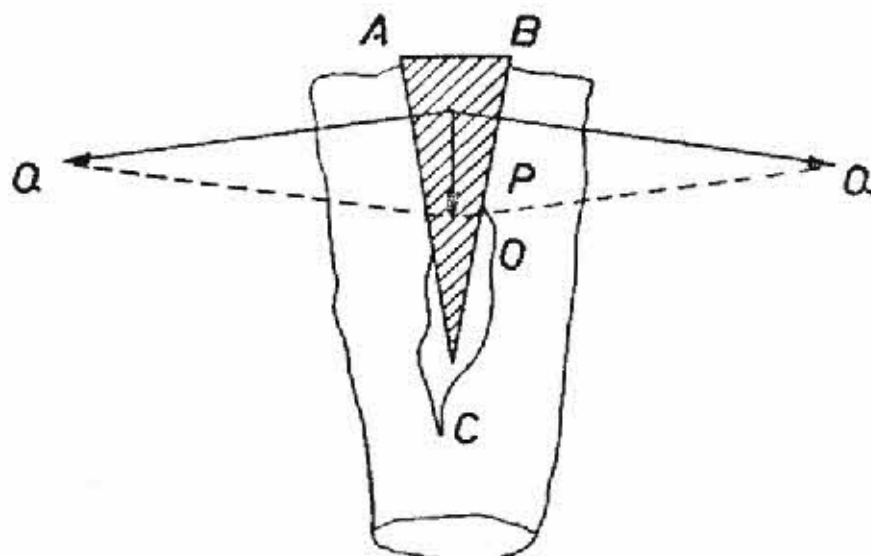


FIG. 32

Nel cuneo si distinguono la *testa* A B e i *fianchi* A C e B C.

Il cuneo è sollecitato da una forza P agente sulla testa che lo spinge ad inoltrarsi nel corpo da spaccare. Tale forza P (potenza o forza motrice) si può decomporre in due forze Q normali ai due fianchi del cuneo le quali, agendo sul corpo, lo spaccano. Dalla similitudine dei triangoli A B C o O P Q si ricava che

$$P : Q = AB : AC$$

ossia

$$P : Q = \text{testa} : \text{fianco}$$

e cioè che una forza P produrrà tanto maggiore forza di allargamento nel corpo quanto più piccola sarà la larghezza della testa del cuneo in confronto della lunghezza dei suoi fianchi.

Infatti tutti sanno, per pratica, che è più facile introdurre in un corpo un coltello sottile che uno spesso.

VITE

La vite è costituita da un cilindro detto *pane della vite*, sul quale si avvolge elicoidalmente il filetto sporgente che, a seconda dei casi e degli scopi a cui serve la vite, può avere sezioni e forme diverse. Si chiama invece *madrevite* il blocco in cui è intagliato lo stampo della vite, in modo che quest'ultima vi può girare dentro sposandone completamente la forma.

Vite e madrevite insieme costituiscono la macchina detta *vite*.

Tale macchina è largamente usata in meccanica perchè dà enormi vantaggi. Ad esempio si trova in tutte le presse a vite, in tutte le binde di sollevamento, nei rubinetti a valvola dell'acqua potabile, in genere in tutte le valvole di passaggio, nelle comuni saracinesche, ecc. In alcuni di tali meccanismi si fa muovere la madrevite sulla vite, mentre in altri si fa muovere la vite nella madrevite per sollevare un peso o vincere una forza. In tali meccanismi si ha dunque come se alla madrevite stessa od alla vite fosse direttamente applicata: tale forza viene ad essere trasmessa ed a spostarsi sul filetto della vite sul quale appunto appoggia la madrevite.

Se noi riduciamo la cosa alla sua forma elementare e consideriamo per semplicità una vite ad asse verticale (fig. 33), si vede chiaramente che si tratta di far salire un corpo di peso P sul filetto

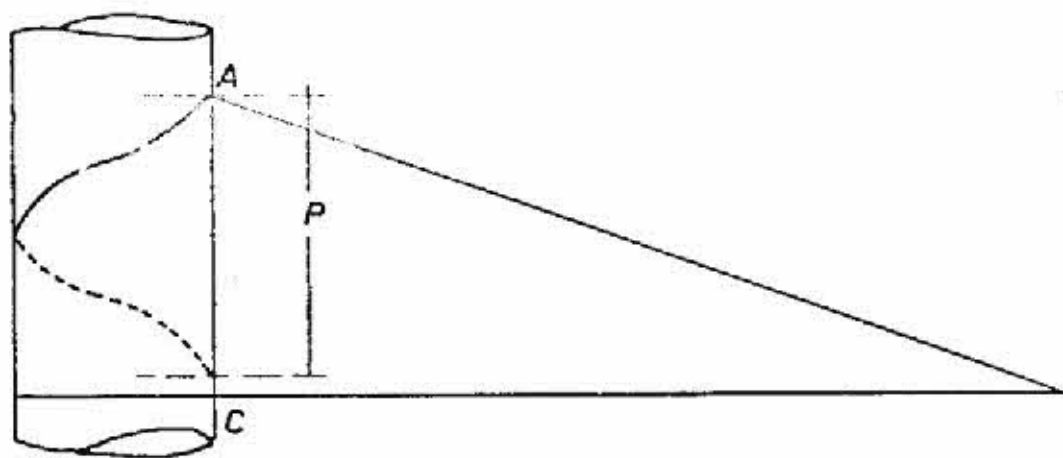


FIG. 33

della vite come su di una piccola via avvolgente il cilindro. E se immaginiamo di svolgere tale via su di un piano otterremmo un piano inclinato.

Quindi le condizioni di equilibrio già trovate per il piano inclinato valgono anche per la vite.

Si chiama *passo* p di una vite la distanza fra spira e spira. Il corpo considerato dovrà dunque fare tutto un giro di elica per alzarsi di un passo.

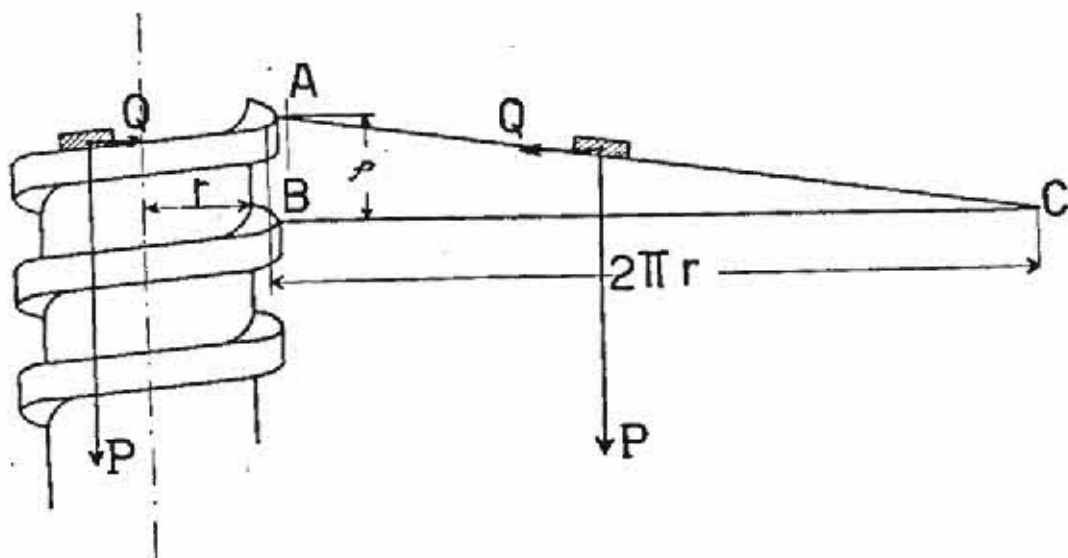


FIG. 34

Supponiamo che il corpo percorra il filetto della vite sulla sua linea mediana (fig. 34) del filetto. Il triangolo ABC nel quale $AB = \text{passo}$ e $BC = 2\pi r$, rappresenterà il piano inclinato che diremo equivalente alla vite considerata e sul quale possiamo immaginare il corpo sopradDETTO di peso P . La forza Q , parallela alla base, necessaria per tenere in equilibrio il corpo sul piano inclinato stesso è data da:

$$Q : P = AB : BC$$

e quindi nel nostro caso:

$$Q : P = \text{passo} : \text{circonferenza} = p : 2\pi r.$$

Da questa relazione si vede che a parità di circonferenza e cioè di diametro del cilindro, la forza equilibrante Q aumenta col passo ed a parità di passo la forza equilibrante Q aumenta col diminuire del diametro del cilindro. In conclusione la *forza equilibrante aumenta con l'aumentare dell'inclinazione dell'elica.*

D I N A M I C A

DEFINIZIONE E SCOPI DELLA DINAMICA

La dinamica studia il movimento dei corpi in relazione con le forze che lo producono.

Due sono dunque i suoi scopi e cioè quello di stabilire quali cause (forze) abbiano prodotto un determinato movimento di un corpo e quello di stabilire quale movimento avrà un corpo assoggettato a determinate forze.

LEGGI FONDAMENTALI DELLA DINAMICA

Tutta la dinamica si basa, come indicò Newton, sulle tre seguenti leggi fondamentali, la prima delle quali è dovuta in sostanza a Leonardo da Vinci, la seconda a Galileo Galilei e la terza a Newton stesso:

1) *Ciascun corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo e uniforme, fino a che non intervenga una causa esterna a mutarne lo stato.*

2) *La variazione del moto è proporzionale alla forza agente ed avviene nella direzione della retta lungo la quale essa forza agisce.*

3) *Ogni azione è sempre accompagnata da una reazione uguale e contraria.*

Queste leggi sono fondate sull'esperienza.

Passiamo ora a commentarle, affinché ne sia intesa tutta la loro portata e ne faremo l'applicazione ad alcuni argomenti della massima importanza.

Per quanto riguarda la *prima legge* è evidente che un corpo lasciato a sè rimanga in quiete; mentre non è così evidente che conservi il proprio moto, perchè vediamo che praticamente avviene il contrario.

Infatti noi constatiamo, ad esempio, che un corpo lanciato verso l'alto rallenta gradatamente il suo moto fino a fermarsi ed immediatamente dopo la vediamo ricadere accelerando il suo movimento; che una biglia messa in movimento su di un biliardo rallenta il suo moto fino a fermarsi, ecc.

Ciò avviene, perchè tanto sul corpo lanciato in alto, quanto sulla biglia agiscono, oltre la forza che ha provocato il processo,

altre forze resistenti che si oppongono al movimento (forza di gravità, resistenza dell'aria, attrito).

Però è facile convincersi che se noi riuscissimo ad applicare ad un corpo in movimento una forza esattamente uguale e contraria alla risultante di tutte le forze resistenti che si oppongono al movimento del corpo, in tali condizioni il moto del corpo risulterebbe perfettamente uniforme e sempre nella medesima direzione in conformità della prima legge enunciata.

Per comprendere esattamente la *seconda legge* bisognerà innanzitutto stabilire che cosa s'intende per *variazione del moto* e cominceremo con l'osservare che, se trattiamo sempre di un una data direzione, non si può intendere altro che *la variazione della sua velocità contata in quella direzione*.

E se si vogliono paragonare le variazioni di moto con le forze che le producono, bisognerà supporre che le forze abbiano agito per tempi uguali mantenendo costante la propria intensità durante questi tempi.

Ciò posto, è chiaro che una *forza costante* deve comunicare al corpo, sul quale agisce, variazioni di velocità uguali in tempi uguali e cioè se in un minuto secondo produce la variazione di velocità a , in t minuti secondi produrrà la variazione di velocità

$$v = at$$

ossia, *produrrà un moto uniformemente vario*.

Un corpo che cadesse nel vuoto obbedendo al proprio peso, si troverebbe all'incirca soggetto ad una sola forza costante.

Si è detto all'incirca perchè a tutto rigore il peso di un corpo va diminuendo con l'aumentare della sua altezza sul livello del mare; tale variazione però non produce effetto sensibile finchè si tratta di piccole differenze di livello giacchè un grammo trovato giusto alla superficie del mare con un dinamometro a molla non peserebbe che mezzo milligrammo di meno all'altezza di 2000 metri.

Si può dunque ritenere che ciascun corpo abbia un peso indipendente dall'altezza a cui si trova rispetto al livello del mare, e che quindi, cadendo da pochi metri, nel vuoto (cioè senza incontrare la resistenza dell'aria) il suo moto sarà uniformemente accelerato.

In questo caso l'accelerazione si suole indicare con la lettera g e prende il nome di *accelerazione di gravità*.

Per essa l'esperienza ha dato il valore di 981 cm alla latitudine nostra ed al livello del mare; ciò significa che, se dopo un minuto secondo di libera caduta, un corpo cessasse di venire attratto dalla terra, continuerebbe a muoversi (per la prima legge dinamica) con la velocità costante di 981 cm al minuto secondo.

Invece alla fine di due minuti secondi il corpo cadente nel vuoto sotto l'azione della attrazione terrestre avrà la velocità di $2 \times 981 = 1962$ cm al minuto secondo ed in generale alla fine di t secondi avrà la velocità

$$(1) \quad v = gt$$

e lo spazio percorso in quel tempo sarà dato, ricordando quanto si è già studiato nella cinematica, dalla formula:

$$(2) \quad s = \frac{1}{2} gt^2$$

la quale ci dice che nella libera caduta gli spazi percorsi sono proporzionali ai quadrati dei tempi impiegati a percorrerli.

Così ad esempio se il corpo parte dalla quiete lo spazio da esso percorso dopo il primo minuto secondo sarà:

$$s_1 = \frac{1}{2} \times 981 \times 1^2 = 490,5 \text{ cm};$$

dopo due minuti secondi sarà:

$$s_2 = \frac{1}{2} \times 981 \times 2^2 = (490,5 \times 4) \text{ cm} = 1962 \text{ cm}$$

dopo tre minuti secondi sarà:

$$s_3 = \frac{1}{2} \times 981 \times 3^2 = (490,5 \times 9) \text{ cm} = 4414,5 \text{ cm}$$

Quanto ora si è detto ci fa considerare come la verifica diretta che i corpi cadono con moto uniformemente accelerato e la determinazione dell'accelerazione di gravità g offrono notevoli difficoltà in quanto occorrerebbero delle grandi altezze e l'esperienza non riuscirebbe comoda, anche per il fatto che la caduta, non effettuandosi nel vuoto, viene perturbata dalla resistenza dell'aria.

Tuttavia Galileo Galilei, lasciando cadere i corpi dall'alto della torre pendente di Pisa, intravvide l'esattezza della legge enunciata. La verifica riesce più comoda con il piano inclinato.

Se un corpo di peso P cade lungo un piano inclinato BC (fig. 35) esso è sollecitato dal peso P diretto verticalmente verso il basso.

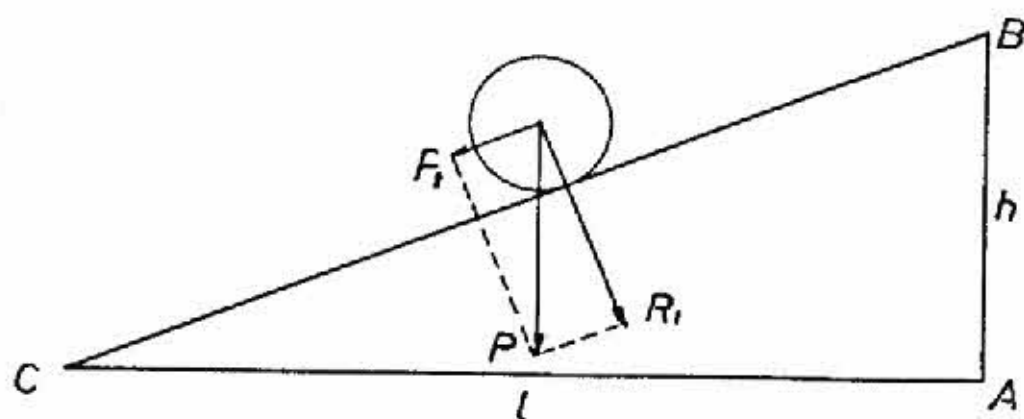


FIG. 35

Tale forza potrà scomporsi in due componenti: una F_1 nella direzione BC l'altra R_1 in direzione normale al piano inclinato stesso.

Di queste due componenti la sola efficace al moto del corpo lungo il piano inclinato è la forza F_1 .

È facile convincersi che tale forza F_1 è costante durante la caduta del corpo lungo il piano inclinato, in quanto sappiamo $F_1 = P i_1$, in cui i_1 è l'inclinazione del piano, ed è facile convincersi inoltre che sotto tale azione costante F_1 il corpo acquista una accelerazione

$$a_1 = g \frac{h}{l} = g i_1$$

Poichè il valore di i_1 è minore di uno, in quanto h è minore di l , si avrà sempre che a_1 è minore dell'accelerazione di caduta libera g (accelerazione di gravità) e precisamente sarà tanto minore quanto meno inclinato è il piano sull'orizzonte.

Il piano inclinato può quindi servire alla verifica della legge di caduta dei corpi ed alla determinazione della accelerazione di gravità g : bisogna però aver cura di diminuire gli attriti quanto più è possibile.

Se noi variamo la pendenza del piano inclinato avremo che per lo stesso corpo di peso P la componente efficace al suo moto lungo il piano inclinato varierà col variare del valore di i_1 .

È dunque facile, cambiando le inclinazioni del piano inclinato sottoporre uno stesso corpo all'azione di forze differenti F_1, F_2, F_3, F_4 , ecc.

Si può allora constatare che il corpo ogni volta assume un moto uniformemente accelerato le cui accelerazioni sono rispettivamente:

$$a_1 = g_{11}; \quad a_2 = g_{12}; \quad a_3 = g_{13}; \quad a_4 = g_{14}; \quad \text{ecc.}$$

Siccome le forze F_1, F_2, F_3, F_4 saranno rispettivamente date da:

$$F_1 = P_{11}; \quad F_2 = P_{12}; \quad F_3 = P_{13}; \quad F_4 = P_{14}; \quad \text{ecc.}$$

se ne deduce che:

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{P}{g}; \quad \frac{F_2}{a_2} = \frac{P}{g}; \quad \frac{F_3}{a_3} = \frac{P}{g}; \quad \frac{F_4}{a_4} = \frac{P}{g};$$

e cioè che:

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} = \frac{F_4}{a_4} = \dots = \frac{P}{g} = \text{costante.}$$

Tale relazione ci dice che se su di uno stesso corpo facciamo agire successivamente delle forze costanti F_1, F_2, F_3, F_4 , ecc. esse imprimeranno al corpo delle accelerazioni a_1, a_2, a_3, a_4 , ecc. tali che i rapporti

$$\frac{F_1}{a_1}, \quad \frac{F_2}{a_2}, \quad \frac{F_3}{a_3}, \quad \frac{F_4}{a_4}, \quad \text{ecc.}$$

hanno sempre lo stesso valore, e questo valore è dato dal quoziente tra il peso P del corpo e l'accelerazione di gravità g . Tale quoziente si chiama *massa* del corpo e lo indicheremo con la lettera m . Per un determinato corpo la massa è rigorosamente costante, mentre tanto il peso del corpo quanto l'accelerazione di gravità sono un poco variabili con l'altezza sul livello del mare e con la latitudine.

Riepilogando possiamo dunque dire che, se una forza F agente su un determinato corpo di peso P imprime un'accelerazione a , sarà

$$\frac{F}{a} = \frac{P}{g} = m$$

la quale ci dice che la *massa* del corpo considerato oltre ad essere uguale al quoziente tra il peso del corpo e l'accelerazione di gravità, è anche uguale al quoziente tra la forza agente sul corpo e la corrispondente accelerazione a .

Ci dice anche che l'accelerazione è uguale alla forza agente sul corpo divisa per la massa del corpo stesso e cioè che:

$$a = \frac{F}{m}$$

Supponiamo ora che le stesse forze F_1, F_2, F_3 , ecc. sopra considerate agiscano su di un secondo corpo di peso P_1 : esse produrranno rispettivamente le accelerazioni e_1, e_2, e_3 , ecc. diverse dalle a_1, a_2, a_3 , ecc. che erano state prodotte sul primo corpo considerato.

Si potrà dunque, anche per questo secondo corpo, scrivere:

$$\frac{F_1}{e_1} = \frac{F_2}{e_2} = \frac{F_3}{e_3} = \dots = \frac{P_1}{g} = m_1 = \text{massa di questo secondo corpo.}$$

Se consideriamo la sola forza F_1 agente sui due corpi, potremo scrivere:

per il primo corpo:

$$m a_1 = F_1$$

per il secondo corpo:

$$m_1 e_1 = F_1$$

e quindi:

$$m a_1 = m_1 e_1$$

ossia:

$$m : m_1 = e_1 : a_1$$

la quale relazione ci dice che *le accelerazioni prodotte da una stessa forza su due diversi corpi sono inversamente proporzionali alle masse dei corpi* e cioè quanto maggiore è la massa del corpo tanto minore è l'accelerazione prodotta.

Prendiamo ora a considerare due corpi: uno di massa m e l'altro di massa m_1 ed immaginiamo, ciò che è evidentemente sempre possibile, di trovare due forze F ed F_1 le quali, agendo rispettivamente sui due corpi considerati, riescano ad imprimere loro la stessa accelerazione a .

Per quanto si è precedentemente detto potremo scrivere:

$$m = \frac{F}{a} \quad \text{ed} \quad m_1 = \frac{F_1}{a}$$

ossia:

$$m a = F \quad \text{ed} \quad m_1 a = F_1$$

ossia ancora:

$$a = \frac{F}{m} \quad \text{ed} \quad a = \frac{F_1}{m_1}$$

e quindi:

$$\frac{F}{m} = \frac{F_1}{m_1}$$

la quale ci dice che per *imprimere a due corpi la stessa accelerazione occorrono forze proporzionali alle loro masse* ossia che quanto più grande è la massa di un corpo tanto più grande deve essere la forza necessaria per produrre una data accelerazione.

Da quanto si è precedentemente detto ricaveremo ora un'altra relazione molto importante.

Quando si è considerata la forza F agente per un tempo t su di un corpo si è visto che essa imprime al corpo una velocità:

$$v = at$$

nella quale a è l'accelerazione (cioè la velocità nel primo minuto secondo) e si è visto inoltre che:

$$F = m a$$

nella quale m è la massa del corpo.

Da queste due relazioni derivano le altre due:

$$a = \frac{v}{t} \qquad a = \frac{F}{m}$$

le quali esprimono la stessa quantità ma sotto due forme diverse. Eguagliandole si ha:

$$\frac{v}{t} = \frac{F}{m}$$

e quindi:

$$m v = F t$$

Nel primo termine di questa relazione si ha il *prodotto della massa del corpo considerato per la sua velocità* acquistata in un tempo t : tale prodotto viene chiamato in dinamica *quantità di moto*.

Nel secondo termine abbiamo il *prodotto della forza agente sul corpo per il tempo impiegato dal corpo stesso a raggiungere la velocità v* : tale prodotto viene chiamato *impulso di forza*.

La relazione ricavata ci dice dunque che *la quantità di moto è uguale all'impulso della forza*.

Supponiamo ora che una seconda forza F_1 agisca per uno stesso tempo t su un secondo corpo di massa m_1 imprimendogli una velocità v_1 ; potremmo scrivere che:

$$m_1 v_1 = F_1 t$$

Da questa relazione e dalla precedente avremo allora rispettivamente che:

$$t = \frac{m_1 v_1}{F_1} \quad \text{e} \quad t = \frac{mv}{F}$$

e quindi:

$$\frac{m_1 v_1}{F_1} = \frac{mv}{F}$$

relazione questa che ci dice che *le quantità di moto sono proporzionali alle forze agenti*.

Consideriamo ora un corpo di massa m che procede di moto uniforme con velocità v_0 e supponiamo che su tale corpo in movimento venga ad agire una forza F agente nella stessa direzione del moto: questo diverrà uniformemente accelerato e la velocità del corpo dopo il tempo t assumerà il nuovo valore:

$$v = v_0 + a t$$

e quindi, ricordando che:

$$a = \frac{F}{m},$$

la precedente vale:

$$v = v_0 + \frac{F}{m} t$$

Moltiplicando ambo i membri di questa relazione per m si ha:

$$mv = mv_0 + Ft$$

dalla quale si ha:

$$mv - mv_0 = Ft$$

Ma Ft si è chiamato impulso della forza, mv ed mv_0 rappresentano rispettivamente la quantità di moto finale ed iniziale del corpo, per cui $mv - mv_0$ sarà la variazione della quantità di moto durante il tempo t in cui agisce la forza.

Possiamo allora dire che *la variazione di quantità di moto è uguale all'impulso della forza*.

Se il corpo, anzichè in movimento, fosse inizialmente fermo noi dobbiamo, nella precedente relazione porre $v_0 = 0$ e quindi essa diventa:

$$m v = F t$$

come si è già precedentemente trovato.

Quando un corpo di peso P cade da pochi metri nel vuoto il suo moto è uniformemente accelerato e la sua accelerazione g prende il nome di accelerazione di gravità.

Nell'aria il moto di caduta dei corpi è perturbato dalla resistenza dell'aria che essi incontrano e quindi, partendo da una stessa altezza sul livello del mare, essi giungono al suolo in istanti diversi. Così un pezzo di piombo giunge prima di un pezzo di sughero e di una piuma.

Facendoli però cadere nel vuoto, essi giungono contemporaneamente.

Ciò può essere verificato disponendo di corpi di diversa natura, come pezzettini di sughero, pezzettini di piombo, piume, ecc. in un lungo tubo di vetro, detto tubo di Newton, dal quale si può estrarre l'aria per mezzo di una pompa pneumatica.

Se noi capovolgiamo il tubo quando in esso è contenuta l'aria, vedremo che i corpi giungono all'altro estremo del tubo in istanti diversi, mentre, ripetendo l'esperienza dopo avere estatto l'aria dal tubo, i corpi arrivano contemporaneamente all'altro estremo.

A tutti dovrà quindi corrispondere la stessa accelerazione ossia l'*accelerazione di gravità g* .

Se ora in una stessa località si fanno cadere liberamente due corpi di peso P_1 e P_2 e di massa m_1 ed m_2 sarà rispettivamente:

$$\frac{P_1}{g} = m_1$$

$$\frac{P_2}{g} = m_2$$

Dividendo membro a membro queste due relazioni si avrà:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

relazione questa la quale ci dice che *in una stessa località il rapporto delle masse di due corpi eguaglia il rapporto dei loro pesi*.

Al confronto delle masse, in uno stesso punto della Terra, può quindi servire l'apparecchio che serve al confronto dei pesi, ossia la bilancia.

Terza legge fondamentale della dinamica. Se proviamo a spingere un corpo mediante un'asta osserveremo che noi siamo obbligati a piegarci nel senso opposto a quello secondo cui il corpo tende a spostarsi; così quando da una bocca da fuoco parte un proiettile, la bocca da fuoco si sposta nel senso contrario a quello

secondo cui viene lanciato il proiettile: quando un corpo grava su di un'altro corpo col suo peso, questo deve contrapporre una reazione uguale al peso del primo corpo, tanto è vero che, se il secondo non è di materia atta a sostenere il primo, si schiaccia o si fende o si rompe.

Un uomo stando entro una barca non riuscirà, per quanti sforzi faccia, a spostarsi con essa di un solo millimetro a meno che non si appoggi sopra qualche corpo esterno o sul terreno o contro l'acqua o l'aria approfittando della loro reazione.

Esiste quindi una mutua dipendenza nel movimento dei corpi per modo che, il movimento dell'uno è subordinato a quello dell'altro.

Più precisamente si constata che il rapporto delle accelerazioni dei due corpi in presenza è inverso al rapporto delle loro masse.

Tali accelerazioni sono inoltre nella stessa direzione ma con verso opposto.

Indicandole allora con a_1 ed a_2 ed indicando con m_1 ed m_2 le masse dei due corpi si avrà:

$$\frac{a_1}{a_2} = - \frac{m_2}{m_1}$$

ossia:

$$m_1 a_1 = - m_2 a_2$$

Ma se il primo corpo possiede una accelerazione a_1 , è da ritenere che su di esso, agisca una forza motrice diretta secondo tale accelerazione e dinamicamente misurata dal prodotto $m_1 a_1$. Tale forza viene naturalmente impressa al primo dalla presenza del secondo e la diremo *azione* del secondo corpo sul primo.

Analogamente, poichè il secondo corpo possiede l'accelerazione a_2 nella stessa direzione e con verso opposto, è da ritenere che su di esso agisca una forza motrice diretta secondo tale accelerazione e misurata dinamicamente dal prodotto $m_2 a_2$.

Tale forza, di senso opposto alla precedente, è da reputarsi dovuta alla presenza del primo corpo, e si dirà *reazione* di questo sul secondo corpo.

Alla precedente azione corrisponde quindi su conformità della uguaglianza

$$m_1 a_1 = - m_2 a_2$$

una reazione uguale e contraria, ossia sussiste la terza legge fondamentale della dinamica.

FORZA CENTRIFUGA E REAZIONE CENTRIFUGA

Supponiamo di fissare all'estremità di una funicella un corpo pesante, ad esempio un ciottolo.

Teniamo stretta l'altra estremità della funicella e facciamo roteare il ciottolo.

Nel suo moto il ciottolo cambia continuamente di direzione descrivendo una traiettoria circolare che ha centro nella nostra mano. Si comprende facilmente che esso è soggetto, oltre che ad una forza che lo spinge innanzi nella direzione, sempre variabile, della sua velocità, ad un'altra forza che ci è palesata dalla funicella che rimane costantemente tesa.

Generalizzando tale esempio, immaginiamo un corpo che percorra con moto uniforme una traiettoria circolare: sappiamo che il moto uniforme non può essere generato che da una forza che ha cessato di agire; però sappiamo anche, per la prima legge fondamentale della dinamica (detta anche d'inerzia), che se sul corpo non agissero forze esso dovrebbe descrivere una traiettoria rettilinea.

Sul corpo deve dunque agire una forza che non dia componenti lungo la tangente del cerchio, perchè se ciò fosse il corpo sarebbe soggetto ad una forza continua che ne accelererebbe il movimento.

Tale forza sarà rivolta verso il centro ed è detta *forza centripeta*. La terza legge fondamentale della dinamica, detta anche legge di azione e reazione, ci dice però che se il corpo è soggetto ad una forza diretta verso il centro del cerchio, deve nascere necessariamente un'altra forza uguale e contraria, diretta quindi lungo il raggio dello stesso cerchio, ma agente dal centro verso la periferia: tale forza è detta *reazione centrifuga* o *forza centrifuga*.

Se indichiamo con F_c il valore della forza centripeta a cui è sottoposto il corpo di massa m che percorre una circonferenza di raggio r con la velocità costante v ed indichiamo con T il periodo ossia il tempo impiegato dal corpo a percorrere un giro, si dimostra con un dinamometro che sussiste la relazione:

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{4\pi^2 m r}{T^2}$$

in cui $v = \frac{2\pi r}{T}$ e π è il noto rapporto tra circonferenza e raggio.

Da tale relazione risultano le seguenti leggi che governano la forza centripeta:

1) se sono costanti la massa m ed il periodo T , la forza centripeta è proporzionale al raggio del cerchio descritto dal mobile;

2) se sono costanti il raggio e la velocità, la forza centripeta è proporzionale alla massa del corpo rotante.

La forza centrifuga è uguale in intensità alla forza centripeta, ne differisce soltanto nel senso: pertanto il valore della forza centrifuga è uguale a quello della forza centripeta e quindi le leggi suaccennate valgono anche per la forza centrifuga.

È opportuno porre in rilievo che la forza centrifuga può assumere valori grandissimi se il periodo T è molto piccolo, come avviene per esempio nei motori delle macchine elettriche ruotanti ad alta velocità, cosicchè al di là di un certo numero di giri per minuto secondo la stabilità della macchina può essere seriamente compromessa.

PENDOLO SEMPLICE

Un corpo qualunque girevole intorno ad un asse che non passi per il baricentro costituisce un *pendolo*.

Il pendolo si dice *semplice* quando è ridotto ad una massa M (fig. 36) di piccole dimensioni, attaccata ad un filo estremamente sottile.

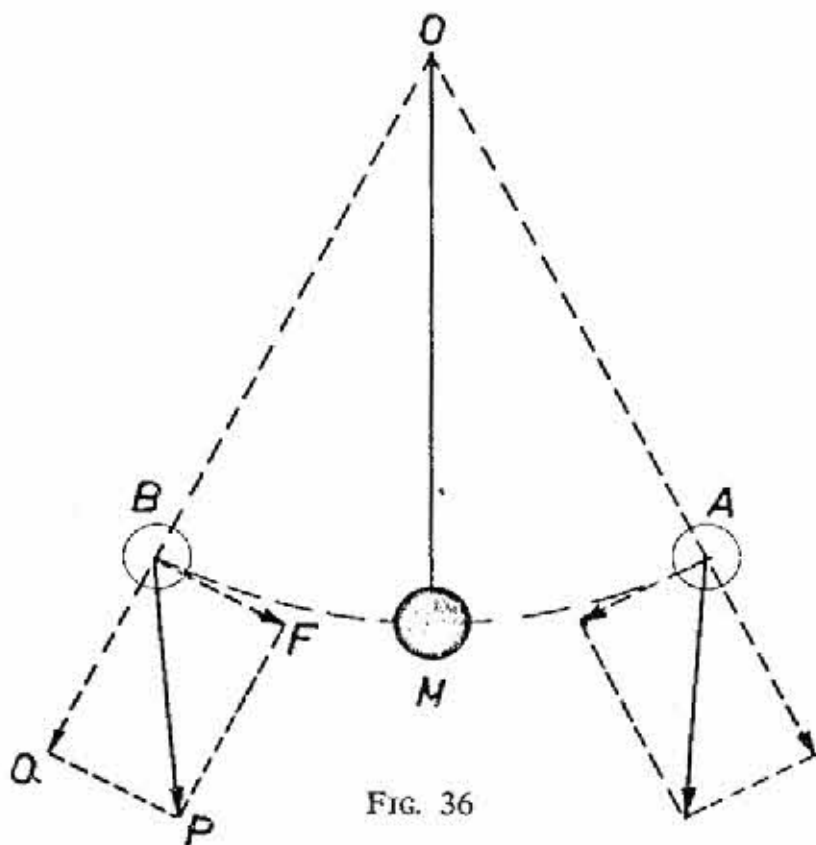


FIG. 36

Quando il filo è verticale, il pendolo semplice è in posizione di equilibrio.

Spostando la massa M da tale posizione ed abbandonandola nella posizione B , il peso P su di essa agente, si potrà decomporre nelle due componenti F e Q dirette rispettivamente tangenzialmente alla circonferenza di raggio OM e normalmente ad essa.

La sola componente efficace sarà evidentemente la F che tenderà a far scendere la piccola massa lungo la circonferenza, mentre la componente Q non avrà efficacia, data la inestensibilità del filo.

La forza F , mano a mano che la massa si sposta lungo la circonferenza di raggio OM , non si mantiene costante, ma va invece decrescendo, mentre la massa stessa scende lungo BM , per annullarsi nella posizione M .

Il moto di discesa sarà quindi *accelerato*, ma non uniformemente e la velocità andrà crescendo in tale tratto BM per raggiungere il massimo valore in M .

In questa posizione la massa, per la velocità acquistata nella discesa, non si fermerà, e procederà oltre.

Ma nel tratto MA la nuova componente efficace del peso, agente ora in senso opposto al movimento della massa, interverrà a rallentarlo, e quindi il moto sarà *ritardato*, ma non uniformemente.

In una posizione A , simmetrica a B , la massa avrà interamente perduta la velocità acquistata nella discesa ed allora tornerà a discendere lungo AM con moto accelerato e sormonterà ancora la posizione M per la velocità acquistata nella discesa.

Tale movimento, se non ci fossero le resistenze di attrito e la resistenza dell'aria, durerebbe infinitamente.

In pratica invece, a causa appunto di tali inevitabili resistenze, tale movimento cessa dopo qualche tempo e la massa si ferma nella posizione di equilibrio M .

Si chiama *oscillazione semplice* il movimento da B ad A ed *oscillazione completa* il movimento di andata e ritorno.

Si chiama *periodo di oscillazione* il tempo necessario per compiere una oscillazione completa.

Si chiama *ampiezza di oscillazione* l'angolo AOB .

Si dimostra che nel caso di oscillazione di piccola ampiezza (angolo AOB non superiore a 10°) il periodo T è espresso dalla formula:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

essendo l la lunghezza del pendolo e g l'accelerazione di gravità nella località in cui si trova il pendolo.

Poichè nella formula che dà il periodo T di oscillazione non appare l'ampiezza delle oscillazioni, nè la massa del corpo oscillante, possiamo dire che il *periodo di oscillazione dipende esclusi-*

vamente dalla lunghezza del filo e dalla gravità e pertanto per pendoli di eguale lunghezza e nello stesso luogo, le oscillazioni sono *isocrone*, cioè si compiono tutte nello stesso tempo qualunque sia l'ampiezza e qualunque sia la massa del sistema oscillante.

Risulta quindi uguale il periodo di oscillazione per due pendoli A e B (fig. 66) di uguale lunghezza ma con diverse masse oscillanti.

La formula soprascritta ci dice anche che il periodo di oscillazione di un pendolo è direttamente proporzionale alla radice quadrata della lunghezza del filo.

La verifica di questa legge si può fare costruendo tre pendoli (fig. 37) aventi lunghezze nel rapporto 1 : 4 : 9, ad esempio tre pendoli aventi rispettivamente le lunghezze di cm. 20, cm. 80 e cm 180;

Osserveremo che i rispettivi periodi di oscillazione (misurati con un contasecondi) stanno nel rapporto 1 : 2 : 3.

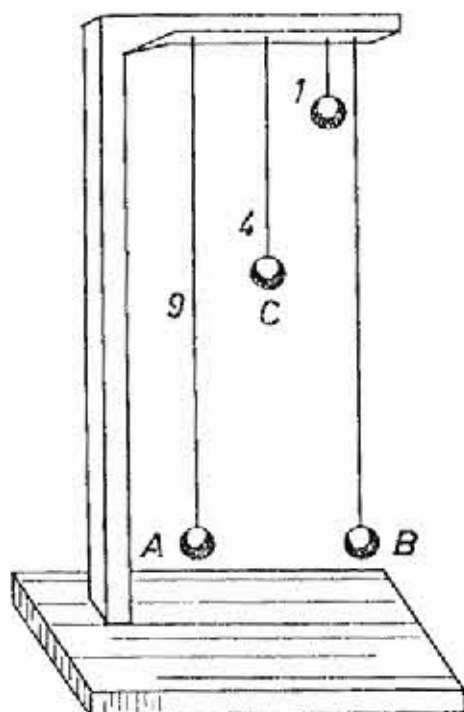


FIG. 37

RESISTENZE PASSIVE

Si è più volte accennato all'esistenza di resistenze passive che ostacolano il movimento dei corpi.

Tali resistenze passive sono: l'attrito e la resistenza del mezzo (aria od acqua).

L'ATTRITO

La resistenza di attrito nasce quando un corpo si muove scorrendo o rotolando sulla superficie di un altro.

Quando un corpo si muove scorrendo sulla superficie di un altro l'attrito che ne nasce prende il nome di *attrito radente*, mentre invece quando un corpo si muove rotolando sopra un altro, l'attrito che ne nasce prende il nome di *attrito volvente*.

L'attrito radente è direttamente proporzionale alla forza con cui un corpo preme sull'altro ed è indipendente dalla estensione della superficie di contatto e dalla velocità.

L'attrito radente è grandemente diminuito quando le superfici in contatto sono spalmate di sostanze grasse, come olio, sego, ecc. dette genericamente *lubrificanti*.

Quindi se un corpo di peso P scorre su di un piano orizzontale, la resistenza di attrito radente equivale ad una forza R_r avente senso opposto a quello del moto la cui intensità sarà espressa dalla relazione:

$$R_r = K_r P$$

nella quale K_r è una costante, chiamata *coefficiente di attrito*, che dipende dalla natura delle superfici in contatto e dal loro grado di levigatezza.

Così ad esempio:

per metallo sopra metallo con superfici lisce secche il valore medio di K_r è 0,20;

per metallo sopra metallo con superfici lisce lubrificate il valore medio di K_r è 0,07;

per legno sopra legno con superfici lisce secche il valore medio di K_r è 0,36;

per legno sopra legno con superfici lisce unte il valore medio di K_r è 0,11;

per metallo sopra legno con superfici lisce secche il valore medio di K_r è 0,40;

per metallo sopra legno con superfici lisce unte il valore medio di K_r è 0,10;

per cuoio sopra legno o sopra metallo con superfici lisce secche il valore medio di K_r è 0,40

per cuoio sopra legno o sopra metallo con superfici lisce unte il valore medio di K_r è 0,25;

per corda sopra legno o sopra metallo con superfici lisce secche il valore medio di K_r è 0,40

per corda sopra legno o sopra metallo con superfici lisce bagnate il valore medio di K_r è 0,35;

per legno liscio su neve (sci) il valore medio di K_r è 0,005, ecc., ecc.

Questi coefficienti permettono di calcolare la resistenza di attrito radente *durante il moto*, non quella che bisogna vincere per iniziare il movimento stesso.

Il coefficiente di attrito radente al principio del moto, o di primo distacco, cioè alla partenza, si può ritenere compreso fra 1,5 e 3 volte il coefficiente di attrito.

La resistenza di attrito volvente per il caso di un cilindro che rotoli è proporzionale al peso del corpo che rotola su di un piano orizzontale ed inversamente proporzionale al raggio del cilindro ossia è tanto minore quanto più grande è questo raggio.

L'attrito volvente è molto minore di quello radente: conviene pertanto sostituire, quando è possibile, il moto di rotolamento a quello di scorrimento mediante ruote, rulli, cuscinetti a sfere, ecc.

I freni, rallentando il moto delle ruote, costringono queste ad aderire al suolo, tendendo a trasformare l'attrito volvente in radente e quindi aumentando molto la resistenza al moto e diminuendo di conseguenza la velocità del veicolo.

L'attrito si utilizza nelle locomotive, nelle automobili, nelle biciclette, ecc., in cui la propulsione è applicata alle ruote. Senza l'attrito, le ruote striscerebbero sulla rotaia o sul terreno ed il veicolo non procederebbe; senza l'attrito il nostro piede non potrebbe far forza contro il suolo e noi non potremmo camminare.

RESISTENZA DEL MEZZO

La resistenza del mezzo, ossia dell'aria o dell'acqua, entro cui avviene il moto, deriva in gran parte dalla circostanza che il corpo in movimento deve spostare davanti a sé questi fluidi ed è quindi dovuta all'inerzia delle particelle che costituiscono il mezzo.

Tale resistenza dipende dalla forma della superficie del corpo in movimento, è proporzionale alla sua superficie ed alla densità del mezzo.

Inoltre finchè il corpo si muove con velocità molto piccole la resistenza del mezzo può ritenersi proporzionale ad essa, mentre per valori moderati dalla velocità e per valori piuttosto elevati di questa la resistenza aumenta col quadrato della velocità.

La resistenza dell'aria produce effetti notevoli nella caduta dei corpi pesanti e nel moto dei proiettili.

Sappiamo che quando un corpo cade il suo moto è uniformemente accelerato e quindi la sua velocità va aumentando: col crescere di tale velocità, ricordando quanto più sopra detto, va aumentando la resistenza che esso incontra nell'aria, per modo che ad un certo momento la forza di gravità può essere del tutto neutralizzata dalla resistenza dell'aria.

Da questo momento in poi il corpo cadrà con moto uniforme, cioè con velocità costante.

Senza di ciò anche le gocce di pioggia giungerebbero al suolo con velocità così grande da riuscire pericolose.

Il moto dei proiettili lanciati dalle armi da fuoco è quasi parabolico perchè risultante da quello rettilineo ed uniforme che il proiettile possiede per inerzia e da quello uniformemente accelerato dovuto alla gravità.

Tale moto parabolico è però fortemente perturbato dalla resistenza dell'aria, e di tali perturbamenti si occupa la balistica.

Una applicazione importante della resistenza dell'aria si ha nel *paracadute* che si apre come un ombrellone e sostiene una persona permettendole di scendere senza subire danni.

In tal caso infatti, data la grande resistenza che tale specie di ombrellone incontra nell'aria, la forza di gravità viene molto contrastata e quindi la velocità costante con cui il paracadutista finirà per cadere e con la quale raggiungerà il suolo sarà piuttosto piccola.

LAVORO ED INERZIA

LAVORO E SUA MISURA

Consideriamo un punto materiale al quale è applicata una forza: diremo che questa forza compie un *lavoro* quando il punto al quale è applicata subisce uno spostamento.

Se lo spostamento AB (fig. 38a) del punto materiale ha la stessa direzione della forza agente F (supposta costante) il *lavoro* è *misurato*, dal prodotto della forza F per lo spostamento AB :

$$L = F \times \overline{AB}$$

ed avrà segno positivo o negativo, secondo che lo spostamento è concorde o contrario al senso della forza.

Se invece lo spostamento AB ha una direzione diversa da quella della forza agente (fig. 38b) il lavoro s'intende misurato da:

$$L = F^1 \times \overline{AB}$$

Osservando che i triangoli AFF^1 ed ABB^1 sono simili si ha:

$$F : F^1 = AB : AB^1$$

ossia che:

$$F^1 \times \overline{AB} = F \times \overline{AB^1}$$

nella quale AB^1 è la proiezione dello spostamento AB sulla direzione della forza F ed F^1 è la proiezione della forza F sullo spostamento del punto A .



FIG. 38a

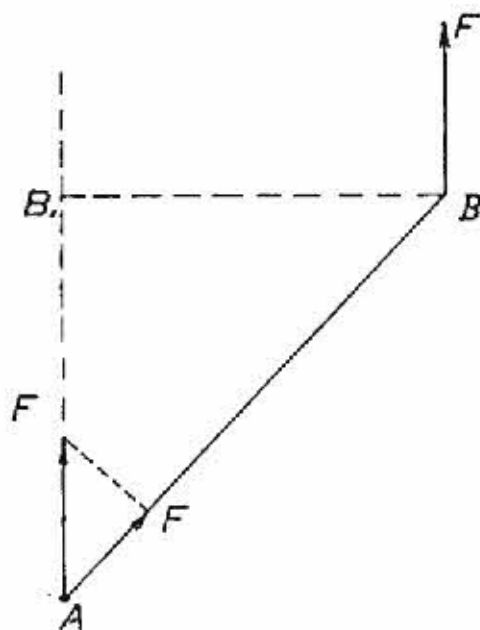


FIG. 38b

In ogni caso dunque se chiamiamo F la intensità della forza agente ed s lo *spostamento del suo punto di applicazione riportato sulla direzione della forza* il lavoro compiuto è dato dalla formula:

$$L = F \cdot s$$

Se F è dato in Kilogrammi ed s in metri, il lavoro L sarà espresso in kilogrammetri; quindi l'*unità di lavoro* sarà il kilogrammetro che misura il lavoro compiuto da una forza avente l'intensità di 1 Kg che produce uno spostamento, nella sua direzione, uguale ad 1 metro.

Consideriamo ora il caso di una forza la quale produca un certo spostamento del suo punto di applicazione, ma non si mantenga costante in intensità od in direzione.

Per calcolare il lavoro eseguito dalla forza, in questo caso, è facile comprendere che bisogna scomporre lo spostamento in tanti piccolissimi spostamenti, così piccoli che entro ciascuno di essi la forza si possa considerare costante, e calcolare i lavori elementari corrispondenti: il lavoro totale sarà allora dato dalla somma dei lavori elementari.

LAVORO MOTORE E LAVORO RESISTENTE

Il lavoro si dice *motore* o *positivo* quando lo spostamento del punto di applicazione della forza (o la proiezione dello spostamento nella direzione della forza) ha lo stesso senso della forza: si dice invece *resistente* o *negativo* quando lo spostamento ha senso opposto.

Consideriamo un corpo del peso di P Kg.

Tale corpo sia sollecitato da una forza verticale diretta dal basso verso l'alto avente una intensità di F Kilogrammi e sia F maggiore di P (fig. 39).

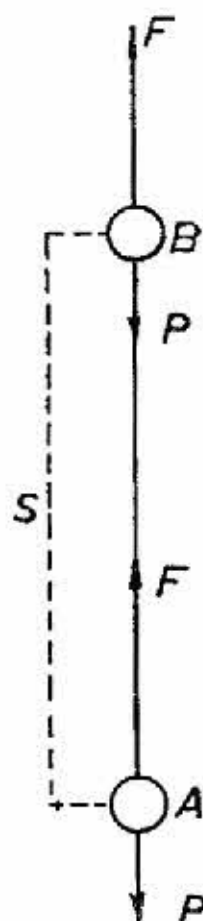


FIG. 39

Il lavoro L della forza F è allora motore ed è dato ponendo $\overline{AB} = s$, da:

$$L = Fs$$

invece il lavoro L_1 della forza P è *resistente* ed è dato da:

$$L_1 = Ps$$

Un corpo si dice in *equilibrio dinamico* quando si muove con moto uniforme, quando cioè la forza motrice agente F fa in ogni istante equilibrio alla risultante R di tutte le forze che si oppongono al movimento.

Se questo si verifica, il lavoro della forza motrice F (lavoro motore) uguaglia in valore assoluto quello della forza R (lavoro resistente) per qualunque spostamento del corpo.

Consideriamo, ad esempio, il piano inclinato AB (fig. 40) di pendenza i ; e su di esso si muova da A a B , con attrito trascurabile, un corpo il cui peso P rappresenta la forza che si oppone al movimento (resistenza).

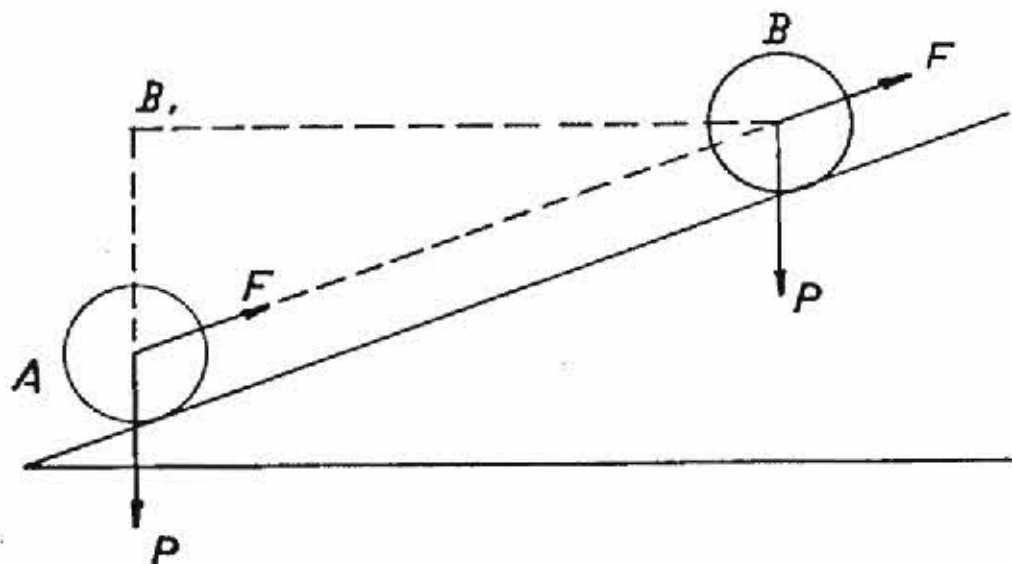


FIG. 40

Supponiamo inoltre che la forza motrice F sia di tale intensità da equilibrare la resistenza P ; sappiamo da quanto si è già detto trattando del piano inclinato, che è:

$$F = i P$$

e che il moto del corpo è uniforme.

Il lavoro motore L_m per lo spostamento $\overline{AB}$ sarà allora:

$$L_m = F \times \overline{AB}$$

ed il lavoro resistente L_r sarà:

$$L_r = P \times \overline{AB'}$$

Ma osserviamo che:

$$F = i P$$

ed

$$\overline{AB'} = i \overline{AB}$$

per cui sostituendo nelle due precedenti relazioni ad F e ad $\overline{AB'}$ questi loro valori si avrà:

$$L_m = i P \overline{AB}$$

$$L_r = P i \overline{AB}$$

e quindi si avrà:

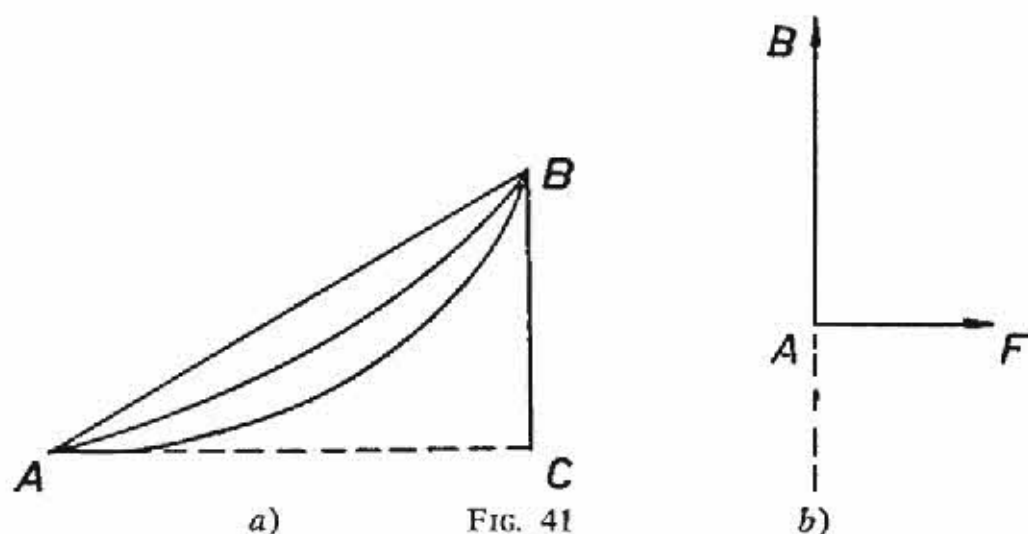
$$L_m = L_r$$

cioè nelle condizioni di equilibrio dinamico il lavoro L_m della forza motrice (lavoro motore) è uguale al lavoro L_r della resistenza P (lavoro resistente).

Osserviamo che se il movimento del corpo è ostacolato anche dall'attrito, otterremmo lo stesso risultato, considerando in luogo della sola forza P la risultante di questa e della resistenza di attrito.

Si è precedentemente trovato che il lavoro di una forza è misurato dal prodotto della intensità della forza per la proiezione dello spostamento del suo punto di applicazione sulla direzione della forza stessa. Ciò regge anche per le traiettorie curvilinee, come è facile capire pensando che una curva si può considerare costituita da tanti elementi rettilinei e che la somma delle proiezioni di questi elementi sopra una data direzione è per l'appunto uguale alla proiezione della curva sopra la direzione stessa.

È facile persuadersi che le proiezioni su una determinata direzione di due archi qualunque, i cui estremi coincidano, sono uguali fra loro (fig. 41a).



Ne viene allora di conseguenza che il lavoro eseguito da una forza non dipende dalla diversità del cammino percorso: esso è determinato unicamente dalla proiezione di questo sulla direzione della forza. Così, ad esempio, il lavoro che si compie per innalzare 1 Kg all'altezza di 1 metro è sempre lo stesso, tanto se gli si fa seguire il segmento verticale $CB = 1$ m (fig. 41a) quanto se si trascina per il piano inclinato senza attrito AB o gli si fa percorrere una curva qualsiasi avente per estremi i punti A e B.

Nel caso particolare che la direzione del moto AB sia perpendicolare alla forza F (fig. 41b), il lavoro di questa forza è *nullo* perchè nulla è la proiezione dello spostamento AB sulla direzione della forza F.

Così, ricordando quanto si è detto sulla forza centripeta nel moto circolare uniforme, è evidentemente nullo il lavoro della forza centripeta stessa.

Come pure è nullo il lavoro del peso di un corpo che si muove con moto uniforme sopra un piano orizzontale senza attrito.

Ma per mettere in moto sopra un piano orizzontale senz'attrito un corpo, che sia in quiete, si richiede un lavoro motore il quale dipenderà dalla massa m del corpo e dalla velocità v che gli si vuol imprimere.

Infatti: supponiamo che, per mettere in moto il nostro corpo, si impieghi una forza orizzontale d'intensità costante F e che sia a l'accelerazione da essa comunicata alla massa m .

Abbiamo già precedentemente visto, trattando della seconda legge fondamentale della dinamica, che sarà:

$$F = m a$$

e che lo spazio s percorso dalla massa m nel tempo t sarà:

$$s = \frac{1}{2} a t^2$$

per cui moltiplicando membro a membro queste due relazioni si avrà che:

$$Fs = \frac{1}{2} m a^2 t^2$$

e siccome sappiamo che:

$$v = at$$

si avrà, sostituendo v^2 ad $a^2 t^2$, che sussisterà la relazione:

$$Fs = \frac{1}{2} m v^2$$

fra la massa m , la velocità v ed il lavoro Fs eseguito per vincere l'inerzia del corpo.

Si chiama *forza viva* di una massa il semiprodotto di essa per il quadrato della sua velocità di traslazione, cioè la quantità

$$\frac{m v^2}{2}$$

Possiamo allora dire che *il lavoro eseguito da una forza agente sopra un corpo perfettamente libero, è uguale alla forza viva che gli comunica.*

Osserviamo che il nominativo di forza viva del corpo di massa m è alquanto improprio perchè la forza viva non è una forza, ma bensì un lavoro: il lavoro necessario affinchè il corpo di massa m acquisti la velocità v , cioè passi dalla quiete al moto con velocità v .

Un corpo in movimento con velocità v è d'altra parte capace di eseguire nel fermarsi un certo lavoro.

Infatti, consideriamo un carrello C (fig. 42) che cammini per inerzia con una velocità v su di un piano orizzontale senza attrito: ad un certo punto la fune f si tenderà ed a cominciare da tale punto verrà ad agire sul carrello una forza opposta al suo moto, d'intensità uguale al peso P del corpo legato all'altra estremità della fune: il moto del carrello diventerà dunque uniformemente ritardato e la velocità v andrà decrescendo fino ad annullarsi, mentre frattanto il peso P verrà sollevato ad una certa altezza: *il carrello avrà cioè compiuto un certo lavoro a spese della sua velocità.*

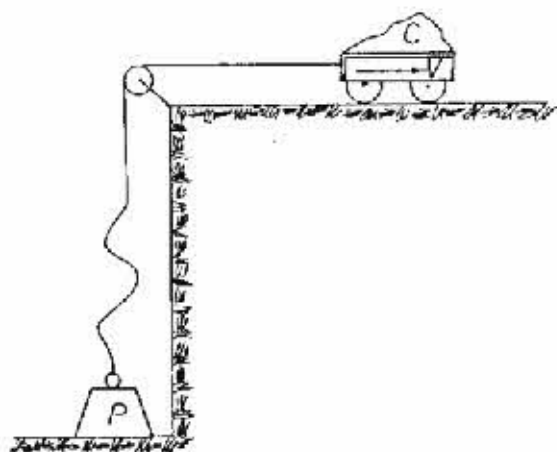


FIG. 42

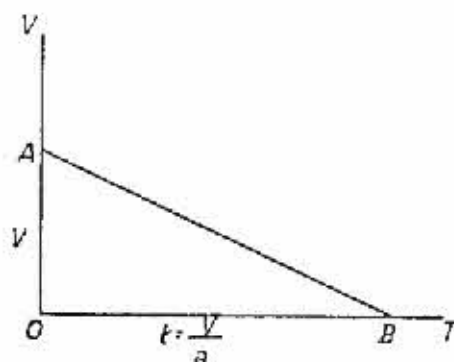


FIG. 43

Si dimostra che tale lavoro è anch'esso misurato dalla forza viva del corpo, cioè dall'espressione:

$$\frac{1}{2} m v^2.$$

Infatti: rappresentiamo in un diagramma $v t$ (fig. 43) con la retta AB il moto uniformemente ritardato del carrello; il segmento

OA rappresenterà la velocità v del carrello, e il segmento OB il tempo t necessario perchè il carrello si fermi, cioè:

$$t = \frac{v}{a}$$

Si avrà allora che l'area del triangolo OAB sarà data da:

$$\frac{1}{2} \overline{OA} \times \overline{OB} = \frac{1}{2} v \times \frac{v}{a} = \frac{1}{2} \frac{v^2}{a};$$

moltiplicandola per

$$\frac{a}{a}$$

il suo valore non si altera e potremo allora scrivere che l'area del triangolo sarà data da:

$$\frac{1}{2} \frac{a v^2}{a^2}$$

e siccome

$$\frac{v}{a} = t,$$

l'area stessa sarà data da:

$$\frac{1}{2} a t^2$$

Ma questo non è altro che il valore dello spazio percorso dal carrello dal momento in cui il suo moto comincia ad essere uniformemente ritardato fino al momento in cui si riduce in quiete,

Il lavoro eseguito dal carrello durante tale spazio sarà uguale al lavoro eseguito dal peso P per il medesimo spazio cioè sarà:

$$L = P s = P \frac{1}{2} a t^2$$

e siccome

$$t^2 = \frac{v^2}{a^2}$$

sostituendo si avrà:

$$L = P \frac{1}{2} a \frac{v^2}{a^2} = \frac{1}{2} \frac{P}{a} v^2$$

e ricordando che il rapporto tra una forza costante e l'accelerazione è uguale alla massa del corpo sul quale la forza agisce, per cui:

$$\frac{P}{a} = m = \text{massa del carrello},$$

si avrà in definitiva:

$$L = \frac{1}{2} m v^2$$

cioè il lavoro compiuto dal carrello a spese della sua velocità è uguale alla sua forza viva.

Potremo pertanto dire in generale che *la forza viva di un corpo di massa m, cioè l'espressione:*

$$W = \frac{1}{2} m v^2$$

rappresenta:

1) *il lavoro necessario per far passare il corpo stesso dalla quiete alla velocità v;*

2) *il lavoro che il corpo è capace di eseguire nel ridursi in quiete, cioè a spese della sua velocità.*

Quanto si è ora trovato spiega alcuni fenomeni che comunemente si osservano: ad esempio un pendolo, arrivato alla sua posizione più bassa, risale dall'altra parte alla medesima altezza del punto di partenza.

Un convoglio ferroviario ed un autoveicolo continuano a muoversi dopo che hanno cessato di agire rispettivamente la macchina od il motore e si fermano solo quando la resistenza di attrito abbia esaurita la forza viva del convoglio o dell'autoveicolo.

ENERGIA

Si dice che *un corpo possiede energia ogni qualvolta questo corpo, è in grado di eseguire un lavoro.*

L'energia di un corpo si misurerà quindi mediante il lavoro che esso è capace di compiere.

Si sa che i corpi in movimento sono in grado di compiere lavoro: essi quindi possiedono dell'energia che chiameremo *energia di movimento* od *energia cinetica*.

Poichè il lavoro che un corpo può compiere in virtù della sua velocità è dato dalla sua forza viva, deduciamo che *l'energia cinetica di un corpo è espressa dalla sua forza viva.*

Avremo quindi:

$$W_c = \frac{1}{2} m v^2$$

indicando con W_c l'energia cinetica del corpo, con m la sua massa e con v la sua velocità.

Se v è dato in m/sec ed

$$m = \frac{\text{Peso del corpo in Kg}}{\text{accelerazione di gravità in m/sec}^2}$$

si vede chiaramente che W_c sarà espressa in Kgm.

Un corpo può anche essere in grado di compiere lavoro, e quindi di possedere energia, per il fatto che occupa una speciale posizione: tale energia dovuta alla posizione occupata dal corpo la chiameremo *energia di posizione* od *energia potenziale*.

Un corpo pesante, che sia stato sollevato ad una certa altezza è in grado, nel discendere verso la terra, di compiere un lavoro: ad esempio, sollevare un altro corpo: mettere in movimento un meccanismo, ecc.: possiede dunque energia a causa della particolare posizione che occupa e diremo quindi che possiede energia di posizione od energia potenziale.

L'energia potenziale si può ritenere misurata dal lavoro massimo che il corpo può compiere discendendo fino a terra.

Se dunque P è il peso del corpo ed h l'altezza a cui si trova, l'energia potenziale del corpo stesso sarà:

$$W_p = P \times h$$

Se P è espresso in Kg ed h è espresso in metri sarà W_p espresso in Kgm.

CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

Un corpo di peso P sollevato ad una altezza h possiede una energia potenziale

$$W_p = P h.$$

Se noi lo facciamo discendere verticalmente di un tratto s , senza incontrare nessuna resistenza, la sua energia potenziale diviene evidentemente:

$$W_p' = P (h - s) = Ph - Ps$$

Quando un corpo pesante partendo dalla quiete cade verticalmente nel vuoto (ossia con resistenza dell'aria nulla) il suo moto è uniformemente accelerato e per esso valgono le relazioni

$$v = gt \quad \text{ed} \quad s = \frac{1}{2} gt^2$$

dalle quali si ricava, sostituendo nella seconda il valore di t ricavato dalla prima, e cioè

$$t = \frac{v}{g},$$

che

$$s = \frac{1}{2} g \frac{v^2}{g^2} = \frac{1}{2} \frac{v^2}{g}$$

ossia che

$$v^2 = 2gs$$

e quindi

$$v = \sqrt{2gs}.$$

Questa è quindi la velocità acquistata dal corpo nel punto di altezza da terra $h - s$ cioè dopo essere disceso verticalmente dello spazio s .

Di conseguenza in tal punto il corpo stesso avrà acquistata una energia cinetica:

$$W_c' = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 2gs = mgs$$

ma

$$mg = P$$

quindi:

$$W_c' = P s$$

Concludendo, potremo dunque scrivere:

$$W_p' = W_p - W_c'$$

ossia:

$$W_c' = W_p - W_p'$$

e quindi possiamo dire che *l'energia cinetica acquistata dal corpo nel cadere verticalmente da un'altezza h per un tratto s è uguale all'energia potenziale perduta.*

Se poi il corpo, durante la sua discesa, incontra una resistenza ed eseguisce lavoro, alla fine della caduta disporrà di una energia

cinetica minore. Si dimostra che, in questo caso, *l'energia cinetica acquistata, sommata con il lavoro prodotto è uguale all'energia potenziale perduta.*

Questo risultato si può estendere a qualunque altra forma di energia e costituisce la legge più importante della fisica detta *principio della conservazione dell'energia* che può essere enunciata così: *se in un sistema che possiede energia questa subisce delle trasformazioni, la energia finale, sommata col lavoro prodotto, è uguale all'energia iniziale del sistema.*

POTENZA

Per ottenere lavoro occorre dunque energia: un dispositivo che trasformi l'energia in lavoro si chiama *motore*.

Ad esempio il motore termico trasforma l'energia termica in lavoro, il motore elettrico trasforma l'energia elettrica in lavoro, ecc.

Diremo che un motore è tanto più *potente* quanto minore è il tempo che impiega a compiere un determinato lavoro, o quanto maggiore è il lavoro che esso compie in un determinato tempo.

Chiameremo quindi *potenza di un motore* il lavoro che esso è capace di compiere nell'unità di tempo.

La potenza P di un motore sarà dunque espressa dal rapporto tra il lavoro L da esso compiuto ed il tempo t impiegato a compierlo, cioè sarà

$$P = \frac{L}{t}$$

Se L è espresso in Kilogrammetri e t in minuti secondi, P sarà espresso in Kilogrammetri al secondo (Kgm/sec.).

In pratica però si adotta spesso un'altra unità 75 volte più grande, chiamata *cavallo vapore* ed indicata col simbolo HP. corrispondente ad una erogazione di lavoro pari a 75 Kgm per ogni minuto secondo.

Si ha, in tal caso

$$P \text{ (in HP)} = \frac{L}{75 \text{ sec}}$$

Da questa relazione risulta evidente che un motore ha una potenza di 1 HP quando compie il lavoro di 75 Kgm in un minuto secondo.

$$1 \text{ HP} = 75 \text{ Kgm/sec}$$

LE UNITÀ DI MISURA

Misurare una grandezza significa confrontarla con un'altra grandezza omogenea presa per *unità* e determinare quante volte questa si deve ripetere per formare quella. Il numero, intero o frazionario, che così si ricava è il valore della grandezza data.

Per ciascuna specie di grandezze si potrebbe scegliere ad arbitrio l'unità, indipendentemente dalle altre specie, con la sola condizione che tutte le unità si mantenessero invariabili e fossero esattamente riproducibili.

Si è però trovato più comodo e più conveniente far dipendere le diverse unità le une dalle altre, valendosi di qualche relazione geometrica o di qualche legge fisica che le legghi.

Così ad esempio nel sistema metrico si è scelta ad arbitrio l'unità lineare e da essa si è derivata l'unità di superficie ricorrendo alla formula che dà l'area di un quadrato:

$$A = l^2$$

che si può pertanto chiamare *formola di derivazione* dell'unità di superficie nel sistema metrico.

Così pure, nello stesso sistema metrico, si è scelta per formola di derivazione dell'unità di volume quella che dà il volume del cubo ($V = l^3$).

Analogamente dopo avere adottato ad arbitrio le unità di lunghezza e di tempo, si è derivata l'unità di velocità ricorrendo alla relazione:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{m}{\text{sec}}$$

e l'unità di accelerazione ricorrendo alla relazione:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{l}{t^2} = \frac{m}{\text{sec}^2}$$

Bastano questi pochi esempi per far apparire chiaro come, procedendo in tal modo, si stabiliscono due categorie di unità ben distinte e cioè quelle scelte arbitrariamente che si chiamano *unità fondamentali* e quelle che da esse si deducono che si chiamano *unità derivate*.

In meccanica si hanno sostanzialmente solo due sistemi di misura dimensionalmente differenti, secondo che si assumono come grandezze fondamentali:

- a) lunghezza, massa, tempo;
- b) lunghezza, forza, tempo.

Molto usato in passato è stato il *sistema C. G. S.* (centimetro, grammomassa, secondo) nel quale si assumono, come unità fondamentali, le tre seguenti:

1) il *centimetro* come unità di lunghezza, che si indica col simbolo 1 cm e così definito: la centesima parte del metro internazionale di platino iridiato alla temperatura del ghiaccio fondente, conservato nell'Ufficio internazionale dei pesi e delle misure a Sèvres.

Tale metro campione corrisponde approssimativamente alla quarantamillesima parte del meridiano terrestre.

2) il *grammo-massa* come unità di massa, che si indica col simbolo g* e così definito: la millesima parte della massa del campione di platino rappresentante il chilogrammo che si conserva negli Archivi Internazionali di pesi e misure di Sèvres.

Il grammo-massa si può anche approssimativamente ritenere uguale alla massa di un centimetro cubo di acqua distillata alla temperatura di 4° centigradi.

3) il *secondo* come unità di tempo, che si indica col simbolo sec e così definito: la ottantaseimilaquattrocentesima parte del giorno solare medio.

Da queste unità fondamentali si deducono tutte le seguenti altre unità derivate.

Unità di superficie = 1 centimetro quadrato = 1 cm².

Unità di volume = 1 centimetro cubo = 1 cm³.

Unità di velocità = 1 cm in 1 sec = 1 cm/sec, definita: la velocità con la quale un corpo percorre di moto uniforme l'unità di lunghezza nell'unità di tempo.

Unità di accelerazione = 1 cm/sec in un sec = 1 cm/sec², definita: l'accelerazione che un corpo acquista quando la sua velocità aumenta uniformemente dell'unità di lunghezza in un secondo.

Unità di forza: tenendo presente la relazione fondamentale $F = ma$, si assume come forza unitaria quella capace di imprimere una accelerazione di 1 cm/sec² ad un corpo avente la massa di un grammo; tale unità di forza si chiama *dina*.

Unità di lavoro: tenendo presente la relazione $L = Fs$ si assume come lavoro unitario quello eseguito dalla forza di 1 dina che produce uno spostamento di 1 cm; questa unità di lavoro si chiama *erg* ed uno suo multiplo (10 milioni di erg) si chiama *joule*.

Unità di potenza: tenendo presente la definizione di potenza si assume come potenza unitaria l'*erg per secondo* (erg/sec) oppure il *joule per secondo* (joule/sec).

A quest'ultima unità si dà il nome di *Watt*; si usa spesso un suo multiplo (1000 Watt) che si chiama chilowatt (KW).

Da queste unità di potenza si ricava un'altra unità di lavoro, di uso frequente: il *watt-ora* (Wh) oppure un suo multiplo, il *chilo-*

watt-ora (K W h) corrispondenti rispettivamente al lavoro prodotto in un'ora della potenza di 1 W o di 1 KW.

Pertanto il Wh vale 3600 joule ed il KWh vale 3.600.000 joule.

In pratica però è usato il *sistema tecnico* nel quale si assumono come unità fondamentali le tre seguenti:

1) il *metro* come unità di lunghezza e che si indica col simbolo m.

2) il *secondo* come unità di tempo e che si indica col simbolo sec.

3) il *Chilogrammo* come unità di forza e che si indica col simbolo Kg.

Da queste unità fondamentali si deducono le seguenti altre unità derivate:

Unità di superficie = 1 metro quadrato = 1 m^2 .

Unità di volume = 1 metro cubo = 1 m^3 .

Unità di velocità = 1 m in 1 sec = 1 m/sec , definita: la velocità con la quale un corpo percorre con moto uniforme un metro in un secondo.

Unità di accelerazione = 1 m/sec in 1 sec = 1 m/sec^2 , definita: l'accelerazione che un corpo acquista quando la sua velocità aumenta uniformemente dell'unità in un secondo.

Unità di lavoro: tenendo presente la relazione $L = Fs$ si assume come lavoro unitario quello eseguito dalla forza di 1 Kg che produce uno spostamento di 1 m. Questa unità di lavoro si chiama *Chilogrammetro* e si indica col simbolo Kgm.

Unità di potenza: tenendo presente la definizione di potenza si assume come potenza unitaria il *chilogrammetro al secondo* (Kgm/sec). In pratica è ancora in uso il cavallo vapore:

$$1 \text{ HP} = 1 \text{ CV} = 75 \text{ Kgm/sec} = 736 \text{ Watt.}$$

Unità di massa: tenendo presente la relazione

$$m = \frac{P}{g}$$

e che $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$, la massa unitaria è rappresentata dalla massa di un corpo avente il peso di Kg 9,81. A questa unità non si è attribuito alcun nome speciale e pertanto la indicheremo con la sigla u. t. (unità tecniche).

Così ad esempio diremo che un corpo del peso di 180 Kg ha una massa di

$$\frac{180}{9,81} = 17,34 \text{ u. t.}$$

Dal 1935 è entrato definitivamente in uso il *Sistema assoluto* (M Kg S o Giorgi) nel quale si assumono come unità fondamentali le tre seguenti:

- 1) il *metro* come unità di lunghezza e si indica col simbolo m;
- 2) il *kilogrammo-massa* come unità di massa e si indica col simbolo kg*.
- 3) il *secondo* come unità di tempo e si indica col simbolo sec.

Da queste unità fondamentali si deducono tutte le altre unità derivate:

Unità di superficie = 1 metro quadrato = 1 m².

Unità di volume = 1 metro cubo = 1 m³.

Unità di velocità = 1 metro al secondo = 1 m/sec.

Unità di accelerazione = Variazione di velocità di 1 m/sec in 1 sec = 1 m/sec².

Questa unità di accelerazione è 9,81 volte più piccola della accelerazione di gravità g.

L'unità di forza assume in questo sistema il nome di *Newton* e corrisponde all'intensità della forza capace di imprimere una accelerazione di 1 m/sec² ad un corpo avente la massa di 1 kilogrammo-massa.

Il Newton è 9,81 volte più piccolo del kilogrammo-peso.

L'unità di lavoro assume il nome di *Joule* e corrisponde al lavoro eseguito dalla forza di 1 Newton che si sposta di 1 metro.

Il Joule è 9,81 volte più piccolo del kilogrammetro.

L'unità di potenza assume il nome di *Watt* e corrisponde al lavoro di 1 Joule eseguito in 1 secondo = 1 Joule/sec.

Per i multipli del Watt vedesi quanto già detto analizzando il sistema C.G.S.

Il grande favore incontrato, nelle Scienze applicate e nella Tecnica, dal Sistema Assoluto (Giorgi) deriva essenzialmente dal fatto che, essendo il sistema svincolato dalla forza-peso e quindi dalla accelerazione di gravità, oltre ad essere assoluto, è anche più maneggevole trattandosi di un sistema del tipo decimale.

STATICA E DINAMICA DEI FLUIDI

IDRAULICA

L'idraulica è quella parte della fisica che tratta del comportamento dei corpi allo stato liquido.

Essa a sua volta si divide in idrostatica ed in idrodinamica.

L'idrostatica si occupa delle leggi e delle caratteristiche che i liquidi presentano quanto sono in *quiete*. Allorquando invece i liquidi si muovono, come si muove l'acqua che viene spinta verso l'incendio nell'interno dei tubi di canapa, le leggi relative che trattano di tale *movimento* e degli effetti che ne conseguono, fanno parte dell'idrodinamica.

Parimenti l'aerostatica e l'aerodinamica trattano rispettivamente delle leggi che regolano lo stato di quiete e di moto dei gas.

Per semplicità e per maggior chiarezza, si tratterà in queste note non solo del comportamento delle sostanze liquide, ma anche dei gas, e cioè di tutte le sostanze fluide in generale.

PREMESSA SULLO STATO FISICO DEI CORPI

I corpi si presentano in natura in tre stati fisici ben definiti: solido, liquido ed aeriforme.

Lo stato solido è quello normale degli oggetti d'uso: una costruzione, una macchina, una matita, sono corpi solidi. Essi hanno forma ben definita e difficilmente modificabile.

Lo stato liquido è quello presentato dall'acqua, dalla benzina, dal latte, ecc., ed è caratterizzato principalmente dalla sua fluidità; essa consente ai liquidi di assumere la forma di un qualsiasi recipiente che li contenga.

Lo stato aeriforme è quello dell'aria che noi respiriamo; l'ossigeno, l'idrogeno, l'azoto, l'anidride carbonica, l'ossido di carbonio ed altri gas numerosi, si presentano pure normalmente allo stato aeriforme.

Questo stato gassoso dei corpi è di percezione più difficile degli altri due sopraccennati, perchè i gas, specie se sono inodori e trasparenti, sfuggono, data la loro estrema leggerezza e fluidità, al controllo dei nostri sensi.

Come in altra parte è stato detto più diffusamente, un corpo in natura non si presenta in un unico stato, ma può cambiarlo, quando si modifichino le condizioni in cui esso si trova, e particolarmente la sua temperatura e la pressione cui è sottoposto.

COMPRESSIBILITÀ DEI CORPI IN GENERE E DEI FLUIDI IN PARTICOLARE

I corpi, quando vengono compressi, diminuiscono solitamente di volume, in misura diversa a seconda del loro stato e della pressione cui vengono sottoposti. I gas in particolare si comprimono con facilità; basti dire che in una bombola di acciaio del volume di dieci litri è possibile comprimere con una forte pressione, un volume d'aria superiore a mille litri.

La legge sulla compressibilità degli aeriformi è stata scoperta e verificata dai due fisici Boyle e Mariotte e perciò si chiama legge di Boyle-Mariotte. Essa dice che: *a temperatura costante, il volume di un gas è inversamente proporzionale alla pressione cui esso viene sottoposto.* Pertanto raddoppiando la pressione di un gas, il suo volume si riduce alla metà.

Anche i corpi solidi sono, in misura diversa, comprimibili.

A tutti è noto infatti che il sughero e la gomma facilmente si comprimono; anche il legno, il cartone ed altre simili sostanze, possono venire compressi, ma in misura minore; i metalli in genere si comprimono ancor meno. In genere un corpo solido si comprime tanto più, quanto più è poroso, ossia presenta pori o spazi vuoti nell'interno della sua massa.

I liquidi invece sono pochissimo comprimibili.

È stato ad esempio rilevato che, comprimendo l'acqua in un recipiente, il suo volume si riduce di un ventiduemillesimo per ogni aumento di pressione pari ad un'atmosfera.

Occorrono perciò 22 atmosfere per ridurre di un litro il volume di un metro cubo d'acqua.

ORIZZONTALITÀ DEL LIVELLO DEI LIQUIDI VASI COMUNICANTI

I liquidi tendono a presentare in superficie un livello orizzontale. L'acqua in un bicchiere è superiormente piana; la superficie di un lago si presenta alla vista, perfettamente liscia ed orizzontale. Ciò significa che, a differenza dei corpi solidi i quali hanno una forma propria, i liquidi tendono invece ad assumere la forma del recipiente che li contiene ed a presentare in superficie una forma piana.

Questo comportamento dei liquidi è dovuto al loro peso ed alla fluidità.

Il loro peso li obbliga a tendere al basso, mentre la fluidità consente loro di ubbidire nel miglior modo a questa legge, abbassandosi il più possibile ed assumendo in superficie la forma piana.

I liquidi, anche se posti in recipienti diversi, ma in comunicazione tra loro, presentano livello unico ed orizzontale. (*Principio dei vasi comunicanti*)

Se nel recipiente più grande si aggiunge gradatamente dell'acqua, il livello cresce in esso come in tutti gli altri, ed allorché viene raggiunto il livello *a b*, l'acqua trabocca ed esce dai tubi più piccoli.

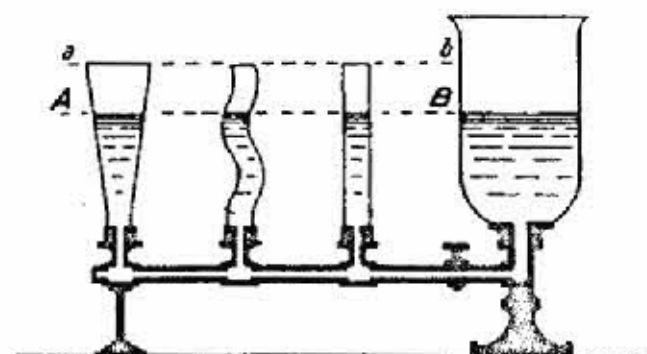


FIG. 44

Dalle sorgenti, l'acqua esce in forza di questo principio, e lo stesso può dirsi per l'acqua che defluisce da un tubo collegato con un serbatoio; in quest'ultimo caso l'acqua continuerà a defluire, fintantoché il livello nel serbatoio risulterà superiore a quello della bocca di uscita.

Sul principio dell'orizzontalità del livello dei liquidi, sono anche basati alcuni apparecchi scientifici e tecnici, quali il livello ad acqua e la comune livella da muratore a bolla d'aria.

LIVELLO DELLE SOSTANZE AERIFORMI

A differenza delle sostanze liquide, quelle gassose od aeriformi non presentano una superficie superiore di livello.

Ciò dipende dalla loro estrema leggerezza (un metro cubo d'acqua pesa 1000 Kg, mentre un pari volume d'aria, a 0° ed alla pressione atmosferica, pesa soltanto 1 Kg e 293 grammi) e perchè essi tendono naturalmente ad espandersi, in conseguenza del rapidissimo moto delle particelle che li compongono.

E per questi due motivi che un aeriforme, introdotto in un recipiente, ne occupa in breve tutto il volume interno, distribuendosi uniformemente.

I gas sono in natura diffusissima; l'aria occupa intorno a noi tutto lo spazio non occupato da sostanze solide o liquide. La terra

è infatti avvolta da un enorme oceano di aria, avente lo spessore di alcune centinaia di chilometri.

L'azione del peso dell'aria è sensibile, infatti essa risulta assai più compressa vicino alla superficie del mare che in vetta alle montagne.

Se l'aria non avesse peso, essa si disperderebbe nel vuoto interstellare, e cioè nell'immensità dello spazio che circonda la terra, il sole e tutte le stelle.

Essa, attirata dalla terra per effetto del suo peso, le forma intorno come un enorme manto impalpabile; a differenza però dell'acqua, il manto gassoso che circonda la terra, non termina al di sopra con una superficie perfettamente piana e ben definita, ma presenta un contorno vago e sfumato, continuamente turbato dai moti dovuti alla rotazione della terra ed al calore solare.

PRINCIPIO DI PASCAL

Il fisico Pascal ha dimostrato che la pressione cui un liquido è soggetto, si trasmette egualmente in tutte le direzioni.

Se si prende una bottiglia completamente piena d'acqua, e si comprime quest'acqua disponendo un tappo nel collo della bottiglia e premendo su di esso, l'acqua viene compressa e, in analogia alla legge di Pascal, tutta l'acqua contenuta nella bottiglia riceve la medesima compressione, ed a sua volta, con pari intensità, comprime in ogni direzione le pareti della bottiglia. Se pertanto sul tappo viene esercitata la pressione di 1 atmosfera, corrispondente ad 1 Kg e 33 grammi per ogni centimetro quadrato della superficie del tappo, tutta l'acqua all'interno rimane compressa alla medesima pressione, ed ogni cmq. della superficie interna della bottiglia è parimenti soggetto ad una pressione di 1 Kg e 33 grammi, diretta nel senso delle frecce segnate nella figura 45.

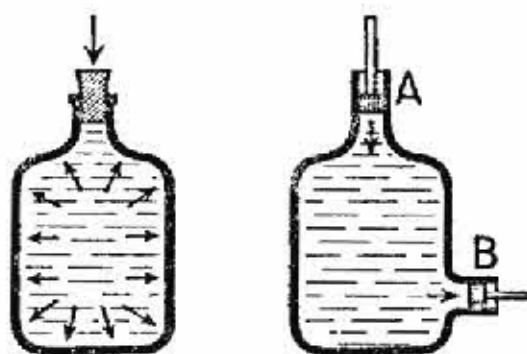


FIG. 45

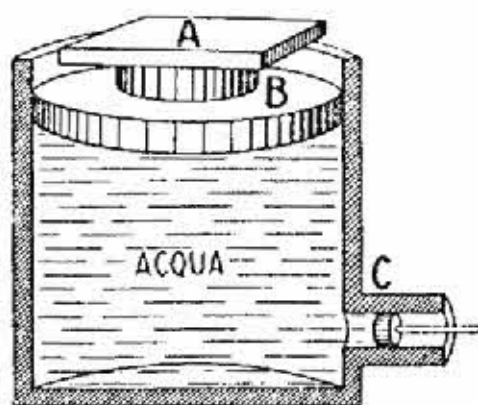


FIG. 46

Se al posto del tappo viene collocato e premuto uno stantuffo *A*, come nella fig. 45, lo stantuffo di pari diametro *B*, verrà sospinto verso l'esterno colla medesima forza; se invece lo stantuffo *B* avesse una superficie doppia di quello in *A*, la forza che lo sospingerebbe all'esterno sarebbe, per il principio di Pascal, doppia di quella esercitata in *A*.

Su questo concetto è basato il torchio idraulico.

Supponiamo, come è indicato nella fig. 46, che in un robusto cilindro metallico di largo diametro e pieno d'acqua, scorra un piatto (*A*) di acciaio a base cilindrica (*B*). Sulla parete in basso lateralmente venga applicato un piccolo stantuffo (*C*). Poniamo che lo stantuffo *C* abbia la superficie di 1 cmq e che sulla sua asticciola venga esercitata una forza di 10 Kg. L'acqua del cilindro verrà conseguentemente compressa alla pressione di quasi 10 atmosfere, e la base cilindrica del piatto, verrà pertanto sospinta verso l'alto da una forza di 10 Kg. per ogni cmq. Quindi, se la superficie di questa base fosse di 1000 cmq, la pressione di spinta verso l'alto sarebbe di $10 \times 1.000 = 10.000$ Kg e cioè di 100 q.li.

Ognuno comprende che tale forza enorme può essere, nelle applicazioni industriali, agevolmente sfruttata per comprimere determinati oggetti fra il piatto d'acciaio ed un piano duro e fisso collocato superiormente.

Nei torchi idraulici industriali, l'acqua è di regola posta superiormente ed il piatto viene perciò spinto in basso.

Anche in una sostanza gassosa, la pressione esercitata in un punto della massa si distribuisce uniformemente; tuttavia un torchio, come quello rappresentato in figura, con una sostanza gassosa sarebbe praticamente irrealizzabile a cagione della compressibilità dei gas e del riscaldamento che in essi si produce per effetto della compressione.

PRESSIONE INTERNA DEI LIQUIDI

Se si immerge un dito nell'acqua non si avverte alcuna sensazione di schiacciamento; è invece noto a tutti che un sottomarino non può raggiungere che la profondità di un centinaio di metri, altrimenti la pressione fortissima dell'acqua che preme sul suo scafo in tutte le direzioni, come è indicato dalle frecce nella fig. 47, finirebbe per schiacciarlo.

Per comprendere chiaramente il fenomeno, immaginiamo di trovarci sul fondo di un lago a m. 100 di profondità.

I cento metri di massa d'acqua soprastanti indubbiamente pesano, l'acqua è assai pesante, e comprime il terreno intorno a noi. Ogni cmq di terreno viene infatti compresso dal peso di una colonna d'acqua alta m 100 ed avente la sezione di 1 cmq; sono in

totale 10.000 centimetri cubi d'acqua, che corrispondono al volume di 10 litri ed al complessivo peso di 10 Kg. Concludendo, la pressione esercitata dall'acqua su un cmq di terreno posto a 100 m di profondità è di 10 Kg e cioè di quasi 10 atmosfere.

Anche su ogni cmq della nostra persona verrà esercitata una simile pressione, ma ciò non soltanto sulle spalle e sulla testa, e cioè sulla parte del corpo volta verso l'alto, ma anche su ogni altra parte della persona.

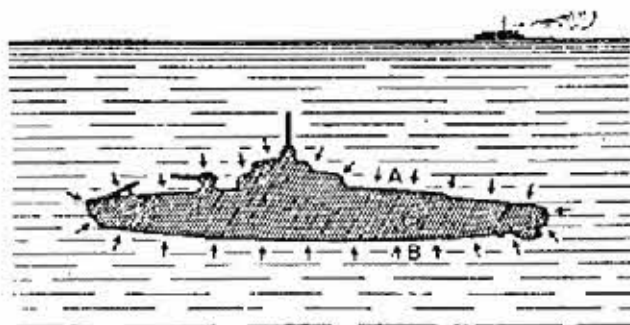


FIG. 47

Ciò dipende dal fatto che il liquido compresso, per effetto della sua fluidità, preme in tutte le direzioni, come è affermato dal principio di Pascal.

In ciò sta, nell'uso pratico, la differenza fra peso e pressione, e cioè fra il peso di un corpo solido che ci grava sulle spalle e la pressione che un fluido, liquido o gas, esercita intorno a noi in tutte le direzioni.

La pressione dell'acqua nell'esempio citato, non agisce soltanto sul terreno di fondo, ma in qualsiasi direzione e con intensità tanto maggiore, quanto maggiore è la profondità dell'acqua, perchè col-l'aumentare della profondità cresce il peso dell'acqua posta superiormente.

Pertanto su un corpo immerso, la pressione non agisce solamente sulla sua faccia superiore, ma anche sui lati e nella parte sottostante, come è raffigurato dalle frecce nella fig. 47.

Se si considerano tuttavia le pressioni esercitate sui due punti A e B del sottomarino, schematicamente rappresentato nella figura stessa, in base alle nozioni già esposte, è possibile affermare che, essendo la profondità del punto B maggiore di quella del punto A, sarà la pressione in B maggiore che in A. Allo stesso modo tutti i punti della superficie inferiore saranno sottoposti ad una pressione maggiore dei punti superiori corrispondenti. Pertanto il sottomarino, da tutte queste piccole spinte sommate, viene sollecitato verso l'alto e tende a portarsi alla superficie, a meno che il suo peso, aggiunto all'eventuale zavorra d'acqua trasportata, non uguagli o superi la spinta accennata.

Lo stesso avviene tutti i corpi immersi nell'acqua.

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

L'accertamento dell'entità della spinta che sollecita i corpi immersi a tornare in superficie, è stato fatto, fin dai tempi antichi, da Archimede, che con la sua legge famosa ha precisato che *un corpo, immerso nell'acqua, riceve una spinta dal basso verso l'alto, pari al peso del liquido spostato*, e cioè del liquido di cui il corpo immerso ha preso il posto.

La medesima legge vale anche per i corpi parzialmente immersi.

Una nave ad esempio, del peso di 10.000 tonnellate, si immerge nell'acqua di quanto occorre per spostare un volume di acqua di 10.000 metri cubi, che pesa per l'appunto 10.000 tonnellate. Per l'esattezza conviene osservare che l'acqua marina, ricca di sali, pesa circa 1026 Kg per mc.

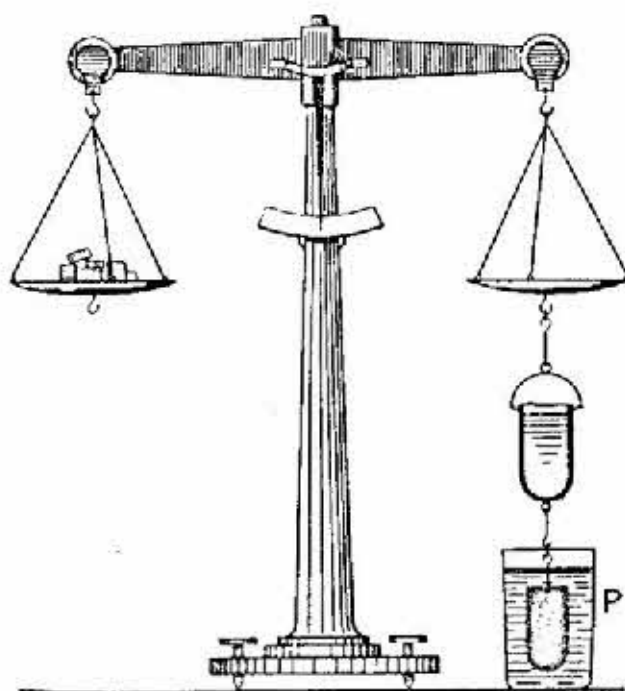


FIG. 48

Il principio di Archimede è anche facilmente ed esattamente dimostrabile con un esperimento di laboratorio.

Poniamo di prendere a questo scopo una bilancia del tipo indicato nella figura 48 e di ottenerne l'equilibrio sospendendo sotto uno dei suoi piatti un cilindro cavo vuoto ed uno pieno di ugual volume *P*, e ponendo dei pesi sull'altro piatto.

Si prenda poi un recipiente di vetro pieno d'acqua e si immerga in essa il cilindro pieno *P*, nel modo che appare in figura.

Per effetto dell'immersione, la bilancia si abbasserà bruscamente dalla parte opposta, come se i due cilindri si fossero alleggeriti; ciò dipende dalla spinta verso l'alto impressa dall'acqua al cilindro immerso, spinta esattamente eguale al peso di un volume d'acqua eguale al cilindro stesso.

Difatti, riempiendo d'acqua il cilindro vuoto, che ha un volume interno eguale a quello del cilindro immerso, l'equilibrio della bilancia viene prontamente ristabilito.

GALLEGGIAMENTO DEI CORPI

I corpi immersi nell'acqua ricevono, per il principio di Archimede, una spinta verso l'alto eguale al peso del liquido spostato.

Tutti i corpi sono però soggetti anche ad un'altra spinta verso il basso dovuta al loro peso. Quale di queste due forze contrarie prenderà il sopravvento?

Basta riflettere che la prima delle due forze è in rapporto col volume dell'acqua spostata e quindi col volume del corpo, mentre la seconda è dovuta al peso del corpo. Perciò i corpi di grande volume e di peso piccolo tendono a galleggiare, mentre quelli di piccolo volume e di peso notevole affondano. L'equilibrio si verifica quando il corpo pesa, per unità di volume, esattamente come l'acqua e cioè quando ha un peso specifico uguale a quello dell'acqua. (Il *peso specifico* di un corpo è dato dal peso dell'unità di volume e cioè dal peso di un metro cubo del corpo stesso).

Ove si tenga presente che l'acqua ha un peso specifico di 1000 Kg; potrà agevolmente concludersi che galleggeranno ad esempio i seguenti corpi, aventi peso specifico inferiore a 1000: benzina, Ps. circa 725; alcool, Ps 797; legno resinoso verde, Ps circa 850; ghiaccio, Ps 920, ecc.; mentre viceversa affonderanno i corpi seguenti: ferro, Ps circa 7800; rame, Ps circa 8800; piombo, Ps circa 11300; oro, Ps 19500; platino, Ps 21300.

Un corpo più leggero dell'acqua naturalmente si immerge fintantochè il suo peso complessivo uguaglia quello del liquido spostato dalla parte del corpo immersa. Sono fondati su questo principio gli areometri e gli alcoometri, e cioè quegli strumenti a galleggiamento fabbricati per la misurazione della densità di un liquido.

Essi sono provvisti, al di sopra, di un cannello di vetro graduato, e la loro immersione nel liquido, di cui si vuole misurare la densità — immersione che è tanto maggiore quanto più leggero è il liquido stesso — viene rilevata sulla graduazione del cannello.

PRESSIONE INTERNA DEI GAS - PRESSIONE ATMOSFERICA

L'aria è più compressa vicino alla superficie del mare che non in vetta alle montagne, perchè in questo secondo caso è minore lo

spessore della massa d'aria soprastante e quindi è minore il peso di essa.

L'aria, sommerge la terra come un immenso oceano e noi viviamo e camminiamo sul fondo di esso. Perciò come sentiremmo la pressione dell'acqua soprastante se camminassimo in fondo al mare, così, camminando sulla superficie della terra, siamo soggetti alla pressione della massa d'aria che circonda e sommerge la terra.

Questa pressione dicesi pressione atmosferica; essa, misurata alla superficie del mare, con aria calma ed alla temperatura di 0°, corrisponde a 1 Kg e 33 gr per cmq. Tale pressione viene adottata come unità di misura col nome di *atmosfera*.

L'uomo e gli altri animali terrestri, vivono e si muovono, nonostante questa elevata pressione, perchè essa si esercita in tutte le direzioni, sia all'esterno che all'interno degli organismi viventi, ed inoltre perchè essi sono da millenni abituati a questa pressione cui non potrebbero, senza danno, essere privati.

L'esistenza della pressione atmosferica è dimostrata da numerosi apparecchi di laboratorio. Uno dei più semplici è rappresentato dai così detti *emisferi di Magdeburgo* che consistono in due mezze sfere, cave all'interno e perfettamente combacianti ai bordi. L'interno a mezzo di un foro, chiuso dal rubinetto segnato in figura, è posto in comunicazione con una pompa adatta per fare il vuoto. Se i due emisferi vengono l'uno sull'altro appoggiati, noi li possiamo agevolmente staccare, perchè la pressione dell'aria si esercita tanto all'esterno come all'interno.

Se invece, quando i due emisferi sono combacianti, l'aria dall'interno viene tolta, occorre un grandissimo sforzo per staccarli uno dall'altro, perchè in questo secondo caso la pressione atmosferica preme soltanto sulla loro superficie esterna.

Anche per gli aeriformi vale la legge di Archimede, perciò un corpo immerso nell'aria riceve una spinta verso l'alto eguale al peso dell'aria spostata.

Quindi un corpo più leggero dell'aria tenderà a salire, ed uno più pesante, precipiterà a terra.

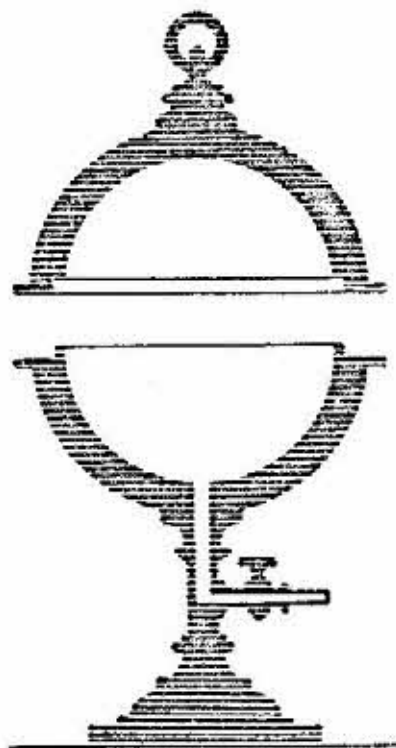


FIG. 49

A questo principio è dovuta la forza di sostentamento dei palloni aerostatici; essi, gonfiati con gas leggerissimi, quali l'idrogeno e l'elio, riescono, nonostante il peso del tessuto e della navicella, a salire, perchè il peso dell'aria spostata è superiore al peso complessivo del pallone con accessori e del gas contenuto.

L'unica importante differenza fra il comportamento dei liquidi e quello degli aeriformi, è dovuta alla diversa, e già notata, comprimibilità di essi.

Essendo i liquidi praticamente incompressibili, il peso di un metro cubo di liquido si mantiene pressochè costante, anche se il liquido viene sottoposto ad una forte pressione. Quindi il peso specifico dell'acqua in fondo al mare, è pressochè eguale al peso dell'acqua in superficie.

Altrettanto non può dirsi per gli aeriformi.

Per essi vale la legge di Boyle-Mariotte, e perciò, raddoppiando la pressione cui un gas è sottoposto, il suo volume si riduce alla metà, e di conseguenza il suo peso specifico si raddoppia.

E per questo che, giustamente, l'aria in montagna è ritenuta più leggera che non in pianura; in montagna difatti la pressione atmosferica è minore.

Anche la massima altezza di aspirazione ottenibile con le pompe, diminuisce con l'altitudine, perchè l'altezza massima di aspirazione teoricamente raggiungibile è pari alla pressione atmosferica espressa in metri d'acqua, e pertanto raggiunge al livello del mare la quota di ml 10,33.

A 1000 m di altitudine l'altezza teorica di aspirazione scende a ml 9 circa, e quella massima praticamente realizzabile con una pompa efficiente, si riduce a meno di 8 metri.

MISURAZIONE DELLA PRESSIONE MANOMETRI E BAROMETRI

Per misurare la pressione di un fluido, liquido o gas, si usano appositi strumenti detti manometri.

I tipi di manometro più comuni sono: il manometro ad aria libera, quello ad aria compressa ed infine il manometro metallico.

Per le pompe da incendio sono generalmente usati manometri metallici del tipo segnato nella fig. 50, che ne rappresenta il congegno interno.

Essi vengono usati mettendoli in comunicazione col liquido, di cui s'intende misurare la pressione, a mezzo del raccordo sottostante.

Tale raccordo è pure in comunicazione col tubo a spirale interno, per cui, applicando il manometro sul tubo percorso dal liquido di cui si vuole misurare la pressione, il liquido stesso entra nel tubo metallico a spirale e vi esercita la sua pressione.

Essendo, in un tubo a forma di spirale, la superficie interna minore di quella esterna, la forza che preme verso l'interno e che tende a restringere la spirale, riesce minore di quella diretta all'esterno che tende ad allargarla.

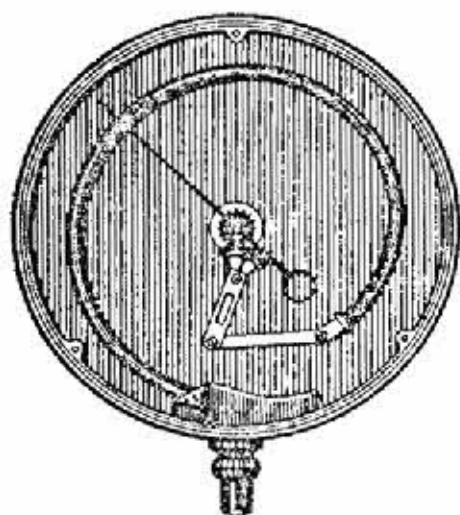


FIG. 50

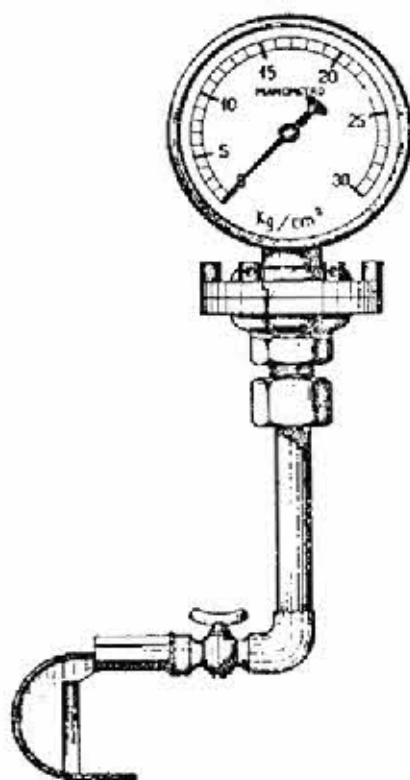


FIG. 51

Perciò la spirale, sotto l'effetto della pressione, si allargherà tanto più, quanto maggiore è la pressione che si vuol misurare.

A mezzo di una leva e di un ingranaggio, tale allargamento viene indicato su un quadrante graduato che ne permette la lettura.

La pressione di un fluido in movimento viene invece misurata con un manometro provvisto di un tubicino che viene introdotto nella vena liquida in moto.

L'acqua in rapido movimento, entra nello strumento attraverso al tubetto ed esercita la sua pressione sulla spirale interna del manometro nel modo precedentemente spiegato.

Tale apparecchio, assai usato presso i Corpi dei Vigili del Fuoco per misurare la pressione dell'acqua all'uscita dalle lance, chiamasi *tubo* di Pitot (leggere: Pitò). Le relative modalità d'uso sono riportate al capitolo sulle nozioni di idraulica.

La pressione atmosferica viene invece misurata con uno speciale e semplice strumento detto *barometro*, che principalmente consiste in un tubo di vetro graduato e pieno di mercurio.

La parte bassa del tubo (vedi fig. 52) è aperta ed immersa in una vaschetta di mercurio, mentre la parte alta è chiusa e vuota di aria. L'eliminazione dell'aria viene ottenuta nel modo più semplice. Basta, allo scopo, riempire il tubo completamente di mercurio, e poi, tenendo ben chiuso con un dito il foro di apertura, rovesciare il tubo ed immergerne l'estremo aperto nella vaschetta.

Togliendo in seguito il dito, il mercurio, per effetto del suo peso discende nel tubo; ma siccome superiormente, nella parte chiusa, con la discesa del mercurio si è prodotto il vuoto, esso arresterà la sua discesa nel punto in cui il peso della colonna di mercurio uguaglia la pressione atmosferica. Alla superficie del mare, dove la pressione dell'aria è pari ad un'atmosfera, l'altezza della colonna di mercurio è di 76 cm e corrisponde, in peso, a ml 10 e cm 33 di acqua e cioè ad 1 Kg e 33 grammi per cmq.

Lo spazio vuoto d'aria che si forma sopra il mercurio, è detto *vuoto torricelliano*, in onore del fisico Evangelista Torricelli che per primo eseguì questa esperienza.



FIG. 52

PRESSIONE E VELOCITA DEI LIQUIDI E DEI GAS - CONCETTO DI CARICO

Prima di trattare delle pompe, è opportuna una premessa sulla pressione e sulla velocità dei fluidi.

Già è stato più volte chiarito il concetto di pressione; il concetto di velocità è chiaro e non abbisogna di spiegazioni.

Vediamo ora quali rapporti esistono, nei fluidi in movimento, fra la pressione e la velocità.

È questa una parte alquanto complessa e più difficile da comprendere, ma è utile soffermarvisi, per chiarire l'importante concetto del carico di un fluido.

Consideriamo allo scopo un recipiente cilindrico, simile a quello segnato nella fig. 53, e contenente dell'acqua compressa per mezzo di uno stantuffo.

In corrispondenza alla parte interna dell'orificio di uscita, l'acqua, oltre alla pressione dello stantuffo, risente anche della pressione dovuta al peso della colonna d'acqua *A B* soprastante. Perciò la pressione dell'acqua nella parte bassa del tubo è leggermente superiore a quella esistente nella parte alta.

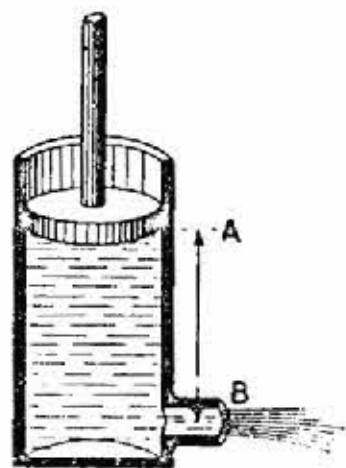


FIG. 53

Queste due pressioni rappresentano un'energia che l'acqua possiede, tant'è vero che l'acqua esce dal cilindro attraverso all'orificio con forza, perchè a ciò vi è spinta dalla forte pressione interna.

Questa pressione interna dicesi statica, perchè l'acqua all'interno può considerarsi ferma, e l'energia che l'acqua possiede, dicesi pure energia *statica* o *potenziale*.

La pressione statica considerata, è pertanto somma di due pressioni: l'una dovuta ad una forza esterna e l'altra all'altezza dell'acqua che chiamasi anche *altezza geodetica*.

Appena oltre il foro di uscita, l'acqua viceversa non ha più pressione, perchè liberamente può espandersi nell'aria (la pressione atmosferica non viene considerata, perchè agisce ovunque e perciò non modifica la legge del fenomeno); essa ha invece acquistato una velocità che prima non aveva; e perciò, in luogo della pressione statica, si parlerà qui di una pressione *dinamica*, dovuta al movimento del liquido, e misurabile con il tubo di Pitot, di cui si è già parlato.

L'energia statica o di posizione, posseduta dall'acqua nell'interno del cilindro, non è quindi andata perduta, perchè anche la velocità di un oggetto rappresenta dell'energia, meccanicamente utilizzabile per fare un lavoro; tant'è vero che, introducendo un dito nella vena fluida che esce con violenza dall'orificio, esso tende ad essere trascinato dall'acqua.

È avvenuto pertanto — secondo il principio che *in natura l'energia non si crea e non si distrugge, ma sempre si conserva e si trasforma* — una trasformazione dell'energia: la pressione si è cambiata in velocità, l'energia statica o di posizione si è trasformata in energia dinamica o di movimento.

Si è prodotto, all'incirca, un fatto simile a quello del lancio di un proiettile per mezzo del cannone: prima dello scoppio, l'esplosivo contenuto nel cannone è ricco di energia potenziale; dopo lo scoppio, l'energia potenziale dell'esplosivo è andata, perduta, ma il proiettile, che prima era fermo, ha acquistato una formidabile energia dinamica.

Per quanto concerne l'acqua, il matematico Bernoulli ha tradotto questo principio di conservazione dell'energia, in una equazione, espressa dalla seguente legge che porta il suo nome: *la somma dell'altezza geodetica, della pressione statica espressa in colonna di*

liquido e della pressione dinamica $\frac{v^2}{2g}$, *è costante in una vena fluida che non perda energia per attrito o per altri lavori esterni.*

Nell'equazione vengono considerate tre lunghezze:

1) l'altezza geodetica o sul livello del mare, cui l'acqua si trova;

2) l'altezza della colonna d'acqua, capace di determinare alla sua base, e per effetto del suo peso, una pressione statica eguale a quella che effettivamente l'acqua considerata possiede;

3) l'altezza della colonna d'acqua, che colla pressione esercitata alla sua base, praticando in prossimità alla base stessa un foro, spingerebbe l'acqua all'esterno con una velocità uguale a quella che effettivamente l'acqua possiede; la lunghezza di quest'ul-

tima colonna, matematicamente si esprime con la formula $\frac{v^2}{2g}$,

in cui v è la velocità dell'acqua espressa in metri al secondo, e g è l'accelerazione di gravità, pari al ml 9,81 al minuto secondo per secondo, cui sono soggetti i corpi per effetto del loro peso.

L'altezza della colonna che col suo peso o carico determina la pressione statica, dicesi anche *carico statico* dell'acqua; mentre la lunghezza della colonna che esprime la velocità che l'acqua avrebbe uscendo alla sua base, dicesi *carico dinamico* dell'acqua.

Bernoulli, con la sua equazione, praticamente dimostra che, quando l'altezza da cui l'acqua si muove si mantenga immutata, ed inoltre non si verifichino disperdimenti di energia, la somma dei due carichi, statico e dinamico dell'acqua, si mantiene costante; perciò, se in una vena fluida, posta nelle accennate condizioni, uno dei due carichi cresce, l'altro deve necessariamente diminuire.

ESEMPI SULLE VARIAZIONI DEL CARICO

Cerchiamo di rendere più chiare le sue accennate asserzioni con esempi pratici.

Esempio n. 1. — Consideriamo dapprima un tratto della tubazione di canape che dalla pompa è diretta all'incendio, e supponiamo che la tubazione stessa, presenti nel tratto considerato un cambiamento di sezione del tubo, come appare dalla figura.



FIG. 54

La tubazione è ritenuta perfettamente orizzontale, e perciò è uguale, rispetto al livello del mare, l'altezza geodetica dei due punti A e B che si considerano. Nulli naturalmente si suppongono i disperdimenti di energia per attriti o per altre resistenze al moto dell'acqua, nel tratto di tubo considerato. Confrontando pertanto con l'aiuto dell'uguaglianza del Bernoulli il carico dell'acqua nei due punti A e B, anzitutto rileviamo che, essendo uguale in entrambi i punti l'altezza geodetica, il carico complessivo statico e dinamico nel punto A deve uguagliare il carico complessivo dell'acqua nel punto B.

Chiamando perciò ACs ed ACd i due carichi statico e dinamico in A, e BCs e BCd i due carichi corrispondenti in B, per l'equazione di Bernoulli avremo

$$ACs + ACd = BCs + BCd$$

Questa eguaglianza, data la velocità e la pressione dell'acqua in uno dei tubi, nonchè il diametro di entrambi, ci permette di ricavare la velocità e la pressione dell'acqua nell'altro tubo.

Supponiamo per esempio, che la pressione in A sia di 8 atmosfere e la velocità in A sia di 0,7 m al m², e ricaviamo le quattro lunghezze che rappresentano i corrispondenti carichi sopraindicati.

Essendo la pressione in A di 8 atm., il carico statico corrispondente sarà:

$$ACs = 8 \times 10,33 = m \ 82,64.$$

Il carico dinamico ACd viene ottenuto, sostituendo il numero 0,7 al valore v della velocità, indicato nella formula $\frac{v^2}{2g}$, in cui

$$g = m \ 9,81; \text{ perciò: } ACd = \frac{0,7^2}{2 \times 9,81} = \frac{0,49}{19,62} = ml \ 0,025.$$

Ricaviamo ora il carico BCd riflettendo che la portata d'acqua del sistema è unica e che perciò l'acqua che passa nell'unità di tempo nel tubo più grande è eguale a quella che passa nel tubo più piccolo; perciò la velocità dell'acqua nel tubo da 45^m/m sarà necessariamente maggiore di quella esistente nel tubo da 70^m/m. Siccome la portata dell'acqua in un tubo è data dal prodotto della sezione del tubo per la velocità dell'acqua, avremo, esprimendo le lunghezze in metri,

$$3,14 \times 0,035^2 \times 0,7 = 3,14 \times 0,0225^2 \times V_B$$

in cui V_B è la velocità dell'acqua nel punto B.

Effettuando le necessarie operazioni, l'uguaglianza si semplifica come segue:

$$0,0269 = 0,00159 \times V_B$$

perciò

$$V_B = \frac{0,0269}{0,00159} = ml \ 1,69 \text{ al m}''.$$

Data la velocità V_B si ottiene il carico dinamico in B con la formula

$$BCd = \frac{V_B^2}{2g} = 0,147$$

Considerando nuovamente l'uguaglianza iniziale avremo pertanto

$$82,64 + 0,025 = BCs + 0,147$$

da cui si otterrà

$$BCs = 82,665 - 0,147 = 82,518 \text{ m}$$

cui corrisponde una pressione di $82,518 : 10,33 = atm \ 7,98$.

Perciò nei confronti del punto A, noi abbiamo in B una velocità alquanto maggiore, ed una pressione leggermente minore.

L'uguaglianza posta all'inizio ed il successivo calcolo numerico, valgono inoltre a dimostrare che in corrispondenza alle strozzature esistenti nelle condotte d'acqua, si manifesta un aumento nella velocità della vena ed una corrispondente *diminuzione* di pressione rispetto a quella dei tratti adiacenti.

Esempio n. 2. — Consideriamo ora il caso in cui la vena fluida durante il suo movimento, modifica la sua altezza geodetica, innalzandosi oppure abbassandosi rispetto al livello del mare. Supponiamo a questo scopo di disporre una pompa ad un'altezza di ml 100 sul livello del mare, ed inoltre, come appare dalla fig. 55, che l'acqua uscente dalla pompa, venga utilizzata per lo spegnimento di un incendio di cantina, convogliandola per mezzo di un tubo di canape discendente.

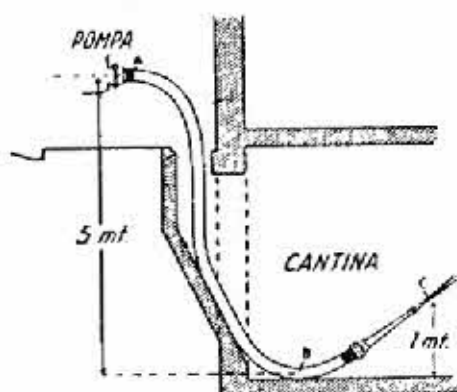


FIG. 55

Consideriamo ora attentamente le condizioni di carico di quest'acqua nei tre punti A, B e C indicati in figura, supponendo che in A la pressione statica dovuta alla pompa sia di 10 atm e la velocità della vena di ml 20 al m", che il punto B abbia rispetto ad A, una minor quota di ml 5 ed infine che il punto C, esterno al bocchello della lancia, sia più elevato rispetto a B di 1 m. Applicando l'equazione di Bernoulli e chiamando con H_A , H_B e H_C le altezze geodetiche rispettive dei tre punti A, B e C, possiamo impostare la triplice eguaglianza seguente:

$$H_A + ACs + ACd = H_B + BCs + BCd = H_C + CCs + CCd$$

che non ha bisogno di particolari spiegazioni, inquantochè i simboli Cs e Cd rappresentano rispettivamente il carico statico e quello dinamico.

Traducendo i simboli in lettere, avremo nel punto A.:

H_A — Altezza geodetica del punto A sul livello del mare = ml 100.

ACs — Carico statico della colonna d'acqua = $10 \text{ atm} \times 10,33 = \text{ml } 103,30$.

ACd — Carico dinamico dell'acqua in A.

Siccome l'acqua in A ha la velocità di ml 20 al m", il carico dinamico corrispondente, dedotto dalla formula

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{400}{2 \times 9,81} = 20,39 \text{ m.}$$

Pertanto sommando l'altezza geodetica al carico complessivo otterremo: $H_A + AC_s + AC_d = 100 + 103,30 \times 20,39 = 223,69$.

Nel punto B data la sua minor altezza geodetica di m 5, avremo

$$H_B = 95 \text{ m.}$$

Di quanto è diminuita l'altezza geodetica, di altrettanto sarà ovviamente aumentato il carico statico nel punto B, perchè oltre al carico statico dovuto alla pompa, noi abbiamo in B un maggior carico dovuto al peso dei cinque metri di colonna d'acqua soprastante, perciò BC_s sarà eguale a $ml\ 103,30 + 5 = 108,30$.

Il carico dinamico invece sarà in B esattamente eguale a quello in A, perchè la sezione del tubo, e quindi anche la velocità dell'acqua in esso, sono rimaste invariate. Perciò sarà: $BC_d = ml\ 20,39$.

Sommando avremo pertanto:

$$H_B + BC_s + BC_d = 95 + 108,30 + 20,39 = ml\ 223,69.$$

in armonia coll'uguaglianza inizialmente posta.

Passiamo infine al punto C.

In analogia con quanto già detto, sarà $H_C = 96 \text{ m}$. Essendo C un punto esterno alla tubazione, e perciò esposto all'aria, la pressione in esso sarà nulla, pertanto il carico statico corrispondente sarà eguale a zero.

Avremo pertanto $CC_s = 0$.

La velocità in C è invece, come l'esperienza pratica dimostra, notevolmente aumentata.

Noi possiamo ricavarne il valore, togliendo dalla somma ricavata in A ed in B, pari a $ml\ 223,69$, l'altezza geodetica del punto C, e ricordando che nel punto stesso il carico è esclusivamente dinamico.

Avremo perciò $CC_d = ml\ 223,69 - 96 = 127,69$.

Quindi, uguagliando a 127,69 la formula $\frac{v^2}{2g}$, ricaveremo per v

il valore di circa $ml\ 50$, pari alla velocità dell'acqua al minuto secondo nel punto C.

Perchè l'uguaglianza di Bernoulli venga osservata, noi dovremo disporre in C un bocchello con diametro tale da consentire con la velocità di efflusso di $ml\ 50$ ricavata dal calcolo, una portata pari a quella fornita dalla tubazione che precede.

Se venisse invece impiegato un bocchello di diametro diverso, l'equilibrio matematico del sistema verrebbe rotto, e per il necessario rispetto dell'uguaglianza enunciata, verrebbero, in misura proporzionale, alterate le velocità e le pressioni rilevate nei punti A e B.

Infatti se il bocchello in C fosse più piccolo di quello risultante dal calcolo, la velocità in B risulterebbe leggermente diminuita e la pressione proporzionalmente aumentata, con una conseguente variazione dei due carichi BCs e BCd; nel punto A un apparecchio di misura, registrerebbe analoghe ripercussioni. È noto infatti che la pressione alla pompa aumenta, allorchando viene diminuito il diametro dei bocchelli, oppure viene chiusa qualche bocca di erogazione.

PERDITE DI CARICO

Natura e causa delle perdite di carico.

Le considerazioni svolte sul carico complessivo di una vena liquida, hanno fatto astrazione dal disperdimento di energia o di carico, che purtroppo costantemente si verifica in tutte le trasformazioni dell'energia stessa.

Riprendendo difatti in esame i carichi rilevati nei punti B e C degli esempi riportati, devonsi ammettere che i carichi reali misurabili nei punti stessi, sono di fatto inferiori a quelli calcolati; un apparecchio di misura, facilmente confermerebbe una progressiva diminuzione di carico lungo il percorso della vena, dalla pompa al bocchello di erogazione.

Devesi pertanto concludere che l'acqua nel suo moto disperde una parte dell'energia posseduta.

L'accennato disperdimento è dovuto alle varie resistenze che l'acqua, muovendosi, incontra nel suo cammino.

Fra le principali rileviamo:

1) quella dovuta alle pareti scabre del tubo di canape, che con le loro protuberanze e filamenti, intralciano il passaggio dell'acqua;

2) la resistenza dovuta ai cambiamenti di direzione del tubo, che, obbligando l'acqua a deviare, generano nell'interno del liquido dei moti vorticosi fra le particelle dell'acqua in movimento;

3) quella dovuta al cambiamento di sezione del condotto;

4) quella dovuta alla viscosità interna del liquido; viscosità che si può ritenere come una resistenza interna che le singole particelle o filetti fluidi presentano scorrendo gli uni su gli altri.

Un liquido denso o viscoso, scorre assai più difficilmente dell'acqua, perchè presenta una maggior resistenza interna o viscosità. Queste varie resistenze comportano una perdita di carico, perdita che può anche portare all'annullamento del carico stesso.

Se infatti all'attacco premente di una pompa, capace di dare all'acqua una pressione di cinque atmosfere, noi collegassimo una

lunga conduttura di canape, continuamente interrotta da raccordi e divisori, ed inoltre con frequenti strozzature e cambiamenti di direzione, potremmo giungere all'annullamento della pressione in corrispondenza all'orifizio terminale di efflusso, e l'acqua uscirebbe da esso con velocità pressochè nulla e perciò con un'energia trascurabile.

Il carico sarebbe andato completamente perduto.

Le esperienze pratiche dimostrano che queste perdite sono tanto maggiori quanto maggiore è la velocità del liquido e quanto minore è il diametro del condotto.

Calcolo delle perdite di carico.

Per calcolare la perdita di carico lungo le tubazioni di canapa non gommate, si può usare la seguente formula, il cui coefficiente venne, con buona approssimazione, verificato ed arrotondato:

$$P = \frac{100 \times Q^2}{D^5}$$

nella quale P rappresenta la perdita di carico in metri d'acqua per ogni ml di tubazione; Q la portata del tubo in ettolitri al minuto primo (hl/1') e D il diametro del tubo espresso in cm.

Sostituendo a quest'ultima lettera i valori normali delle tubazioni di canape unificate di 7 e 4,5 cm, si ottengono le due seguenti formule semplificate:

$$P \text{ (m al m)} = 0.006 Q^2 \text{ (hl/1')} \quad (\text{tubi da 70 mm})$$

$$P \text{ (m al m)} = 0.054 Q^2 \text{ (hl/1')} \quad (\text{tubi da 45 mm})$$

La perdita di carico P espressa in metri per metro, corrisponde al dislivello in discesa che il tubo dovrebbe presentare, per compensare senza diminuzione di pressione la perdita stessa.

I tubi gommati presentano invece perdite di carico alquanto minori, che si aggirano, per le portate normali d'uso, intorno al 50% di quelle ricavabili con le formule precedenti; sono invece leggermente superiori al 50% per portate notevoli, ed inferiori per piccole portate.

ESEMPLIFICAZIONI NUMERICHE

1) A scopo esemplificativo e di applicazione delle due formule riportate, consideriamo una tubazione di canape da mm 70 avente la lunghezza di ml 400 e la portata di l 500, che richiede,

con un orifizio da 18 mm, una pressione all'orifizio di atm 5,5, come si rileva dal grafico N. 1 e dalla tabella riportata al termine del presente capitolo.

Applicando la formula delle perdite di carico per un tubo da 70 mm, si ottiene:

$$P = 0,006 \times Q^2 = 0,006 \times 25 = 0,150 \text{ m per metro}$$

e cioè 15 m per 100 m, pari a circa 1,5 atm ogni 100 metri. Quindi la perdita di carico sulla lunghezza complessiva è di $1,5 \times 4 = 6$ atm e richiede alla pompa, per mantenere l'erogazione supposta di 500 litri al l', una pressione di $6 + 5,5 = 11,5$ atm.

2) Con un tubo da 45 mm, applicando la formula relativa, otterremo invece:

$$P = 0,054 \times 25 = 1,35 \text{ m per m} = 135 \text{ m per 100 m} = 13,1 \text{ atm ogni 100 m e cioè in totale } 13,1 \times 4 = 52,4 \text{ atm}$$

perdita non compatibile colle caratteristiche delle pompe da incendio e con la resistenza dei tubi di canape. Si abbia presente nel calcolo, che 10 m d'acqua corrispondono ad un'atmosfera metrica (1 Kg per cm^2), mentre l'atmosfera normale corrisponde a 10,33 m d'acqua (3,033 Kg per cm^2), perciò, per ricavare dai Kg per cm^2 le atmosfere, occorre dividere per 1,033.

3) Usando due tubi da 45 mm, ciascuno di essi avrebbe una portata di l 250 e perciò, applicando la formula relativa, otterremmo:

$$P = 0,054 \times 2,5^2 = 0,34 \text{ m per m} = 34 \text{ m per 100 m} = 3,3 \text{ atm ogni 100 m e cioè in totale a } 3,3 \times 4 = 13,2 \text{ atm}$$

che aggiunte alla pressione alla lancia, che si suppone ancora di 5,5, richiedono una pressione complessiva alla pompa di $13,2 + 5,5 = 18,7$ atmosfere.

Pertanto concludiamo che con due tubi da 45 mm la perdita di carico è alquanto superiore a quella che si verifica in un tubo da 70 mm.

Ripetendo il calcolo per tre tubi da 45 mm, si ricava che la perdita di carico relativa corrisponde esattamente a quella rilevata per il tubo da 70 mm, per cui può trarsi l'interessante conclusione che sostituendo in uno stendimento di tubazioni per incendio tre tubi paralleli da 45 mm con uno da 70, la complessiva perdita di carico del sistema rimane invariata.

Dalle considerazioni ed esemplificazioni esposte, si deduce che per lunghi stendimenti di tubazione, conviene adoperare in genere fin presso l'incendio, tubazioni di grande diametro e possibilmente con superficie interna gommata.

DIAGRAMMI E TABELLA

A scopo dimostrativo e di pratica consultazione sono riportati al termine delle presenti note d'idraulica, due diagrammi e una doppia tabella, di cui si danno alcune notizie di chiarimento. Notisi che nei diagrammi la pressione è indicata in kg per cmq (atmosfera metrica), unità di misura più pratica dell'atmosfera e leggermente inferiore ad essa ($\text{atm} = 1,033 \text{ kg per cmq}$).

Per ricavare dai kg per cm² il numero delle atmosfere, occorre, come è stato detto, dividere per 10,33.

Nei diagrammi la linea verticale a sinistra è detta *asse delle ordinate* e quella orizzontale in basso *asse delle ascisse*.

Diagramma I. — Portata delle lance da incendio in rapporto al diametro dell'orificio ed alla pressione di efflusso.

L'asse delle ordinate indica la pressione all'orificio in Kg per cmq e quello delle ascisse la portata della lancia in l in m'.

Il punto di intersezione della curva relativa all'orificio, con la linea orizzontale corrispondente ad una determinata pressione, indica in litri al minuto primo, la portata della lancia relativa a quella pressione. Tale portata si legge in basso, al piede della linea verticale corrispondente all'incrocio; allo stesso modo il punto di incrocio della curva citata con la linea verticale corrispondente ad una determinata portata, indica, orizzontalmente a sinistra, la pressione alla lancia necessaria per ottenere la portata richiesta.

Volendo ad esempio conoscere la portata ad 8 kg per cmq di una lancia con orificio da 20 mm, basta individuare il punto d'incrocio della linea, che corrisponde ad un orificio da 20, con la linea orizzontale che indica la pressione di 8 kg per cmq e leggere la portata richiesta sull'asse delle ascisse, al piede della linea verticale corrispondente all'incrocio. Essa è di circa 750 litri al m'.

Diagramma II. Perdita di carico nelle tubazioni di canape non gommate da 70 e da 45 mm. per ogni 100 m di tubo.

Questo diagramma, serve a calcolare, in base alla quantità dell'acqua che attraversa una tubazione di lunghezza e diametro conosciuti, la perdita di carico che in essa si verifica.

Sia data ad esempio una tubazione da mm 70, avente la lunghezza di ml 160 e la portata di 800 l al m'.

Seguendo la linea verticale che corrisponde alla portata di l 800 (hl 8/m'), si rileva che il suo punto d'incrocio con la linea curva corrispondente ad un tubo da 70 mm, si trova all'altezza della linea orizzontale che corrisponde alla perdita di carico di circa 3,85 Kg/cmq.

Tale perdita si riferisce ad una lunghezza di tubazione di m 100, perciò la complessiva perdita di carico cercata si otterrà moltiplicando 3,85 per $1,6 = 6,16$ Kg/cmq.

Se con pari portata complessiva e pari lunghezza, i tubi da 70 fossero due, la perdita di carico per 100 m risulterebbe di circa 0,90, e quella per 160 m sarebbe di $0,9 \times 1,6 = 1,44$ Kg/cmq.

Tabella delle portate. — La doppia tabella riportata fornisce direttamente in cifre i dati che si possono ricavare anche dal primo diagramma e cioè la portata in litri ottenibile con lance di cui si conosca il diametro dell'orificio e la pressione di deflusso in atmosfere (che si misura con un tubo di Pitot).

La prima tabella serve per pressioni all'orificio non superiori a dieci atmosfere, mentre con la seconda si giunge a venti atmosfere.

La loro consultazione è semplicissima in quanto che la portata richiesta è data, in litri al minuto primo, dal numero posto all'incrocio della riga orizzontale, corrispondente ad un determinato diametro d'orificio, con la colonna corrispondente alla pressione dell'acqua rilevata all'orificio della lancia.

DIAGRAMMA I. — PORTATA DELLE LANCE

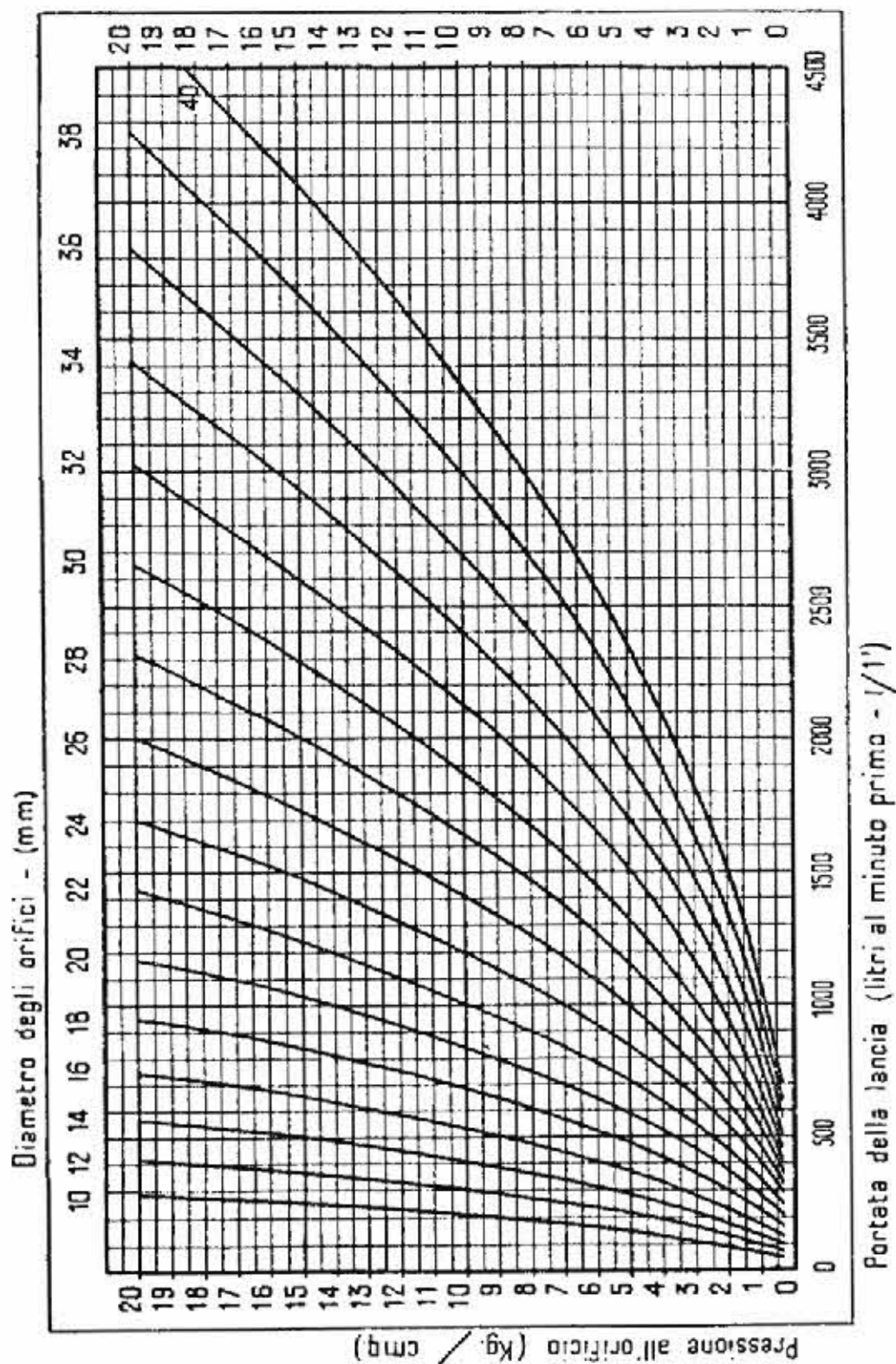


DIAGRAMMA II. — PERDITE DI CARICO

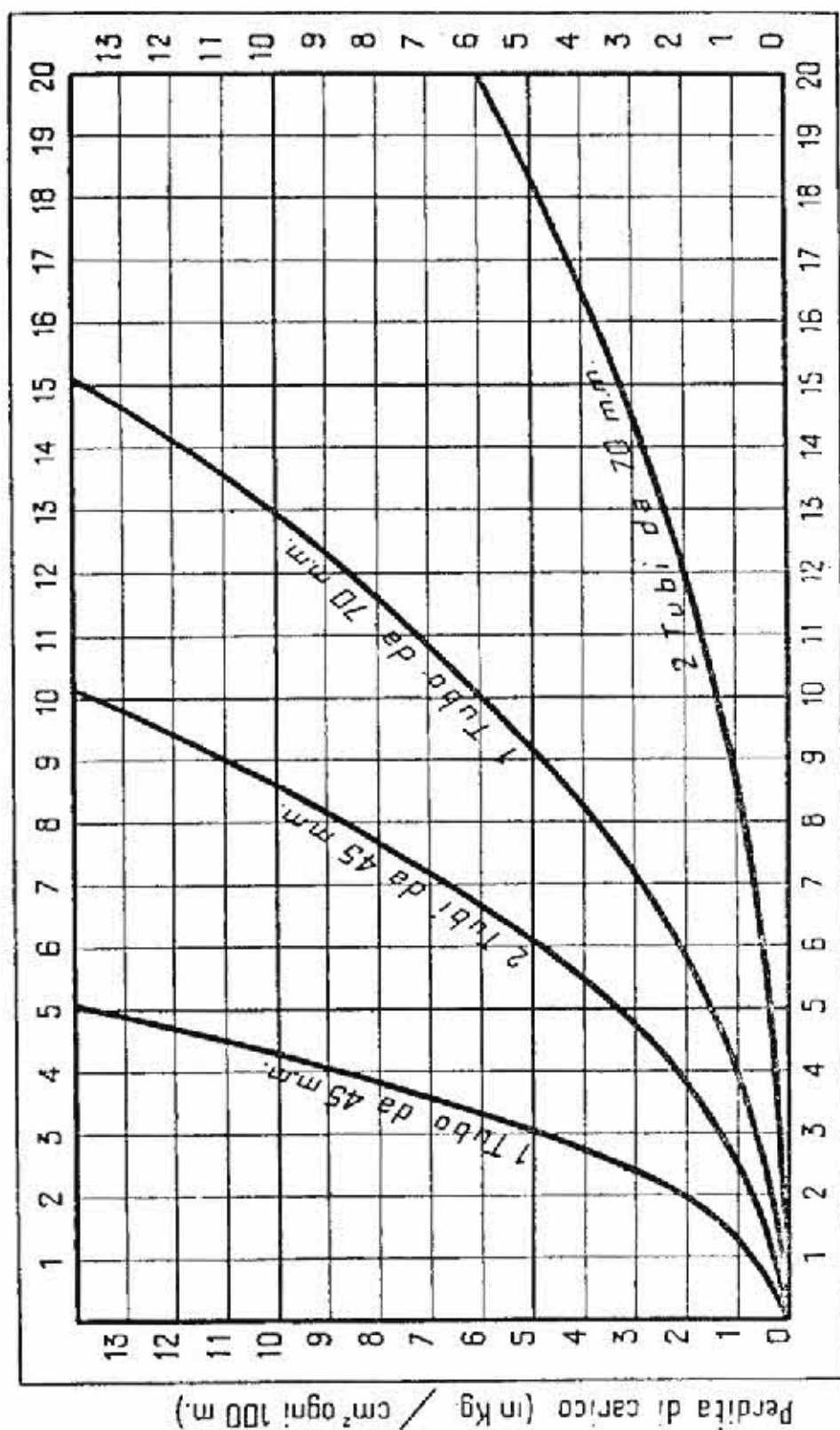


TABELLA DELLE PORTATE

Orificio del bocchello mm.	PRESSIONE ATMOSFERE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	PORTATA IN LITRI AL MINUTO PRIMO									
10	65	93	114	130	147	161	174	186	197	207
11	79	112	138	159	180	195	210	225	238	250
12	93	133	164	189	212	232	251	268	284	299
13	110	156	191	221	247	271	298	313	333	352
14	128	181	222	257	287	314	339	363	386	407
15	144	202	265	295	330	362	390	418	444	467
16	169	238	292	337	377	413	446	477	505	533
17	189	267	328	379	424	464	501	536	570	600
18	207	300	369	426	475	522	563	603	640	675
19	237	335	411	487	525	582	628	672	713	750
20	263	372	456	527	589	646	691	746	790	834
21	290	410	503	591	649	712	768	822	872	918
22	319	450	552	638	723	782	843	903	956	1008
23	348	491	603	697	779	854	921	986	1045	1102
24	379	535	657	750	848	930	1005	1083	1138	1200
25	411	580	712	823	920	1007	1088	1164	1235	1302
26	445	628	770	890	996	1090	1176	1259	1336	1409
27	480	680	830	960	1075	1180	1270	1360	1440	1520
28	515	730	895	1035	1155	1265	1370	1460	1550	1635
29	553	782	960	1110	1240	1358	1465	1568	1663	1753
30	592	839	1028	1187	1325	1453	1570	1678	1780	1875
31	632	895	1096	1265	1415	1552	1680	1792	1900	2005
32	675	955	1170	1350	1510	1655	1785	1910	2025	2135
34	761	1077	1320	1525	1705	1868	2016	2156	2287	2410

PER LANCE D'INCENDIO

Orificio del bocchello mm.	PRESSIONE ATMOSFERE									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	PORTATA IN LITRI AL MINUTO PRIMO									
10	218	227	235	245	255	262	270	278	285	293
11	264	275	285	300	307	317	328	337	346	355
12	315	328	342	354	367	378	390	400	412	423
13	369	384	400	416	430	445	460	471	485	498
14	428	446	465	482	500	515	531	548	562	575
15	490	512	534	554	573	592	610	628	645	663
16	558	584	607	630	651	675	696	715	734	754
17	631	660	686	712	737	761	785	807	830	851
18	707	740	770	798	825	854	880	905	930	955
19	790	823	857	890	920	951	980	1010	1038	1063
20	873	912	950	987	1020	1055	1085	1120	1150	1180
21	964	1007	1047	1086	1125	1163	1200	1233	1267	1300
22	1058	1105	1150	1193	1235	1275	1315	1353	1390	1427
23	1157	1207	1257	1305	1350	1395	1437	1480	1520	1560
24	1260	1315	1370	1420	1470	1520	1565	1613	1655	1698
25	1367	1426	1485	1540	1596	1650	1698	1748	1796	1843
26	1478	1544	1607	1667	1725	1783	1837	1891	1943	1994
27	1595	1665	1735	1800	1861	1923	1982	2040	2095	2150
28	1715	1790	1865	1935	2005	2068	2130	2193	2252	2315
29	1840	1920	2000	2075	2148	2220	2285	2355	2320	2480
30	1968	2056	2140	2220	2300	2375	2447	2520	2587	2655
31	2102	2195	2285	2370	2455	2535	2615	2690	2765	2835
32	2240	2340	2435	2527	2615	2700	2785	2865	2945	3020
34	2530	2640	2750	2854	2953	3050	3145	3235	3325	3410

VIII.

CALORE E TEMPERATURA

Quando si tocca un oggetto qualunque, si riporta una sensazione di caldo oppure di freddo. Alla causa di queste sensazioni si dà il nome di calore.

Senza entrare in merito alla natura del calore, consideriamo invece gli effetti che l'azione del calore produce sui corpi.

EFFETTI DEL CALORE SUI CORPI

Tutti i corpi, semplici e composti, col variare della temperatura e della pressione, passano dall'uno all'altro dei tre stati fisici: solido, liquido e gassoso; ma nei limiti di esistenza di una delle tre fasi si hanno dei fenomeni che è opportuno esaminare.

La principale azione del calore sui corpi è quella di farli variare di volume; la classica esperienza della pallina metallica che, se fredda, passa attraverso ad un anello, e viceversa non vi passa più quando viene scaldata, ne è una chiara dimostrazione.

L'esperienza ci insegna inoltre che, se un corpo freddo viene posto a contatto con uno caldo, il primo si riscalda ed il secondo si raffredda fino a che i due corpi non hanno acquistato, come si dice, lo stesso *stato termico o temperatura*.

Ciò sta a dimostrare che il calore passa, per contatto, da un corpo all'altro.

MISURAZIONE DELLO STATO TERMICO O TEMPERATURA DEI CORPI

Lo stato termico si determina mediante strumenti chiamati indicatori termici e basati sulla modificazione di alcune proprietà fisiche che i corpi subiscono per effetto del calore.

Una bottiglietta di vetro con collo lungo e sottile, parzialmente riempita di un liquido qualunque, costituisce un indicatore termico. Infatti se portiamo la bottiglietta a contatto con un corpo qualsiasi, dopo un certo tempo il liquido, che si sarà dilatato o contratto, assumerà un certo livello fisso. Portando poi l'indicatore a contatto con un altro corpo, se il livello del liquido assume la medesima posizione possiamo dire che i due corpi hanno lo stesso *stato termico* o la stessa *temperatura*, nel caso contrario si dirà che i due corpi hanno temperature diverse.

Si è trovato utile nella pratica non soltanto di stabilire l'uguaglianza o la disuguaglianza tra le temperature dei vari corpi, ma anche di rappresentare il loro stato termico con dei numeri.

Gli strumenti atti a tale scopo sono detti *termometri*.

Termometri.

Il più comune dei termometri è quello basato sulla dilatazione di un liquido adatto (sostanza termometrica), che in generale è costituito da mercurio, alcole o toluolo. Il termometro è per solito costituito da un cannello di vetro, con foro capillare calibrato, terminante in basso con una cavità sferica o cilindrica detta *bulbo*.

Nel bulbo e in una parte del cannello si trova la sostanza termometrica.

Il tubo termometrico è graduato; la graduazione più usata è quella *centigrada* o di Celsius.

Questa graduazione è basata sul fatto che la temperatura alla quale si manifestano i cambiamenti di stato di un dato corpo è sempre fissa ed indipendente dalla temperatura dell'ambiente.

I punti fissi adottati nella graduazione centigrada sono: la temperatura del ghiaccio fondente ($= 0$) e quella del vapore d'acqua bollente, alla pressione atmosferica normale ($= 100$).

L'intervallo fra 0° e 100° , viene diviso in 100 parti uguali e ciascuna di esse si chiama centigrado. La gradazione viene, quando occorre, prolungata al disopra di 100° e al disotto di 0° (1).

Con questo strumento la temperatura dei corpi può essere rappresentata da un numero. Così se immergendo il termometro in un liquido si vede che la sostanza termometrica arriva al numero 50, diremo che la temperatura del liquido è di 50 gradi centigradi.

(1) In alcuni paesi sono adottate scale termometriche diverse da quella centigrada; citeremo la scala Réaumur nella quale la temperatura del ghiaccio fondente è ancora indicata con 0° , mentre quella dell'acqua bollente corrisponde a 80°R e la scala Fahrenheit, nella quale la temperatura del ghiaccio fondente corrisponde a 32°F e quella dell'acqua bollente a 212°F .

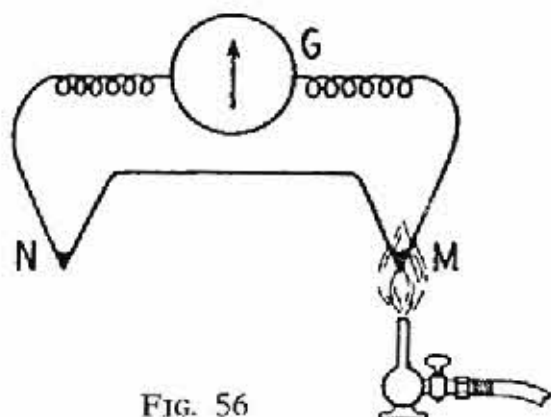
Per misurare temperature molto basse, poichè il mercurio solidifica a $38^{\circ},87$ sotto zero, si adoperano come sostanze termometriche il toluolo o il pentano liquido, che permettono di misurare temperature fino a 200° sotto zero.

Per certe determinazioni meteorologiche vengono usati i termometri a massima e a minima i quali, mediante appositi dispositivi, permettono di stabilire la massima e la minima temperature, raggiunte da un corpo in un dato periodo di tempo.

Pirometri.

Per misurare temperature molto alte si ricorre ad apparecchi fondati su principi differenti, e detti in generale *pirometri*.

Un tipo di pirometro è quello basato sull'effetto termoelettrico. Se si hanno due fili metallici composti di sostanze differenti, quali ad esempio il rame ed il ferro, e saldati nei punti *M* ed *N*, è stato rilevato che, mantenendo a temperatura ordinaria la saldatura *N* e scaldando la saldatura *M*, nasce nel circuito formato dai due fili una corrente elettrica, la cui intensità, è



proporzionale alla differenza di temperatura fra le due saldature, e può essere valutata dal galvanometro *G*. Essa ci consente pertanto, mediante un'opportuna tabella, di conoscere la temperatura in *M*.

DILATAZIONE TERMICA DEI CORPI

Dilatazione dei solidi.

La dilatazione dei corpi solidi avviene, proporzionalmente alla temperatura e alle dimensioni iniziali del corpo, ma dipende dalla sostanza di cui è costituito il corpo stesso.

In altre parole la dilatazione, che cresce col crescere della temperatura, è più sensibile nella direzione della maggior dimensione del corpo.

Il numero che esprime per ciascun corpo la dilatazione sull'unità di lunghezza del corpo stesso, dovuta al riscaldamento di un grado, si chiama *coefficiente di dilatazione* e si indica con la lettera λ (per il rame $\lambda = 0,000017$; per il ferro $\lambda = 0,000012$; per il vetro $\lambda = 0,000002$).

Secondo quanto abbiamo esposto, siamo in grado, conoscendo il valore di λ e la lunghezza l_0 di un filo o di una sbarra, di determinare l'allungamento di essa ad una temperatura qualunque t .

Infatti, se per l'aumento di un grado l'unità di lunghezza aumenta di λ , per t gradi aumenterà di λt , e perciò sarà $l_0 \lambda t$ l'allungamento subito dalla sbarra di lunghezza l_0 . Avremo quindi

$$l_t = l_0 + l_0 \lambda t$$

cioè

$$l_t = l_0 (1 + \lambda t)$$

Per effetto del riscaldamento, come abbiamo già detto, tutte le dimensioni di un corpo aumentano con conseguente aumento di volume. Con una relazione analoga a quella trovata per la dilatazione lineare, si potrà perciò valutare la dilatazione cubica.

Dilatazione dei liquidi.

In generale i liquidi si dilatano più dei solidi. Tale dilatazione che si manifesta, come è ovvio, con aumento di volume, è espressa da una relazione analoga a quella dei solidi.

Per quanto si riferisce all'acqua, si riscontra un'anomalia; infatti, a partire da 0° e fino a 4° , l'acqua, anzichè dilatarsi, diminuisce di volume col crescere della temperatura; oltre i 4° , per un ulteriore aumento di temperatura, l'acqua si dilata regolarmente nel modo già detto.

Dilatazione dei gas.

I gas si dilatano per effetto del calore molto più dei solidi e dei liquidi; inoltre hanno la particolarità che il coefficiente di dilatazione α può ritenersi praticamente uguale per tutti i gas. Il suo valore è, con buona approssimazione, il seguente:

$$\alpha = 0,00367 = \frac{1}{273}$$

In altre parole tutti i gas, scaldati a pressione costante, aumentano di volume, per ogni grado, di $\frac{1}{273}$ del volume iniziale.

QUANTITÀ DI CALORE

Abbiamo già detto che, se un corpo caldo viene posto a contatto con un corpo freddo, il primo si raffredda ed il secondo si riscalda, fino ad avere nei due corpi una stessa temperatura; ha luogo quindi un processo in cui qualcosa passa da un corpo all'altro (la scienza ha identificato questo qualcosa come una forma di energia, detta energia termica o calore). Diremo quindi che quando un corpo si raffredda *perde calore*, mentre quando si riscalda *assorbe calore*.

Apparecchi appositi permettono di valutare la *quantità* di calore perduta o acquistata da un corpo, e si è assunta come unità di misura la *caloria* che corrisponde alla quantità di calore capace di riscaldare di un grado un Kg di acqua, o meglio di portare un chilogrammo di acqua da 14°,5 a 15°,5 gradi di temperatura.

Si suol talora adoperare la millesima parte della caloria che si chiama *piccola caloria*.

La quantità di calore che bisogna fornire ad un corpo perchè la sua temperatura aumenti di un certo numero di gradi varia secondo la natura del corpo stesso. Ogni corpo ha quindi un proprio *calore specifico*, che si definisce come la quantità di calore che bisogna somministrare a un chilogrammo della sostanza per innalzarne la temperatura di un grado.

L'acqua è una delle sostanze che ha il calore specifico più alto; quindi per riscaldarsi assorbe una grande quantità di calore, ed è per questo che essa ha un così alto potere raffreddante e di conseguenza una notevole efficacia nello spegnimento degli incendi.

PROPAGAZIONE DEL CALORE

Se di una sbarra qualunque si riscalda un estremo, a poco a poco il calore si propaga fino all'altro estremo. Tale propagazione avviene più o meno lentamente a seconda della natura dei corpi; in alcuni, detti *isolanti* o *cattivi conduttori*, avviene in modo quasi insensibile (vetro, legno, ecc.) mentre in altri, detti *buoni conduttori*, avviene assai rapidamente (rame, alluminio, ferro, ecc.).

Per rendersi conto di questo fatto basta osservare che non si può tenere impunemente in mano l'estremità di un filo di rame scaldato all'altra estremità, mentre questo può farsi con un filo di ferro e, meglio ancora, con una bacchetta di vetro o con un pezzo di legno.

Quando, come avviene in generale nei corpi solidi, il calore si trasmette dagli strati riscaldati a quelli immediatamente a contatto, senza alterazione o spostamento della materia del corpo, si dice che il calore si propaga per *conduzione*.

Può avvenire altresì che il riscaldamento di una regione del corpo provochi un movimento della materia dalle regioni più calde a quelle più fredde, con che la materia in movimento comunica il calore alle regioni che va man mano attraversando e infine a tutta la massa del corpo. Questo modo di propagazione, che avviene per il solito nei liquidi o nei gas, si dice per *convezione*. Il riscaldamento dei locali di abitazione con i comuni caloriferi, è per l'appunto prodotto dal movimento dell'aria intorno ad essi, movimento dovuto al fatto che l'aria riscaldandosi si dilata, perciò diventa più leggera e tende a salire in alto.

I movimenti delle particelle liquide o gassose, che in tal modo si verificano, si dicono *moti convettivi*.

Infine si osserva che un corpo più caldo può determinare il riscaldamento di un corpo più freddo senza che vi sia contatto diretto e senza che fra i due corpi sia interposto un mezzo ponderabile. Si dice allora che il calore si propaga per *irraggiamento*. È appunto in tal modo che il sole trasmette attraverso allo spazio il calore alla terra ed a tutti i pianeti.

CAMBIAMENTO DI STATO DEI CORPI

È noto che tutte le sostanze si possono presentare in tre diversi stati di aggregazione: *solido, liquido e gassoso*, ed è noto altresì che, mediante il calore, è possibile far passare un corpo dallo stato solido allo stato liquido (*fusione*) o viceversa (*solidificazione*), come pure è possibile produrre la *evaporazione* di un liquido o la *liquefazione* di un gas.

Fusione e solidificazione.

Si ha la fusione quando, per azione del calore, un corpo dallo stato solido passa allo stato liquido; questo fenomeno, benchè possa considerarsi di carattere generale, pure presenta delle eccezioni per quelle sostanze ad esempio che, per effetto del calore, si decompongono, oppure per quelle che passano direttamente dallo stato solido allo stato gassoso.

Inoltre, nel fenomeno della fusione, non tutti i corpi si comportano allo stesso modo. Alcuni di essi infatti, prima di passare allo stato liquido, attraversano una serie di stati intermedi, cioè assumono il così detto stato pastoso (es.: ceralacca), mentre la normale fusione avviene rapidamente, senza passaggi di stato intermedi.

Per provocare la fusione di un corpo è necessario fornirgli calore fino a che non venga raggiunta una determinata temperatura (*temperatura di fusione*), alla quale ha inizio la fusione. Da questo momento, fino alla completa fusione del corpo, la temperatura rimane costante.

Si dice *calore di fusione* la quantità di calore assorbita da un chilogrammo della sostanza per passare dallo stato solido allo stato liquido.

Quando invece un corpo allo stato liquido viene raffreddato, raggiunta una certa temperatura, si solidifica.

Tutti i corpi, nel fondere, subiscono una variazione di volume; ordinariamente si ha aumento di volume; fanno eccezione l'acqua (che, come si sa, ha un volume maggiore allo stato solido che allo stato liquido), e poche altre sostanze.

Sulla temperatura a cui avviene la fusione, detta *punto di fusione*, influisce anche la pressione, nel senso che, coll'aumentar della pressione, si ha un aumento del punto di fusione in quei corpi che, fondendo, aumentano di volume, mentre invece il punto di fusione si abbassa per quelli che, nel fondere, diminuiscono di volume.

Caratteristico è il comportamento delle leghe nel fenomeno della fusione: in generale infatti una lega fonde a temperatura inferiore al punto di fusione di tutti i suoi componenti.

Vaporizzazione ed ebollizione.

In generale tutte le sostanze liquide e solide hanno una certa tendenza a passare allo stato di vapore; tendenza che è più manifesta nei liquidi che nei solidi. Ciò è dovuto al fatto che alla superficie dei corpi si produce la cosiddetta tensione di vapore. Il fenomeno del passaggio dei liquidi allo stato di vapore prende il nome di *evaporazione*. Il passaggio di un corpo solido direttamente allo stato di vapore, e cioè senza liquefarsi, dicesi invece *sublimazione*. Questa emissione di vapore, quando ha luogo in uno spazio chiuso, non continua indefinitamente, perchè, ad un certo momento, si raggiunge l'equilibrio fra liquido (o solido) e vapore, essendosi il vapore sufficientemente concentrato: *vapore saturo*.

L'evaporazione aumenta con la temperatura e, quando la tensione di vapore uguaglia la pressione atmosferica, si ha l'ebollizione.

Questo ci spiega perchè, variando la pressione atmosferica, varia il punto di ebollizione dei liquidi. Per esempio l'acqua in alta montagna bolle a meno di 100 gradi, e viceversa, in una caldaia in pressione, bolle a temperature più elevate.

Liquefazione dei gas.

Il passaggio dallo stato di vapore allo stato liquido può aversi per raffreddamento (*condensazione*). Si può agevolare tale passaggio sottoponendo il gas a pressione, ma la pressione sola non basta, se il gas non si trova a temperatura inferiore alla così detta *temperatura critica*, che è appunto quella temperatura — diversa da un gas all'altro — al di sopra della quale non è possibile liquefare un gas.

La temperatura critica dell'anidride carbonica è 31°, mentre quella dell'aria è di 140 gradi sotto zero.

Quando si comprime un gas, questo si riscalda e, se noi gli sottraiamo il calore prodotto, quando il gas torna ad espandersi assorbe calore dall'ambiente circostante producendo un raffreddamento.

Il ben noto fenomeno della produzione di neve di anidride carbonica avviene perchè il raffreddamento provocato dalla espansione del gas è talmente forte che fa solidificare anche parte del gas stesso.

Come è noto su questo principio è basato il funzionamento degli estintori a neve di anidride carbonica.

EQUIVALENTE MECCANICO DELLA CALORIA E CENNI SULLA TERMODINAMICA

Se osserviamo ad esempio che: quando si lima un pezzo di ferro questo si riscalda, quando si strofina un fiammifero sulla scatola si produce tanto calore da farlo accendere, ecc., ci si persuade agevolmente che il calore può essere prodotto anche da azioni meccaniche. I fisici hanno anzi stabilita un'esatta relazione fra il lavoro compiuto e il calore prodotto, determinando il cosiddetto *equivalente meccanico della caloria*: una caloria è equivalente a 427 Kgm.

Ciò significa che, con un lavoro pari a 427 chilogrammetri si può produrre una quantità di calore pari ad una caloria.

Il principio fondamentale della conservazione dell'energia (energia in natura non si disperde, ma si trasforma), ci dice come si possa passare da una forma di energia ad un'altra; così nelle macchine, dette termiche, si sfrutta l'energia calorifica per avere energia meccanica.

La macchina termica in altre parole è un dispositivo col quale è possibile trasformare il calore in energia meccanica, capace di fare un lavoro. Tali sono ad esempio la motrice a vapore ed il motore a scoppio.

Però in pratica tale trasformazione non è mai completa, poichè una parte del calore fornito sfugge alla trasformazione stessa. Si chiama *rendimento* di una macchina termica il rapporto fra la quantità di calore effettivamente trasformato in lavoro e la quantità di calore totale fornita dal combustibile.

SORGENTI DI CALORE

Oltrechè per via meccanica, nel modo anzidetto, il calore può essere ottenuto per trasformazione dell'energia elettrica, come avviene nei comuni apparecchi elettrodomestici di riscaldamento.

La fonte di calore praticamente più diffusa è tuttavia quella dovuta alle reazioni chimiche dei corpi.

Tali reazioni prendono comunemente il nome di *combustioni*.

Le sostanze combustibili bruciando sviluppano una diversa quantità di calore.

Si chiama *potere calorifico* di un combustibile la quantità di calore, espressa in calorie, che un chilogrammo del combustibile può sviluppare, bruciando completamente.

Nella seguente tabella riportiamo il valore del potere calorifico per i combustibili più comuni.

Idrogeno	34600
Metano	13060
Gas illuminante	8000-11000
Ossido di carbonio	2400
Benzina	10400
Olio Diesel	10300
Alcool	6850
Solfuro di carbonio	3400
Cera	9000
Antracite	8000
Litantrace	7500
Lignite	4200-6000
Carbone di legna	7000-8000
Legna secca	3600
Coke	6900-7100

Nei focolari comuni ed in genere negli apparecchi di combustione, non viene però utilizzata che una frazione del potere calorifico dei combustibili; frazione che in genere non supera l'80%.

NOZIONI ELEMENTARI DI MAGNETISMO E DI ELETTRICITA'

CENNI SUL MAGNETISMO

Alcuni corpi, specialmente metallici, hanno la proprietà di attirare pezzetti di ferro o di nichel; tali corpi si chiamano *magneti* o *calamite*, e la proprietà anzidetta prende il nome di potere magnetico o *magnetismo*.

Altre sostanze, come l'acciaio, hanno la proprietà di acquistare il potere magnetico, quando vengano strofinate per un certo tempo e sempre nello stesso verso, sopra una calamita.

L'esperienza dimostra che l'attrazione magnetica si manifesta solo agli estremi della sbarra magnetizzata, che vengono chiamati *poli* della calamita.

L'esperienza pone inoltre in evidenza come uno degli estremi della sbarra, quando questa possa ruotare liberamente su di un perno, si dirige costantemente nella direzione del *nord* della terra; esso viene chiamato *polo nord*, mentre l'altro estremo, che si dispone nell'opposta direzione, si chiama *polo sud*.

Il fatto che uno dei poli della calamita si dirige costantemente verso il polo nord, è stato dai tecnici utilizzato per la fabbricazione di quegli apparecchi che si dicono *bussole* e che servono per l'orientamento.

Si chiama *campo magnetico* di una calamita lo spazio entro il quale è risentita l'azione di essa. Questo fatto può essere messo chiaramente in evidenza mediante i cosiddetti spettri magnetici, che si ottengono ponendo un foglio di carta orizzontale su di una calamita e poi versando su di esso lentamente della limatura di ferro. Si vedrà in tal modo la limatura disporsi secondo linee che, partendo da un polo della calamita, si allargano nello spazio intermedio fra i due poli e poi nuovamente si infittiscono giungendo all'altro polo.

Le linee, tanto più fitte quanto più il campo magnetico è intenso, si dispongono secondo la direzione del *flusso magnetico*, che da un polo della calamita va all'altro polo, quasi a indicarne l'effettivo passaggio.

Ponendo una calamita o bussola nel campo magnetico di un'altra, si riscontra un'altra peculiare caratteristica del magnetismo: l'attrazione dei poli di segno contrario e la repulsione dei poli dello stesso nome.

A questa proprietà del magnetismo è dovuto il funzionamento della bussola; la terra infatti, contenendo molto materiale magnetico, può considerarsi come un'immensa calamita, il cui polo sud è prossimo al polo nord geografico, perciò il polo nord della bussola, attratto dal polo di nome contrario della calamita terrestre, si dirige costantemente verso il nord.

Come l'acciaio, anche il ferro, posto in un campo magnetico, si magnetizza e questo fenomeno si chiama *induzione magnetica*.

È da osservare però che, mentre l'acciaio resta magnetizzato per lungo tempo e si dice dotato di *magnetismo permanente*, il ferro, allontanato dal campo magnetico, si smagnetizza, ossia è dotato di *magnetismo temporaneo*.

ELETTRICITÀ

GENERALITÀ

Il filosofo Talete di Mileto, vissuto parecchi anni a. C., mostrò come l'ambra, resina fossile, strofinata con lana, acquistasse la proprietà di attirare corpuscoli leggeri. Tale potere, dal nome dell'ambra, che in greco si chiama *electron*, fu chiamato elettricità. Lo stesso risultato si ottiene anche strofinando con la lana una bacchetta di vetro, di ceralacca e di altre sostanze, mentre non si verifica con un'asta di metallo. Però, se quest'ultima è munita di un manico di legno ben secco, oppure di vetro, l'esperienza riesce anche in questo caso. Questi fatti si spiegano ammettendo che lo stato elettrico, destato mediante lo strofinio in una zona della superficie esterna dell'ambra o del vetro, si mantiene circoscritto in tale zona; mentre, nel caso del metallo, lo stato elettrico si propaga a tutto il corpo e si disperde.

L'ambra, il vetro ed i corpi che conservano le cariche elettriche si dicono *isolanti*, mentre il ferro ed i metalli in genere, si dicono *conduttori*.

Con facili esperienze si può mettere in evidenza come lo stato elettrico del vetro sia diverso da quello dell'ambra; il vetro si dice carico di elettricità *positiva* (+), e l'ambra di elettricità *negativa* (—).

È facile dimostrare che due corpi, carichi di elettricità di segno contrario, si attirano, mentre due corpi, elettrizzati con elettricità dello stesso segno, si respingono.

Il fenomeno è analogo a quello già considerato per il magnetismo.

L'elettricità nei corpi conduttori, come ha dimostrato l'italiano Beccaria, risiede sulla superficie esterna del corpo, e si dice *densità elettrica* la quantità di elettricità che si trova sull'unità di superficie. Un conduttore può essere più o meno capace di contenere, distribuita sulla sua superficie, dell'elettricità. Quest'ultima proprietà, che varia secondo i corpi, prende il nome di *capacità elettrostatica*. Si dimostra che tale capacità cresce proporzionalmente alla superficie del conduttore stesso, e che essa inoltre aumenta, disponendo a breve distanza altri corpi conduttori.

Tale proprietà è stata utilizzata nella pratica, per accumulare o condensare l'elettricità, disponendo a brevissima distanza fra loro delle superfici metalliche cariche di elettricità di segno contrario e separate da una sostanza isolante.

I cosiddetti *condensatori*, quali la bottiglia di Leyda, sono basati su questo principio; condensatori di tipi e forme diverse sono pure montati negli apparecchi radioriceventi.

CORRENTE ELETTRICA

Anche l'elettricità, come il calore, tende a passare, per contatto, da un corpo più elettrizzato ad un altro meno elettrizzato, finché si è stabilito fra i due corpi uno stato di equilibrio.

Questo passaggio di elettricità prende il nome di *corrente elettrica*. Come il calore passa da un corpo all'altro tanto più rapidamente quanto maggiore è la differenza di temperature fra due corpi e minore è la resistenza che essi oppongono al passaggio del calore stesso, così la corrente elettrica è tanto più intensa quanto maggiore è la differenza di concentrazione elettrica nei corpi posti a contatto e quanto minore è la resistenza che essi presentano al passaggio dell'elettricità.

L'intensità della corrente elettrica, e cioè la quantità di elettricità che passa attraverso ad un conduttore in un dato tempo, viene misurata in *Ampère* (A), la concentrazione elettrica viene chiamata *tensione* o *potenziale* e viene misurata in *Volt* (V), infine la resistenza offerta dal conduttore al passaggio dell'elettricità viene misurata in *Ohm* (Ω).

Fra parentesi sono stati indicati i segni convenzionali o simboli di queste tre fondamentali unità di misura, che hanno preso il nome di tre illustri scienziati.

Un chiaro concetto della corrente elettrica, può essere reso anche mediante il confronto con il passaggio dell'acqua da un recipiente ad un altro con esso comunicante, nel quale il livello dell'acqua sia più basso. Constateremo in tal caso che il passaggio dell'acqua durerà fino a che l'acqua abbia raggiunto nei due vasi il medesimo livello, allo stesso modo della corrente elettrica che ha luogo fino a quando i due corpi hanno uguagliato il loro potenziale.

Inoltre, considerando nuovamente il circuito idrico, si ricorda che la quantità d'acqua, che passa nell'unità di tempo da un recipiente all'altro, è direttamente proporzionale alla differenza di livello e inversamente proporzionale alla resistenza incontrata dall'acqua nel tubo di comunicazione.

Allo stesso modo, per l'elettricità si osserva che l'intensità elettrica (I) è tanto maggiore quanto più grande è la differenza di po-

Nota. — Supponiamo infatti, sapendo che il potenziale della batteria di un autoveicolo è di sei Volta, e che la resistenza della campana elettrica di segnalazione è un quarto di Ohm, di voler conoscere l'entità della corrente assorbita dalla campana nel suo funzionamento. Applicando la formula 2 e ponendo al posto del potenziale V il numero 6 e della resistenza R il numero 0,25, otterremo: $I = \frac{6}{0,25} = 24$.

Perciò l'intensità della corrente assorbita dalla campana sarà di 24 Ampère.

Dedurremo quindi che, se la batteria è di 60 Ampère-ora (Ah) — e cioè può fornire 60 Ampère per la durata di un'ora o un Ampère per la durata di 60 ore — potremo azionare la campana per la durata di due ore e mezza.

tenziale elettrico o voltaggio (V) fra i due corpi e minore la resistenza del conduttore (R), che li unisce.

La relazione fra questi tre elementi, scoperta dall'insigne fisico Ohm, è espressa dall'importante formula

$$V = R I \quad \text{oppure} \quad I = \frac{V}{R} \quad \text{od} \quad R = \frac{V}{I}$$

che, in un circuito elettrico permette di ricavare l'elemento incognito, noti che siano gli altri due. (vedere esempio nella nota).

CIRCUITO ELETTRICO

L'elettricità, al pari del calore ed al pari dell'acqua che scende da un livello elevato ad un altro più basso, è in grado di produrre un lavoro utile.

Perchè ciò sia suscettibile di una pratica utilizzazione è però necessario che il passaggio dell'elettricità nel conduttore, non sia istantaneo, ma avvenga in modo continuo; occorre cioè che si stabilisca un flusso continuo di elettroni.

Riprendendo la similitudine dell'acqua, si osserva che, come l'acqua passando da un livello maggiore ad uno minore, per compiere un lavoro utile, in una centrale elettrica, in un mulino, od in un'altra istallazione idraulica, deve continuare a defluire, così l'elettricità deve continuamente rinnovarsi e cioè essere generata in quantità corrispondente al consumo.

Ciò viene realizzato mediante i *generatori di corrente* di cui i più usati sono: le *pila*, le *dinamo* e gli *alternatori*.

I generatori, per mezzo di fili metallici o conduttori, vengono posti in comunicazione con gli apparecchi di consumo o di utilizzazione: lampade per illuminazione, motori, apparecchi termici, ecc., per cui la corrente generata, partendo dal generatore a potenziale elevato, supera la resistenza dei conduttori, giunge all'apparecchio di consumo, e infine ritorna con potenziale basso all'apparecchio generatore, percorrendo un circuito, che viene chiamato *circuito elettrico*.

GENERATORI DI CORRENTE ELETTRICA

L'illustre fisico italiano Alessandro Volta, con l'invenzione della famosa pila, creò il più semplice, ma più completo generatore di corrente. Immergendo in un bicchiere d'acqua, acidulata con alcune gocce di acido solforico, una lastrina di rame ed una di zinco, otteniamo una pila simile a quella ideata da Volta (1).

(1) La famosa Pila di Volta, detta a colonna, era invero costituita da una successione di dischi di rame e di zinco sovrapposti e separati da dischi di panno imbevuti di acqua acidulata con acido solforico.

Se colleghiamo con un filo di rame la lastra di zinco a quella di rame e inseriamo nella linea una piccola lampada elettrica, questa si accende e rimane accesa per un certo tempo, dimostrando con ciò che la corrente elettrica permane e che perciò, in base ai concetti esposti, la pila costituisce un generatore di corrente. Il rame forma il polo positivo della pila e lo zinco quello negativo. Il potenziale che si ottiene con una pila, come quella descritta, è di circa un Volta. Se varie pile così costruite vengono riunite collegando il polo positivo dell'una con il negativo dell'altra, otteniamo una batteria di pile, e agli estremi del complesso avremo una differenza di potenziale pari alla somma del potenziale di ciascuna pila.

Le pile si costruiscono di vari tipi; rammenteremo la pila *Daniell* simile a quella descritta, quella *Italiana* a due liquidi (acido solforico e solfato di rame), la pila *Grenet* con elettrodi di zinco e carbone di storta immersi in una soluzione di bicromato di potassa, ecc. Nelle notissime *pila a secco* il liquido è reso consistente per mezzo di sostanze inerti, quali la segatura ed altre analoghe.

EFFETTI DELLA CORRENTE ELETTRICA

Effetto termico.

Un conduttore, che offre resistenza al passaggio della corrente, si riscalda. Le così dette valvole fusibili, sono poste a protezione dei circuiti per impedire il passaggio di una corrente troppo intensa.

Esse sono costituite da tratti di filo di piombo di diametro opportuno che vengono inseriti nei circuiti elettrici; quando viene superata l'intensità di corrente stabilita, per effetto del notevole riscaldamento da essa prodotto, i fili di piombo fondono, interrompendo il circuito elettrico.

Effetto chimico.

Alcuni corpi (acidi, basi e sali), allo stato liquido o disciolti nell'acqua, sono conduttori di corrente elettrica, però al passaggio di questa, si decompongono. Il fenomeno è detto *elettrolisi*. Per mezzo dell'elettrolisi, entro speciali apparecchi detti *voltametri*, l'acqua, ad esempio, si decompone nei suoi elementi idrogeno ed ossigeno. Su questo fatto si basano alcune applicazioni importantissime quali la *galvanoplastica*, la *galvanostagia* e gli *accumulatori elettrici*.

In questi ultimi, che non sono altro che voltametri a elettrodi di piombo immersi in una soluzione di acido solforico, il passaggio della corrente elettrica di carica determina un'alterazione instabile del piombo con accumulazione di elettricità (carica dell'accumulatore); la corrente viene ceduta poi dall'accumulatore, in quanto che gli elettrodi tendono a riprendere lo stato iniziale (scarica dell'accumulatore).

Effetto magnetico

Un conduttore percorso dalla corrente e teso parallelamente ad un ago magnetico, determina una deviazione di questo tanto maggiore quanto più intensa è la corrente. Tale fenomeno è detto di *induzione*. Su di esso si basa il funzionamento dei *galvanometri* e degli *amperometri*, che sono apparecchi per la misura della intensità della corrente.

In questi apparecchi la corrente elettrica, passando attraverso ad un conduttore avvolto a spirale, determina, per induzione magnetica, la deviazione di una lancetta che indica sul quadrante graduato la quantità di elettricità che passa nella spirale, perchè la deviazione della lancetta è tanto maggiore quanto maggiore è la intensità della corrente elettrica ovvero sia la quantità di elettricità che percorre nell'unità di tempo il conduttore.

Anche i *voltometri*, che servono per la misurazione del potenziale della corrente, basano il loro funzionamento su questo principio.

Un'altra particolare ed importante applicazione magnetica della corrente è dovuta alle *elettrocalamite*.

Se su di una sbarra di ferro dolce viene avvolto un conduttore percorso da corrente elettrica, si forma intorno ad esso un campo magnetico; si ottiene cioè un elettrocalamita, la quale ha tutte le caratteristiche della calamita, inquantochè i due estremi della sbarra diventano due poli magnetici di segno opposto. Nella figura 57 l'elettrocalamita, anzichè rettilinea, è formata a ferro di cavallo, con doppio avvolgimento elettrico.

La calamitazione della sbarra di ferro dura però quanto il passaggio della corrente, perchè il ferro dolce non può diventare un magnete permanente; se invece la sbarra fosse di acciaio, il potere magnetico durerebbe in essa anche dopo l'interruzione del passaggio della corrente attraverso alla spirale. Le elettrocalamite si prestano a molteplici ed importanti applicazioni. Fra le più note: il campanello elettrico, il telegrafo ed il telefono.

Campanello elettrico. — Nello schema della fig. 57 è indicato l'insieme di un circuito per l'alimentazione di un campanello elettrico.

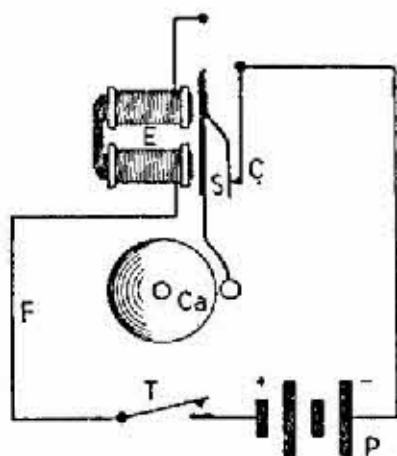


FIG. 57

P è la pila generatrice dell'elettricità che alimenta il circuito; F è il filo conduttore; E è un'elettrocalamita a ferro di cavallo; S è una sbarretta di ferro che viene attratta dai due poli della elettrocalamita, quando la corrente passa lungo il filo conduttore e lungo le due spire o rocchetti che avvolgono il ferro dolce dell'elettrocalamita; M è una molla d'acciaio che tende a staccare la sbarretta dai poli dell'elettrocalamita portandola a contatto del punto C e ristabilendo la continuità del circuito elettrico; Ca è la campana per la produzione del suono; T è il tasto o pulsante, che permette di inviare a volontà la corrente della pila nel circuito, facendo con ciò azionare il campanello.

Brevemente esponiamo il funzionamento pratico dell'insieme: premendo il tasto T, la corrente elettrica, partendo dal polo positivo (+) della pila, arriva lungo il filo all'elettrocalamita E e quindi alla molla M e, passando attraverso alla molletta, perviene al contatto C e poi, percorrendo il conduttore, ritorna al polo negativo (—) della pila.

Per effetto del passaggio della corrente, il ferro dolce dell'elettrocalamita si magnetizza ed attira la sbarretta S, facendo battere la pallina metallica sulla campana.

In tal modo viene però a mancare il contatto elettrico nel punto C e perciò si interrompe il passaggio della corrente, per cui, venendo a cessare la calamitazione del ferro, la molla M stacca la sbarretta dai poli della calamita e ristabilisce così nuovamente il contatto nel punto C, provocando con ciò l'attrazione della sbarretta S ed un nuovo colpo della pallina sulla campana.

Siccome l'interruzione ed il ripristino del passaggio di corrente si ripetono a brevissimo intervallo di tempo, si può concludere che, mentre il pulsante viene premuto, continua il battito intermittente della pallina sulla campana e cioè il funzionamento della suoneria.

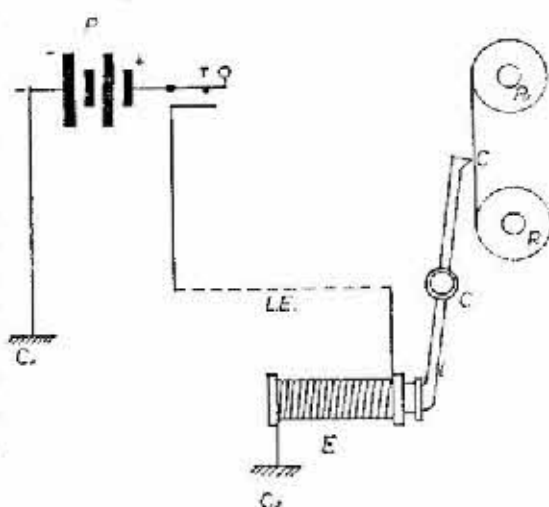


FIG. 58

Telegrafo. — Nella fig. 58 è indicato lo schema di un circuito telegrafico. In esso le lettere rappresentano i dispositivi seguenti: P la pila; T il tasto per la chiusura del circuito e l'invio della corrente su di esso; L E la linea telegrafica esterna, che general-

mente è disposta su pali di legno o di cemento; E l'elettrocalamita disposta nella stazione ricevente; L la leva girevole intorno al punto C, che rimane attratta dall'elettrocalamita fintanto che rimane abbassato il tasto T; S la striscia di carta su cui scrive la punta collegata alla leva L; R₁ ed R₂ i due rulli per lo svolgimento e l'avvolgimento della striscia di carta; C₁ e C₂ i due contatti a terra della linea per la chiusura del circuito.

Questo infatti è un circuito che si chiude attraverso alla terra, che ha la funzione di filo conduttore di ritorno dell'energia elettrica al polo negativo (—) della pila.

Il funzionamento del sistema è semplice: infatti, abbassando il tasto, la corrente percorre la linea esterna e attraversando le spire dell'elettrocalamita per scaricarsi a terra, attira la leva L, e con la punta ad essa collegata, segna sulla striscia di carta, che si sposta sotto la punta, un segno più o meno lungo a seconda della durata del contatto in T, presso la stazione trasmittente. Per mezzo dell'alfabeto Morse a punti e linee, è pertanto possibile con questo apparecchio la trasmissione di un dispaccio.

INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

Per mezzo della corrente elettrica si può generare un effetto magnetico; è però possibile ottenere anche l'effetto inverso, vale a dire la produzione di una corrente elettrica per mezzo del magnetismo.

Se ad esempio nel rocchetto cavo R, rappresentato in figura, viene introdotto un magnete, l'ago del galvanometro G segna una deviazione per tutto il tempo che dura il movimento di introduzione del magnete; estraendo il magnete si manifesta una deviazione dell'ago in senso inverso.

Questo dimostra che, durante il movimento della calamita, nel circuito rocchetto-galvanometro si genera una corrente elettrica.

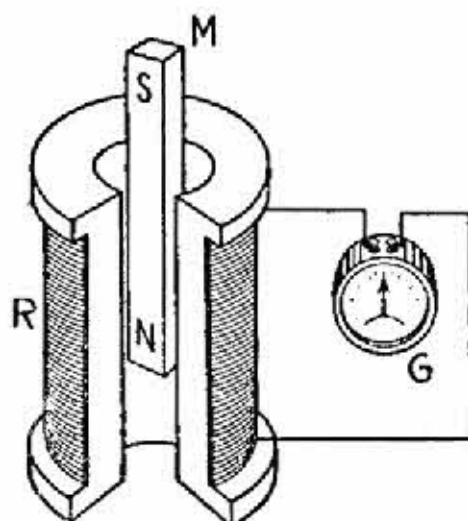


FIG. 59

Allo stesso risultato si giungerebbe se invece di un magnete naturale si introducesse nel rocchetto una elettrocalamita.

Si dice *corrente indotta* quella che si genera in un circuito chiuso, quando esso si trova in un campo magnetico variabile e cioè in vicinanza di una calamita o di una elettrocalamita che, spostandosi, variano l'intensità del campo magnetico.

Si dice *circuito primario* quello della elettrocalamita, *secondario* quello ove si genera la corrente indotta.

La corrente indotta, non circola in uno stesso senso, ma ora in un senso ed ora in quello opposto, a seconda che la calamita si avvicini o si allontani, e cioè a seconda che l'intensità magnetica del campo aumenti o diminuisca.

Le correnti di questo tipo si dicono *alternate*.

DINAMO ED ALTERNATORI

Fra i poli di una potente elettrocalamita il campo magnetico è assai intenso e le linee indicanti la direzione del flusso magnetico sono dirette dall'uno all'altro polo, come è indicato in figura, con andamento quasi rettilineo. Perciò l'ago magnetico di una bussola, posto nel campo fra i due poli, si disporrebbe con le punte rivolte verso di essi.

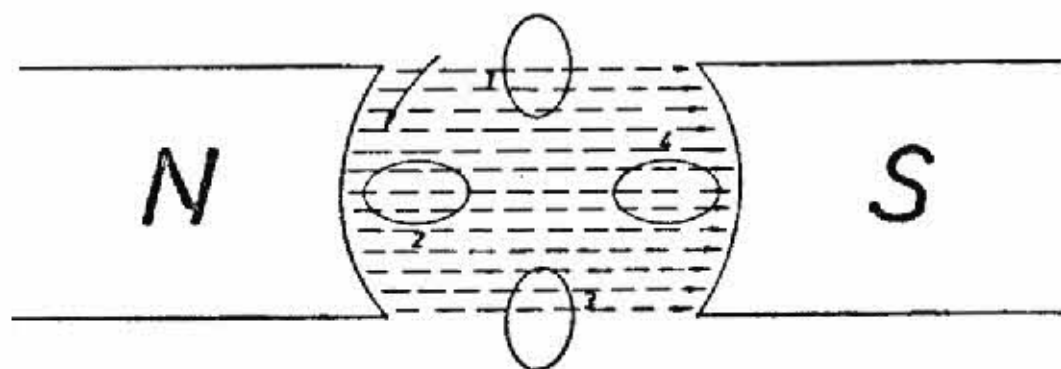


FIG. 60

Se in questo campo magnetico intenso vin fatta ruotare una spira, come è indicato nella fig. 60, la spira viene attraversata da un flusso magnetico, variabile in dipendenza della posizione in cui la spira si trova. Infatti nella posizione 1 la spira viene attraversata da un flusso magnetico notevole, le linee punteggiate ne rendono schematicamente l'idea; nella posizione 2 la spira, tro-

vandosi disposta nella direzione del flusso, non viene da esso attraversata; nella posizione 3 la spira è di nuovo attraversata da una quantità di flusso pari a quella della posizione 1, ma diretta in senso contrario rispetto alla spira, perchè entra dalla faccia opposta, rispetto a quella da cui entrava nella posizione 1; nella posizione 4 il flusso di nuovo si annulla; nelle posizioni intermedie registreremo valori del flusso, passante per la spira, intermedi a quelli considerati.

Per le considerazioni svolte nei riguardi dell'induzione elettromagnetica, si può pertanto asserire che, facendo ruotare la spira nel campo magnetico compreso fra i due poli, si produce nell'interno di essa una corrente indotta, che durante mezzo giro circola in un senso e durante l'altro mezzo giro circola nel senso opposto.

Se questa corrente, mediante speciali dispositivi, detti *collettori*, viene raccolta man mano che si produce, ed inviata su un circuito esterno, noi otterremo su di esso una corrente elettrica permanente, purchè il moto rotatorio delle spire sia costantemente assicurato.

La corrente può essere raccolta in modo da avviarla sul circuito esterno sempre in uno stesso senso, come praticamente avviene nelle *dinamo*.

Tale tipo di corrente si chiama *continua*.

Generalmente però la corrente viene avviata alla linea alternativamente in un senso e nell'altro, con oscillazioni rapidissime di senso, chiamate *periodi* (circa cinquanta al minuto secondo).

Già apparecchi generatori di tale corrente prendono il nome di *alternatori* e la corrente prodotta dicesi *alternata*.

Dinamo ed alternatori presentano naturalmente una costruzione assai più complessa rispetto allo schema dimostrativo della figura.

In essi le spire della parte ruotante (*indotto*) sono numerosissime e la parte fissa esterna magnetizzante (*induttore*) generalmente consiste in una potente elettrocalamita multipolare e cioè con molte coppie di poli.

Questi accorgimenti costruttivi, oltre a consentire una più intensa e regolare produzione di energia elettrica, permettono anche, negli alternatori, di produrre e di avviare ai circuiti di utilizzazione, anzichè una sola corrente a senso alternato, due e generalmente tre correnti distinte (distribuzione bifase e trifase), sfasate fra loro di $\frac{1}{2}$ o di $\frac{1}{3}$ di periodo, e cioè susseguentisi, nel cambiamento di senso, a brevissimo intervallo l'una dall'altra.

La rotazione dell'indotto, sia negli alternatori che nelle dinamo, è normalmente ottenuta per mezzo dell'acqua che, scendendo dall'alto, attraverso le apposite canalizzazioni degli impianti idroelettrici, cede la sua energia alle ruote idrauliche (turbine e ruote Pelton) che azionano gli alternatori e le dinamo, facendone ruotare gli indotti e vincendo la resistenza magnetica che l'indotto incontra nel suo movimento di rotazione.

MOTORI ELETTRICI

I motori elettrici sono apparecchi di utilizzazione dell'energia elettrica. Essi, anzichè assorbire energia meccanica e generare energia elettrica come i generatori accennati, assorbono energia elettrica e producono l'energia meccanica necessaria al funzionamento delle varie macchine ad essi collegate.

Senza soffermarci sui vari tipi di motori elettrici in uso, osserviamo che, tanto nella loro costruzione come nel loro funzionamento, essi si basano su un concetto opposto rispetto a quello considerato per i generatori di corrente.

Nei motori infatti è il flusso magnetico, generato dalla corrente elettrica alimentatrice, che attrae le elettrocalamite dell'indotto, costringendo questo a ruotare intorno al suo asse.

TRASFORMATORI ELETTRICI

I trasformatori elettrici servono, come dice il nome, a trasformare l'energia elettrica e cioè a diminuire la tensione aumentando l'intensità, oppure ad aumentarne la tensione diminuendo l'intensità.

Essi si basano, come la maggior parte delle macchine elettriche, sull'induzione magnetica.

Se intorno ad un nucleo di ferro dolce, opportunamente sezionato, vengono avvolti due circuiti elettrici, l'uno con poche spirali di un conduttore di grosso diametro e l'altro con moltissime spirali di filo sottile, avviene che, facendo arrivare agli estremi dell'avvolgimento del circuito induttore a filo sottile, detto *primario*, una corrente ad alto potenziale ed a piccola intensità, si otterrà, agli estremi della spira a filo grosso, detto *secondario*, una corrente di debole potenziale e di elevata intensità, in proporzione al rapporto fra il numero delle spire dei due circuiti.

Se ad esempio il numero delle spire del primario è decuplo di quello del secondario si otterrà che, immettendo ad esempio nel primario una corrente di 100.000 Volta e di 1000 Ampère, la corrente del secondario avrà invece teoricamente un potenziale di 10.000 Volta ed una intensità di 10.000 Ampère.

Questi apparecchi portano nella pratica d'uso dell'energia elettrica un prezioso contributo, perchè permettono di utilizzare, anche nelle abitazioni, l'energia elettrica che, per ragioni di economia, viene trasportata dagli impianti di produzione al luogo di consumo con tensioni elevatissime, talvolta superiori a 150.000 Volta.

L'energia pervenuta ai centri di distribuzione viene poi più volte trasformata, abbassandone gradatamente il potenziale sino alla tensione normale di utilizzazione, che è di circa 200 Volta per illuminazione e di circa 300 per le utilizzazioni di forza motrice.

La corrente continua, non presentando inversioni di senso e variazioni di intensità, genera un campo magnetico non variabile e perciò, non inducendo una corrente nel secondario del trasformatore, non può venire trasformata.

Interessa talvolta ottenere l'effetto opposto a quello accennato e cioè un aumento del potenziale della corrente e perciò una corrispondente diminuzione dell'intensità.

Basta allora alimentare il rocchetto attraverso le spire del circuito più corto, con una corrente di forte intensità e di debole tensione, per ottenere, agli estremi del secondario, una corrente di tensione elevata, e talvolta elevatissima, e di debole intensità.

Il classico rocchetto di Ruhmkorff è basato appunto su questo principio.

SCINTILLE ELETTRICHE E SCARICHE ELETTRICHE

Se si avvicinano i due estremi del secondario del rocchetto di Ruhmkorff, il passaggio della corrente da uno all'altro si manifesta con un effetto luminoso e con un rumore particolare. Tale fenomeno prende il nome di *scarica elettrica* o *scintilla*, ed è dovuto al potenziale elevato dell'elettricità ai due estremi del filo. È da osservarsi che la scarica o scintilla elettrica avviene molto più facilmente quando gli estremi dei conduttori sono muniti di tante punte, e questo perchè la densità elettrica è maggiore in corrispondenza dalle punte stesse.

Il fulmine non è altro che una enorme scintilla che si produce fra due nuvole cariche di elettricità di segno diverso, oppure tra le nuvole e la terra. Si ricorda a questo proposito il parafulmine che venne inventato dal fisico Beniamino Franklin. Esso consiste in una o più aste metalliche munite di punte e collegate a terra a mezzo di grossi conduttori che permettono alle scariche elettriche atmosferiche di passare direttamente a terra senza danneggiar gli edifici. Per quanto è stato detto è facile intuire che l'asta metallica munita di punte costituisce una specie di attrazione per le scariche elettriche atmosferiche, in quanto che, sulle punte viene ad accumularsi dell'elettricità di segno contrario a quella contrapposta accumulatasi nelle nubi, e perciò la scarica resta notevolmente facilitata.

Se la scintilla elettrica viene provocata in tubi in cui l'aria sia rarefatta, si hanno interessanti fenomeni che trovano applicazione nelle insegne luminose.

E da tener presente al riguardo che la tensione per il funzionamento di questi apparecchi è assai elevata; e perciò, nelle operazioni eventuali di spegnimento, occorre agire con circospezione.

Se in questi tubi, che contengono gas rarefatti, il vuoto è assai elevato, si ottengono altri particolari fenomeni e la produzione di

radiazioni speciali che hanno la proprietà di attraversare i corpi opachi. Queste radiazioni costituiscono i così detti *raggi X* o *raggi Röntgen* che consentono utilissime applicazioni nel campo della medicina, sia per la cura di organi malati, come, e specialmente per la ricerca di corpi estranei nell'organismo e per l'esame delle fratture.

ONDE HERTZIANE TELEGRAFIA E TELEFONIA SENZA FILI

Meritano un cenno per l'importanza che nella tecnica moderna hanno assunto, le onde hertziane che si propagano nell'aria per effetto delle scariche prodotte dalle scintille elettriche.

Il fenomeno è simile a quello prodotto da un sasso gettato nell'acqua od alle vibrazioni acustiche prodotte nell'aria da una sorgente sonora. A differenza delle onde accennate, le onde elettriche si propagano però a distanze grandissime.

Queste onde vennero scoperte e studiate principalmente da Hertz, da Maxwell, da Tesla e da altri fisici illustri, ma va specialmente a Guglielmo Marconi il merito di averne scoperto un'applicazione preziosa mediante la telegrafia senza fili o marconigrafia.

Mediante la telegrafia senza fili, Marconi riuscì a trasmettere notizie a grandi distanze, senza l'uso di conduttori o di cavi, ma unicamente giovandosi delle onde elettriche di una determinata lunghezza, trasmesse e ricevute con apparecchi appositamente studiati.

Anche la radiotelefonìa, è basata sul medesimo principio.

PARTE TERZA

ELEMENTI DI CHIMICA

NOZIONI ELEMENTARI DI CHIMICA

INTRODUZIONE

Compito principale del Vigile del Fuoco, è quello di spegnere l'incendio. Che cosa è il fuoco, e da quali cause esso precisamente dipende?

Nell'incendio sono in giuoco tre fattori: *combustibili*, *comburente* e *calore*, che danno luogo ad una *reazione chimica*, e basta eliminare uno dei tre, per arrestare la reazione stessa. È appunto per questo che si adopera l'acqua che raffredda la massa incendiata sottraendole calore, come pure la schiuma e la sabbia che ricoprendola impediscono all'ossigeno dell'aria di venire a contatto con la fiamma, infine è ovvio che per mancanza del combustibile il fuoco si spegne.

Un'altra reazione chimica ha luogo quando si fa funzionare un estintore, come pure è dovuta ad una reazione chimica la forza che fa muovere i motori a scoppio.

Oltre alla spiegazione di questi fatti di capitale importanza, interessa pure al vigile del fuoco conoscere, come, quando e per quali cause si sviluppano i diversi gas asfissianti o velenosi, nonché le loro caratteristiche ed i mezzi atti a difendersi da essi.

Scopo pertanto di questa elementare esposizione, è di far conoscere le nozioni più importanti che permettono la spiegazione logica dei fatti che interessano direttamente il Vigile del Fuoco.

GENERALITÀ

La chimica tratta dell'intima composizione dei corpi e studia i fenomeni chimici di trasformazione dei corpi stessi.

Se un filo di platino viene riscaldato, quando abbia raggiunto una certa temperatura, emette luce e calore. Ma sottratto all'azione della fiamma, dopo un certo tempo, ritorna nelle condizioni primitive.

Questo è un *fenomeno fisico*. Se noi invece sottoponiamo alla azione della fiamma una striscia di magnesio, si ha sviluppo di luce e di calore e della sostanza primitiva non rimane che poca cenere bianca, mentre si sono sviluppati dei gas; si è avuta cioè una *completa trasformazione*. Questo è un *fenomeno chimico*, che si ha appunto, quando le sostanze prodottesi, sono diverse dalle sostanze primitive.

Per poter studiare tali fenomeni, occorre conoscere le varie sostanze.

Esse si distinguono in *sostanze semplici od elementi* e *sostanze composte*; le prime sono costituite da *atomi* tutti uguali e conservano inalterate tutte le caratteristiche fisiche e chimiche di essi.

Le seconde derivano dall'unione intima di due o più specie di elementi ed hanno proprietà diverse da quelle dei costituenti.

Occorre distinguere quello che può essere un *miscuglio* dal vero e proprio *composto chimico*. Se prendiamo un po' di sabbia, sia pure finissima, in essa, a mezzo da una lente d'ingrandimento, possiamo arrivare a distinguere varie particelle diverse una dall'altra: silice, carbonato di calcio, e altri detriti di minerali diversi. Questo è un *miscuglio*.

Se prendiamo invece un pizzico di sale da cucina, che impareremo a conoscere col nome di cloruro di sodio, anche con i più potenti mezzi di indagine, riscontreremo in esso delle particelle di grandezza varia, ma tutte della identica composizione.

Questo è un composto chimico.

REAZIONI CHIMICHE

Le reazioni chimiche avvengono in modo vario e complesso, ma tutte si riducono a due tipi fondamentali: *combinazione* o *sintesi*, *decomposizione* o *analisi*, oltre alle reazioni dette di *sostituzione* semplice o doppia.

Le reazioni chimiche possono avvenire in svariati modi: fra gas (benzina ed aria), fra liquidi (acido cloridrico e soluzione di nitrato d'argento), fra solidi (ferro e zolfo) fra solidi e liquidi (rame e acido nitrico), ecc.: e danno luogo a formazione di sostanze che hanno, come abbiamo detto, caratteri tutti differenti dalle sostanze primitive.

Si definisce *reazione chimica* quel *fenomeno mediante il quale due o più sostanze, poste a contatto, subiscono una trasformazione tale, per cui le sostanze che ne derivano, hanno proprietà diverse da quelle poste a reagire*.

Noi ci contenteremo di esaminare quelle reazioni che ci interessano direttamente e le studieremo parlando dei vari elementi.

STRUTTURA DELLA MATERIA MOLECOLE ED ATOMI

Le diverse sostanze non hanno costituzione uniforme e continua; constano invece di particelle piccolissime — invisibili anche ai più potenti microscopi, e la cui esistenza è rivelata solo da speciali strumenti — dette *molecole*, che possono considerarsi *le più piccole particelle nelle quali è suddivisa ogni sostanza di cui conservano le proprietà specifiche*.

Le molecole non sono però l'estremo limite di divisibilità delle sostanze, anch'esse infatti constano di particelle ancora più piccole dette *atomi*, che entrano sempre integralmente nella costituzione molecolare. L'atomo si può definire quindi *come la più piccola quantità di ogni elemento che entra nella costituzione delle proprie molecole e di quelle dei suoi composti*.

Così una molecola di acqua è costituita da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno.

Come è ovvio queste particelle hanno, sia pure piccolissimo, un certo peso (l'atomo dell'idrogeno pesa intorno a qualche diecina di trilionesimi di grammo). I chimici però ricorrono per semplicità al peso relativo, e cioè assumono come peso atomico un numero che *indica quante volte l'atomo di un elemento pesa più dell'atomo dell'idrogeno che, essendo il più leggero dei corpi semplici, fu assunto come unità di riferimento* (v. nota).

Così, quando si dice che il carbonio ha peso atomico 12, si intende che il suo atomo pesa 12 volte quello dell'idrogeno.

Nella tabella riportata al termine del capitolo sono indicati tutti i corpi semplici ed il peso atomico relativo.

NOTAZIONI CHIMICHE - SIMBOLI E FORMULE

Gli elementi sono rappresentati convenzionalmente con simboli che sono costituiti dalla lettera iniziale maiuscola del loro nome latino o latinizzato. Esempio: O = ossigeno; S = zolfo (solfur); H = idrogeno (hidrogenium); P = fosforo (phosphorus). Quando diversi elementi hanno in comune la stessa lettera iniziale, allora il più importante o il più anticamente noto, si indica con la sem-

Nota - Essendo stato assunto il peso atomico dell'ossigeno eguale a 16, il peso atomico dell'idrogeno risulta eguale a 1,008.

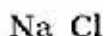
plice iniziale maiuscola, gli altri con questa seguita da un'altra minuscola del nome stesso. Esempio: C = carbonio; Ca = calcio; Cu = rame (cuprum); N = azoto (nitrogenium); Na = sodio (natrium), ecc.

Anche i composti si rappresentano convenzionalmente con le cosiddette *formule* che risultano dai simboli degli elementi costituenti il composto scritti uno dopo l'altro.

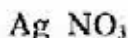
Ma le formule indicano oltre alla composizione qualitativa del composto anche la composizione quantitativa; così la formula dell'acqua che è



indica che il composto acqua è costituito da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno; così il cloruro di sodio (sale da cucina) che ha la formula



è costituito da un atomo di sodio e da uno di cloro. Il composto nitrato di argento



è costituito da un atomo di argento, uno di azoto e tre di ossigeno, e così via.

LEGGI DELLA CHIMICA

Le reazioni chimiche obbediscono a determinate leggi.

La prima di esse, enunciata da Lavoisier, chimico francese, e che porta il suo nome, fu volgarizzata con la frase « in natura nulla si crea e nulla si distrugge », ma si deve enunciare così: *In ogni reazione chimica il peso delle sostanze reagenti è uguale a quello delle sostanze prodotte.*

Per esempio nella reazione del nitrato di argento e dell'acido cloridrico, se pesiamo le sostanze prima e dopo la reazione, otteniamo sempre lo stesso peso.

L'altra legge è quella delle proporzioni fisse o di Proust.

In ogni combinazione chimica le sostanze si uniscono in un rapporto in peso definito e costante.

Per esempio nel composto anidride carbonica, la cui formula è



(cioè composto da un atomo di carbonio e due di ossigeno), avremo sempre la proporzione in peso costante fra carbonio e ossigeno (a 12 parti in peso di carbonio corrispondono 32 di ossigeno).

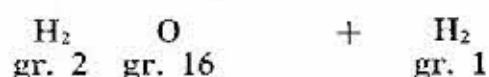
Non sempre però gli elementi si combinano secondo un unico rapporto in peso, ma talvolta secondo due o più. Ad esempio, bru-

ciando carbonio, oltre al composto anidride carbonica sopra citato, può aversi anche l'altro.

CO

cioè l'ossido di carbonio, nel quale vi sono un atomo di carbonio e uno di ossigeno, con rapporto in peso dato da 12 di carbonio contro 16 di ossigeno.

Queste leggi ci dicono, in altre parole, che i composti chimici avvengono sempre secondo una ben determinata proporzione. Così ad esempio se abbiamo 3 grammi di idrogeno e 16 di ossigeno si forma sempre acqua con la composizione



per cui il terzo grammo di idrogeno non entra nella combinazione e perciò non si trasforma in acqua.

Quanto abbiamo veduto permette di risolvere un importante problema, e cioè: dati determinati quantitativi di sostanze, posti a reagire, stabilire il quantitativo delle sostanze composte che ne risultano.

In pratica per esempio, si caricano gli estintori con determinati quantitativi di bicarbonato di sodio e di acido solforico; tali quantitativi sono stabiliti appunto in base alle proporzioni richieste dalla reazione fra le due sostanze.

METALLI E METALLOIDI OSSIDI E ANIDRIDICI - ACIDI, BASI E SALI

In pratica si usa suddividere gli elementi in due grandi classi, *metalli e metalli*; questa divisione non è però netta; si passa infatti gradatamente dall'una classe all'altra. Sono metalli il Ferro, il Rame, l'Alluminio, il Sodio, il Potassio, ecc., sono metalli lo Zolfo, l'Azoto, l'Ossigeno, il Cloro, il Fosforo, ecc.

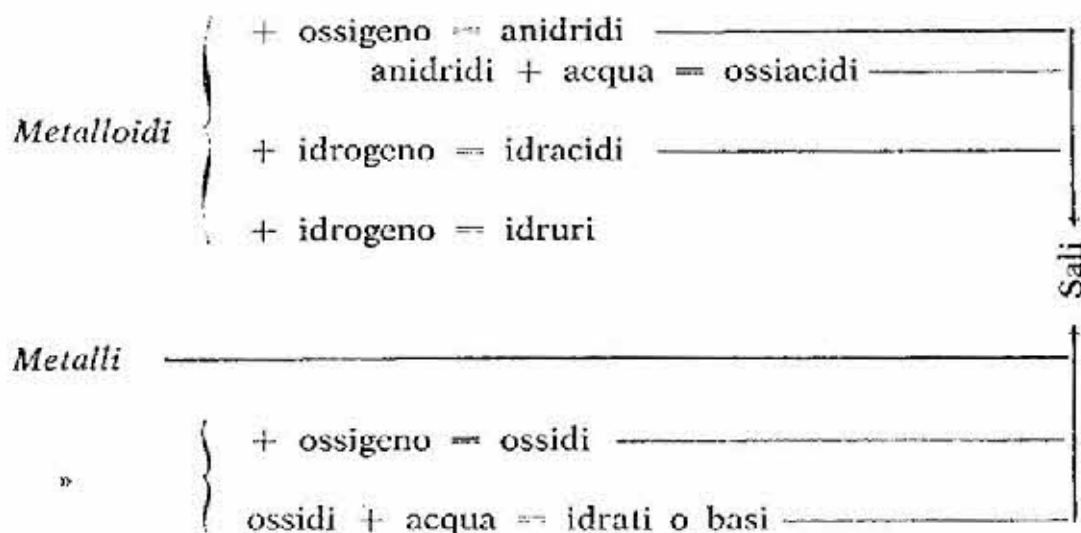
I metalli combinati con l'ossigeno danno luogo agli *ossidi* (per esempio: Na_2O è l'ossido di sodio; CaO è l'ossido di calcio), mentre i metalli combinati con l'ossigeno danno luogo alle *anidridi* (per esempio: SO_2 è l'anidride solforosa, SO_3 è la anidride solforica, ecc.).

Con l'acqua questi due composti danno luogo rispettivamente alle *basi* o *idrati* (esempio NaOH = idrato sodico o soda caustica) ed agli *acidi* o meglio *ossiacidi* (esempio H_2SO_4 = acido solforico, HNO_3 = acido nitrico).

Gli *acidi* si possono pure ottenere dai metalli combinati con l'idrogeno; in questo caso prendono il nome di *idracidi* (esempio HCl = acido cloridrico).

I *sali* sono composti che derivano dagli acidi per azione di essi sui metalli, sugli ossidi e sugli idrati.

Infine abbiamo alcuni composti binari dell'idrogeno con un metalloide o con un metallo che hanno caratteri ben diversi dagli acidi e delle basi. Tali composti speciali si dicono *idruri* (es. $\text{NH}_3 =$ ammoniaca). Riepilogando abbiamo:



Come si può intuire facilmente, da quanto sopra si è detto, gli acidi contengono nella loro molecola uno o più atomi di idrogeno (esempio $\text{HCl} =$ acido cloridrico, $\text{H}_2\text{SO}_4 =$ acido solforico, ecc.) i quali hanno la proprietà di poter essere sostituiti da un metallo, e nel caso di più atomi di idrogeno questi possono essere sostituiti tutti o in parte: in quest'ultimo caso si hanno i così detti *sali acidi*.

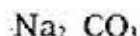
Un esempio si ha nel ben noto bicarbonato di sodio che si usa per la carica degli estintori. Questo sale infatti deriva dall'acido carbonico, che ha la costituzione chimica rappresentata dalla formula



(anidride carbonica CO_2 + acqua $\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$), sostituendo in essa un atomo di idrogeno con uno di sodio; la sua formula sarà perciò:



Il sale *neutro*, vale a dire, con l'idrogeno completamente sostituito dal metallo, si chiama carbonato di sodio, ed è rappresentato dalla formula:



Nelle *basi* o *idrati* abbiamo pure dell'idrogeno, ma che non possiede la proprietà caratteristica di quello degli acidi di poter essere sostituito, anzi esso è intimamente legato con un atomo di ossigeno a formare il gruppo OH detto *ossidrile* che si comporta come se fosse un atomo.

STATO FISICO DEI CORPI

Tutte le sostanze possono presentarsi nei tre diversi stati di aggregazione: *solido, liquido e gassoso*.

Nello stato solido l'azione attrattiva delle molecole (coesione) è molto forte ed i corpi hanno forma e volume proprio. L'azione attrattiva è meno intensa nei liquidi, dove le particelle sono per così dire scorrevoli le une sulle altre, e quindi, pur avendo volume proprio, assumono la forma del recipiente che li contiene. L'azione attrattiva è infine praticamente nulla nei gas, i quali non hanno nè forma nè volume proprio e tendono quindi ad occupare tutto lo spazio disponibile.

Come è lecito pensare si può passare da uno stato all'altro, e ciò si ottiene facendo variare la temperatura e la pressione.

Il noto gas anidride carbonica (CO_2) compresso a 33 atmosfere e alla temperatura di 0° , diviene un liquido; abbassando ulteriormente la temperatura si solidifica.

Ancor più facile da osservarsi è il cambiamento di stato dell'acqua. Essa a temperatura e pressione ordinaria è liquida, a 0° è solida e a 100° bolle trasformandosi in vapore.

Si chiama *temperatura critica* o *punto critico* la temperatura al disotto della quale, con una conveniente pressione, è possibile liquefare un gas.

METALLOIDI ED ALCUNI COMPOSTI DI ESSI

ARIA ATMOSFERICA

L'aria, nelle zone più basse dell'atmosfera, si presenta formata da un miscuglio di vari gas secondo le proporzioni seguenti:

Ossigeno	21% in volume; 23% in peso
Azoto	78% in volume; 76% in peso
Argo, Elio, Neon, anidride carbonica, vapor d'acqua, ecc. . . .	1% in volume; 1% in peso

Un litro di aria, senza pulviscolo, alle condizioni normali, è cioè alla temperatura di 0° e alla pressione ordinaria (760 m/m), pesa gr 1,293. La pressione che l'aria esercita al livello del mare è di gr 1.033 per cm^2 (pressione atmosferica = 1 atmosfera). È incolore, ma in notevoli spessori, presenta una colorazione azzurra (cielo sereno). Evidentemente il peso dell'aria, e quindi la pressione atmosferica, varia col variare della proporzione dei componenti (specialmente influisce il vapore acqueo), nonchè col variare della temperatura, che dilatando la massa gassosa, la fa divenire più leggera.

Come tutti i gas anche l'aria può liquefarsi, e si presenta come un liquido azzurrino, di densità quasi uguale a quella dell'acqua. In queste condizioni contiene una maggiore quantità di ossigeno 50%, essendo questo gas più facilmente comprimibile dell'azoto.

La temperatura critica dell'aria è di 140° sotto zero. L'aria liquida non si può conservare come gli altri gas in cilindri di acciaio, perchè raggiunta la temperatura suddetta passa istantaneamente allo stato gassoso, dando luogo per la enorme dilatazione a grandi pressioni che possono far scoppiare il recipiente. Essa viene perciò conservata nei così detti vasi Dewar (*termos*) — isolati termicamente e aperti — ove non si ha aumento di temperatura.

Dall'aria liquida, per distillazione frazionata, si possono separare l'ossigeno e l'azoto.

L'OSSIGENO E LE COMBUSTIONI

L'ossigeno è fra le sostanze semplici la più abbondante e diffusa in natura; oltre che nell'aria si trova combinato con l'idrogeno nell'acqua, ed entra come componente in moltissime sostanze, in special modo in quelle organiche. È incolore, inodoro, poco più pesante dell'aria; ha la proprietà di combinarsi *con quasi tutti gli elementi*; tale combinazione prende il nome di *ossidazione* (il processo inverso si dice *riduzione*). *Se l'ossidazione è vivace, ovvero ha luogo con sviluppo sensibile di calore tale da rendere incandescenti le sostanze reagenti, si chiama più propriamente combustione.*

La sostanza che brucia, sia essa solida, liquida o gassosa, prende il nome di *combustibile*; l'altra che ne promuove e ne alimenta la combustione prende il nome di *comburente*.

Nelle ordinarie combustioni, che avvengono in presenza dell'aria, il comburente è l'ossigeno in questa contenuto, e il combustibile è di solito una sostanza di natura organica (legna, carbone, olio, benzina, ecc.) e come tale costituita da carbonio, idrogeno ed altri elementi; di modo che, fra i prodotti della combustione, si trovano sempre principalmente anidride carbonica ed acqua sotto forma di vapore. Vedremo, parlando del carbonio, che questo, a seconda della quantità di ossigeno presente, può dar luogo a due composti CO = ossido di carbonio e CO_2 = anidride carbonica.

Sovente la combustione si manifesta con fiamma più o meno calorifica e luminosa che si ha ogni qualvolta il combustibile che brucia è gassoso, oppure quando, pur essendo liquido o solido, sviluppa dei prodotti gassosi, che, per il calore che si sprigiona nella energica combinazione col comburente, divengono incandescenti. Le particelle solide che si staccano dal combustibile diventando incandescenti danno luminosità alla fiamma.

Le combustioni possono avvenire anche molto lentamente ed in tal caso il calore viene disperso e non si ha notevole aumento di

temperature (es. ossidazione del ferro). Anche la respirazione degli animali e delle piante, altro non è che un processo di ossidazione con sviluppo, più o meno intenso, di calore.

È naturale che, in presenza di ossigeno puro, la combustione si manifesti più viva che non nell'aria, dove l'ossigeno rappresenta solo una percentuale, e l'azoto, che non entra nella reazione, assorbe anche parte del calore prodottosi; così un fucellino di legno, che nell'aria probabilmente si spegnerebbe, brucia vivamente in ambiente di ossigeno; una spirulina di ferro arroventata brucia, in ambiente di ossigeno, con proiezione di scintille.

L'ossigeno oltre ad essere un costituente dell'aria e quindi un elemento indispensabile per la vita vegetale ed animale, è un elemento di uso molto comune.

La fiamma ossiacetilenica è prodotta dalla combustione dell'acetilene con l'ossigeno. Essa permette la così detta saldatura autogena dei metalli e il taglio di essi. Viene a tale scopo usato un dispositivo che dà modo di far arrivare all'estremità di un cannelo la miscela di acetilene e ossigeno opportunamente dosata che, accesa, dà luogo ad una fiamma detta dardo, che può giungere ad altissime temperature (2500°). La fiamma ossidrica si ottiene invece con idrogeno ed ossigeno. La prima è più economica e più pratica ed è quindi usata comunemente.

OZONO (O_3)

Per effetto di scariche elettriche nell'aria l'ossigeno si decompone e tre atomi di esso si uniscono fra loro a formare la molecola del così detto ozono, mentre quella dell'ossigeno è formata da due atomi soli (O_2). L'ozono ha odore caratteristico e ha forte potere ossidante: l'alcool e l'etere si accendono *spontaneamente* in presenza di ozono. Può essere quindi una causa di incendio.

AZOTO (N) - AMMONIACA E ACIDO NITRICO

L'azoto è un gas molto diffuso, incolore, inodoro, insaporo e poco più leggero dell'aria; non è velenoso.

I composti più importanti dell'azoto sono l'ammoniaca NH_3 (idruro di azoto) e l'acido nitrico HNO_3 .

L'ammoniaca è un gas irritante (produce tosse, lacrimazione, infiammazione bronchiali) di odore caratteristico ed ha spiccate proprietà basiche. È molto usata nei frigoriferi.

In caso di perdita dei recipienti (bombole), il miglior sistema per eliminare questo gas è quello di gettare grande quantità di acqua negli ambienti da esso invasi, sfruttando la sua proprietà di essere estremamente solubile nell'acqua stessa.

Una miscela di ammoniaca e ossigeno può esplodere facilmente.

L'acido nitrico dà luogo ad una vasta serie di composti che prendono il nome di nitrati. Le combinazioni dell'acido nitrico con molte sostanze organiche sono esplosive (esempio: cellulosa + acido nitrico = nitrocellulosa; glicerina + acido nitrico = nitroglicerina, ecc.).

Le combinazioni in cui entra l'acido nitrico sono spesso accompagnate dallo sviluppo di una miscela di gas di color rosso bruno, irritante e pericolosa (vapori nitrosi). Inspirata in una certa quantità può dar luogo a fatti gravi di edema polmonare, anche letali.

Tali vapori si sviluppano anche nella combustione della cellulose e nelle esplosioni di polveri da sparo nitrocomposte.

IL CARBONIO ED I SUOI COMPOSTI PRINCIPALI

CARBONIO (C)

Il carbonio è uno degli elementi più diffusi in natura, specialmente in combinazione con altri elementi.

Allo stato elementare si presenta sotto diversi aspetti; esso è però sempre solido e insolubile in quasi tutti i liquidi conosciuti; è solubile solo nel ferro fuso per formare la ghisa e in qualche altra sostanza organica. Il carbonio purissimo, cristallizzato, durissimo, costituisce il diamante; è tenero e di color grigio nella grafite o piombaggine; nero e lucente, a struttura compatta o lamellare, nel carbon fossile; senza lucentezza, con la struttura del legno da cui proviene, nel carbone di legna; polverulento nel nero fumo.

Combinato con l'idrogeno, dà luogo ad una numerosissima serie di composti detti idrocarburi; coll'ossigeno ed altri elementi (oltre all'idrogeno), dà luogo a moltissimi altri composti: alcoli, eteri, carboidrati, ecc., ecc.

Tutti i *composti organici* (varie centinaia di migliaia) — così chiamati, perchè contenuti in gran parte negli organismi viventi, animali e vegetali — risultano dalle varie combinazioni del carbonio coll'idrogeno, l'ossigeno ed altri elementi.

Alla temperatura dell'arco voltaico, il carbonio si combina con l'idrogeno per formare l'acetilene (C_2H_2), e coll'azoto formando il cianogeno $(CN)_2$, dal quale ultimo derivano i cianuri e l'acido cianidrico.

Facendo passare vapori di zolfo sul carbone rovente, si ottiene il solfuro di carbonio (CS_2).

I combustibili comunemente usati sono quasi tutti di natura organica e possono essere solidi, liquidi e gassosi.

Tra i combustibili solidi sono da ricordarsi, oltre alla legna comune, i cosiddetti carboni fossili (antracite, litantrace, lignite e torba), che derivano da residui di piante di epoche più o meno remote, sepolte sotto strati di terra o di rocce, e che hanno quindi

subito una lenta trasformazione. Essi sono più o meno pregiati a seconda della percentuale di carbonio contenuta e quindi del loro potere calorifico.

Sono da ricordarsi fra i composti del carbonio i nitroderivati che sono tutti esplosivi.

I combustibili liquidi più comuni sono i petroli, la benzina, la nafta (miscele di vari idrocarburi grassi), il benzolo (idrocarburo aromatico), l'etere, l'alcool, ecc.

Fra i combustibili gassosi derivati dal carbonio, vi è il metano (CH_4), l'acetilene (C_2H_2), il gas illuminante, ecc.

Esistono anche altre sostanze combustibili non derivate dal carbonio; si è anzi rilevato che quasi tutti gli elementi possono dar luogo a combustioni più o meno vive per effetto della loro combinazione con l'ossigeno.

In genere nelle combustioni dei derivati del carbonio, e cioè nella combinazione di questi con l'ossigeno, si ha principalmente la formazione di due gas a seconda che la combustione avvenga in difetto o in eccesso di ossigeno. Si formano cioè i due composti:

CO = ossido di carbonio

CO_2 = anidride carbonica

Oltre a questi si ha spesso la formazione del cosiddetto fumo, che è costituito da vapor d'acqua (fumo bianco) e, come nella maggiore dei casi, da particelle di combustibile non completamente bruciate, miste ad altri prodotti volatili spesso irritanti (fumo nero).

I liquidi infiammabili producono in generale un fumo nero e denso, composto, oltre che da anidride carbonica, vapore d'acqua ed altri prodotti volatili, da particelle minutissime di carbonio (nero fumo), che si depositano sui corpi freddi.

Le maschere antigas in questo caso sono rese ben presto inseribili, perchè i filtri vengono completamente ostruiti da uno strato di nero fumo.

OSSIDO DI CARBONIO E ANIDRIDE CARBONICA

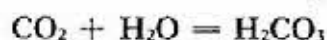
Riprendendo in esame i due prodotti principali della combustione: ossido di carbonio e anidride carbonica, notiamo che il primo è un veleno dei più pericolosi e per di più non possiede alcun carattere organolettico atto a svelarne la presenza. Anche in piccole percentuali (comincia a diventare pericoloso nella proporzione dello 0,1%) agisce sul sangue, diminuendone l'efficienza nell'assorbimento dell'ossigeno dell'aria, e in casi gravi può essere anche letale.

Il secondo: anidride carbonica, pur non essendo respirabile, non è velenoso. Anzi, in qualche caso, oltre ad essere gradevole al gusto, è benefico per l'organismo umano. Le ben note acque gassose non sono altro che acqua con zucchero o con estratti di frutta, conte-

nente in soluzione dell'anidride carbonica che dà luogo alla effervescenza. Lo stesso si dica per i vini spumanti. Questo gas compreso e liquefatto alla pressione di 33 atmosfere a 0° e di circa 60 atmosfere alla temperatura ordinaria, racchiuso in bombole d'acciaio, costituisce la ben nota sostanza ignifuga usata per gli estintori. L'anidride carbonica infatti non è comburente, ed essendo assai più pesante dell'aria, si sostituisce a questa e provoca l'arresto della combustione. Negli estintori a polvere, oltre all'azione soffocante dell'anidride carbonica, c'è anche l'azione meccanica dovuta alla polvere, la quale ricopre insieme all'anidride carbonica le parti incendiate, provocando l'estinzione anche per soffocamento.

Negli estintori a neve viene sfruttato il fatto che l'anidride carbonica compressa — espandendosi — si raffredda fino a solidificarsi, ed assume l'aspetto di una neve soffice e cristallina (ghiaccio secco). Essa esercita oltre all'azione soffocante, dovuta sia alla neve che ricopre le parti incendiate come all'anidride carbonica che si svolge, anche un'azione di forte raffreddamento della massa incandescente, potendo raggiungere una temperatura di 80° sotto zero.

L'anidride carbonica, sciolta nell'acqua, si ammette che dia luogo alla formazione dell'acido carbonico, secondo lo schema:



Da questo acido deriva una vasta serie di composti detti *carbonati*, fra i quali ha per noi grande importanza il *bicarbonato o carbonato acido di sodio* avente la formula

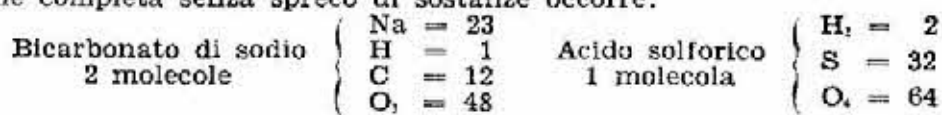


che serve per la carica degli estintori idrici.

Questi apparecchi sono infatti caricati con una soluzione di bicarbonato di sodio e con una fiala di vetro contenente acido solforico. Facendo avvenire la mescolanza di questi due liquidi, si produce anidride carbonica (1) la quale fornisce la pressione necessaria

(1) La reazione avviene secondo lo schema:

$$2 \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$$
 bicarbonato di sodio acido solforico solfato di sodio acqua anidride carbonica
 il quale ci dice, tenendo conto dei pesi atomici, che per ottenere la reazione completa senza spreco di sostanze occorre:



$$84 \times 2 = 168 \text{ gr.} \qquad \qquad \qquad 98 \text{ gr.}$$

e cioè una proporzione in peso fra bicarbonato e acido solforico di

$\frac{168}{98} = 1.7.1$. In pratica si usa abbondare col bicarbonato, mettendo

ad esempio nell'estintore 1 kg di bicarbonato e 500 grammi di acido solforico, cioè con la proporzione di 2 : 1.

per lanciare il liquido con forza fuori dall'apposito bocchello. Oltre a questo, poichè l'anidride carbonica si scioglie nell'acqua in notevole proporzione, il liquido che viene gettato sulle parti incendiate contiene una notevole quantità di acido carbonico, che tende a trasformarsi in anidride carbonica con gli effetti ignifughi di questa.

Si calcola che, a parità di getto, il liquido degli estintori idrici abbia una potenza ignifuga almeno doppia di quella dell'acqua ordinaria.

Anche negli estintori a schiuma si sfrutta la pressione dovuta allo sviluppo di anidride carbonica.

Qui è il caso di fare una parentesi per accennare al motivo che consiglia di adoperare gli estintori a schiuma anzichè l'acqua per estinzione di incendi di liquidi infiammabili. La ragione è questa: i liquidi infiammabili sono in generale più leggeri dell'acqua e galleggiano su questa, per modo che, oltre ad incorrere nel pericolo di far propagare l'incendio in altre parti, l'acqua perde la sua efficacia come mezzo raffreddante, rimanendo al di sotto del liquido incendiato.

ACETILENE E GAS ILLUMINANTE

Abbiamo rammentato fra i combustibili gassosi derivati dal carbonio: l'acetilene e il gas illuminante; il primo è un vero e proprio composto chimico, mentre il secondo è un miscuglio di vari gas.

L'acetilene è un gas che presenta, dal punto di vista della tossicità, alcune caratteristiche dell'ossido di carbonio, col vantaggio però che essa è facilmente avvertibile per il suo odore caratteristico.

Si prepara facendo bruciare metano in adatta quantità di ossigeno, oppure per azione dell'acqua sul carburo di calcio (1 Kg di CaC_2 svolge 300 l di C_2H_2).

Di questo gas sono pericolose le cosiddette miscele esplosive che si formano con l'aria, perchè possono dar luogo a facili e disastrose esplosioni.

L'acetilene è molto usata nell'industria metallurgica, per la saldatura autogena.

È da tenersi presente che è pericoloso comprimere questo gas nelle bombole oltre una certa pressione (25 atmosfere); per eliminare questo inconveniente si dispone nelle bombole stesse di una massa porosa formata di fiocchi di amianto, carbone di legna e farina fossile imbevuta di acetone che discioglie l'acetilene.

Occorre altresì evitare rubinetti e chiusure di rame o delle sue leghe, perchè con questo metallo si formano dei composti esplosivi (acetiluri).

Il gas illuminante è una miscela gassosa di composizione variabile a seconda del carbone da cui proviene e dalla temperatura

di distillazione. La sua normale composizione è compresa nelle seguenti percentuali:

Idrogeno	45-50 %
Metano	35 %
Ossido di carbonio	3-6 %
Anidride carbonica, azoto, etano, acetilene, benzolo, ecc.	9-10 %

Con la diffusione dell'illuminazione elettrica è sparita l'importanza di questo prodotto come mezzo illuminante, ma esso è sempre largamente usato specialmente come combustibile.

La non lieve quantità di ossido di carbonio, contenuto nel gas illuminante, lo rende notevolmente tossico, esso però è facilmente avvertibile per l'odore caratteristico di acetilene; con l'aria forma miscugli esplosivi.

CIANURI - ACIDO CIANIDRICO E SOLFURO DI CARBONIO - CELLULOIDE - CARBONE VEGETALE

Una serie dei composti del carbonio, che però è raro incontrare, è quella dei cianuri che sono tutti velenosissimi. L'acido cianidrico (HCN) ha un caratteristico odore di mandorle amare; è estremamente tossico: anche in debole concentrazione può provocare la morte in pochi secondi.

Un altro composto del carbonio di notevole importanza nelle industrie (perchè è solvente di tutti i grassi) e che è opportuno ricordare, è il solfuro di carbonio (CS_2). A pressione e temperatura ordinarie, esso è un liquido assai più pesante dell'acqua (si conserva sotto di essa) e molto volatile; i suoi vapori sono notevolmente tossici e danno luogo a miscele esplosive. Il gas di solfuro di carbonio si accende a 150° e brucia con fiamma luminosissima azzurrognola.

La celluloida deriva dal collodio (binitrocellulosa) con aggiunta di canfora o naftalina. È una sostanza solida elastica e trasparente che può essere colorata; essa serve spesso da supporto per le immagini fotografiche.

Molto facilmente infiammabile ed, in qualche caso, anche esplosiva, la celluloida nella combustione che avviene con notevole calore, sviluppa ossido di carbonio e vapori nitrosi; fumi che sono quindi doppiamente pericolosi.

Data la facile infiammabilità di questo composto, i locali adibiti a deposito di pellicole cinematografiche sono soggetti a speciali norme di sicurezza.

Il carbone vegetale ha la proprietà di assorbire le sostanze volatili e i gas in generale.

Questa proprietà viene sfruttata per i filtri delle maschere antigas che generalmente contengono, unitamente ad altre sostanze, del carbone, detto attivo, a struttura granulare.

**ACQUA - IDROGENO - ZOLFO - ACIDO SOLFORICO
CLORO E ACIDO CLORIDRICO - FOSGENE - FOSFORO**

ACQUA

È il composto più abbondante e diffuso sulla terra; è indispensabile alla vita animale e vegetale; a temperatura e pressione ordinaria è liquida; a zero gradi solidifica; a cento gradi bolle (1) trasformandosi in vapore; la vaporizzazione si ha però anche a temperature inferiori.

L'acqua naturale non è mai perfettamente pura, ma contiene sempre diversi sali e non di rado sostanze organiche e microrganismi. Le acque *dure* sono quelle che contengono disciolti: bicarbonato e solfato di calcio idrato e solfato di magnesio; tali acque, dette anche incrostanti, non sono adatte per caldaie a vapore né per i radiatori delle automobili, perchè lasciano abbondante deposito calcareo sulle pareti dei recipienti. Si depurano le acque mediante la distillazione, che consiste nel farle evaporare raccogliendo poi i vapori condensati, oppure mediante speciali apparecchi, detti appunto depuratori, usati specialmente nelle centrali termiche. Per le automobili esistono dei liquidi che impediscono la formazione del deposito calcareo.

L'acqua è, come abbiamo già veduto, una combinazione dell'idrogeno con l'ossigeno secondo la formula



e cioè contiene due atomi di idrogeno ed uno di ossigeno.

L'acqua oltre che allo stato liquido può trovarsi anche allo stato solido, sotto forma di ghiaccio, neve, brina, e grandine.

L'acqua ha uno spiccato potere di soluzione e può considerarsi anzi il solvente naturale per eccellenza; si rammenti a questo proposito che una soluzione si dice *satura* quando, per ulteriore aggiunta di altra sostanza, questa rimane indisciolta.

Solidificandosi, l'acqua aumenta notevolmente di volume (9% circa), il che spiega le frequenti rotture delle tubazioni d'acqua nei periodi freddi.

L'acqua è un composto molto stabile: sopra i 1200 gradi soltanto, comincia a scindersi nei suoi elementi, e si ritiene che a 2500° la dissociazione sia completa.

Facendo passare il vapore d'acqua sul carbone rovente, si ha un miscuglio di ossido di carbonio e di idrogeno, detto *gas d'acqua*, che è molto usato come combustibile, mescolandolo qualche volta al gas illuminante.

(1) Col diminuire della pressione atmosferica anche la temperatura di ebollizione si abbassa e viceversa si innalza col crescere della pressione.

Questo ci spiega perchè, nel caso d'incendio di sostanze ad alto potere calorifico, i getti d'acqua alimentano il fuoco, anzichè spegnerlo.

IDROGENO (H)

È uno dei componenti dell'acqua; allo stato elementare l'idrogeno è un gas che si trova libero in certe emanazioni vulcaniche, ma per lo più si produce nella decomposizione di sostanze organiche.

Secondo alcuni scienziati l'idrogeno costituisce prevalentemente gli alti strati dell'atmosfera (oltre 80 chilometri di altezza) e la sua esistenza è stata rilevata anche nella zona incandescente intorno al sole.

È un gas incolore, inodoro, insaporo, non è velenoso, è leggerissimo (il più leggero dei gas conosciuti): un litro nelle condizioni normali di temperatura e di pressione, pesa grammi 0,09.

È combustibile e brucia con fiamma incolore. La fiamma d'idrogeno in atmosfera di ossigeno costituisce la cosiddetta fiamma ossidrica che raggiunge un'altissima temperatura (2800°). La combinazione dell'idrogeno con l'ossigeno a 700° avviene istantanea con esplosione. Meno violenta, ma sempre esplosiva, è la reazione dell'idrogeno col cloro in presenza di luce e calore.

L'idrogeno si ottiene facendo agire l'acido solforico sullo zinco o sul ferro.

Oggi si usa preparare l'idrogeno per mezzo della elettrolisi dell'acqua, cioè sfruttando il fenomeno della decomposizione dell'acqua nei suoi elementi, ottenuta con l'uso della corrente elettrica.

ZOLFO - ACIDI SOLFIDRICO E SOLFORICO

Lo zolfo (S) è abbondante in Italia, dove si trova allo stato naturale, cristallizzato, di color giallo citrino e il più delle volte mescolato con altri minerali che ne costituiscono la cosiddetta ganga.

Brucia con fiamma pallida e azzurrognola, svolgendo anidride solforosa (SO₂): gas di odore irritante e soffocante.

Con l'ossigeno si ha pure un altro composto che prende il nome di anidride solforica (SO₃). La combinazione dell'idrogeno con lo zolfo produce un gas dall'odore nauseante di uova putride, molto tossico, infiammabile, avente la formula H₂S, detto *acido solfidrico*, dal quale hanno origine molti composti detti solfuri.

L'acido solforico è il più importante composto dello zolfo. La sua formula è:



Esso deriva dalla combinazione dell'anidride solforica con l'acqua $H_2O + SO_3 = H_2SO_4$, (mentre l'anidride solforosa dà luogo all'acido solforoso di minore importanza). È un liquido denso, oleoso, inodoro, avidissimo di acqua che sottrae alle sostanze, specie se di natura organica. Infatti un fucellino di legno posto nell'acido solforico, diviene nero per il carbonio reso libero in seguito alla disidratazione.

Per questa sua proprietà l'acido solforico non può essere usato negli estintori a schiuma, perchè decomporrebbe la sostanza organica schiumogena.

È da tener presente che, volendo diluire questo acido, occorre versarlo nell'acqua (e non viceversa) molto lentamente, ed agitando, perchè altrimenti il calore prodotto dalla miscelazione trasformerebbe rapidamente l'acqua in vapore, con rischio di proiezioni di liquido o di rottura di recipienti.

L'acido solforico ha estesissime applicazioni in svariate industrie. Si fabbrica principalmente col metodo così detto delle camere di piombo (il piombo è praticamente inattaccabile all'acido). Il così detto *oleum* o acido solforico fumante è in effetto acido solforico che contiene in soluzione dell'anidride solforica (SO_3).

L'acido solforico è un acido forte e può combinarsi anche coi composti più stabili; la tanto pericolosa produzione di cloro nei sottomarini è dovuta all'azione dell'acido solforico degli accumulatori sul cloruro di sodio delle acque marine.

Dall'acido solforico deriva una numerosissima serie di composti, detti solfati (solfato di rame, solfato di calce o gesso, ecc.).

CLORO ED ACIDO CLORIDRICO

Il cloro (Cl) è il più importante e diffuso fra i quattro elementi, detti *alogeni* (Cloro, Bromo, Fluoro, Iodio).

Alle condizioni normali di temperatura e di pressione, è un gas giallo verdastro di odore sgradevole, pungente, velenoso ed irrespirabile.

È più pesante dell'aria e come tale si mantiene negli strati bassi dell'atmosfera; è poco solubile nell'acqua. Si combina direttamente con molti elementi dando luogo ai cloruri; quando i composti del cloro contengono anche dell'ossigeno si hanno i clorati e i perclorati.

Il cloro con l'idrogeno, sotto l'azione della luce e del calore, forma il composto più importante di questo elemento che è l'*acido cloridrico*, comunemente detto acido muriatico; esso non si combina invece con facilità con l'ossigeno, quindi non brucia nell'aria. I composti ossigenati — clorati e perclorati — si ottengono per via indiretta.

Il cloro è divenuto uno dei prodotti più importanti nelle industrie tessili, farmaceutiche e in quelle dei coloranti.

FOSFORO (P)

Non si trova libero in natura; i minerali che lo contengono sono la fosforite e l'apatite; è contenuto anche nelle ossa.

Il fosforo si presenta sotto due stati allotropici: fosforo giallo e fosforo rosso. Il primo si ossida in presenza di ossigeno, e quindi è facilmente infiammabile all'aria, il secondo è più stabile e non si accende che a 200°.

Il fosforo rosso è quello usato nella fabbricazione dei fiammiferi.

Il composto del fosforo con l'idrogeno costituisce la così detta *fosfina* che si accende spontaneamente all'aria. I ben noti fuochi fatui dei cimiteri sono dovuti a fosfina e ad altri prodotti volatili.

Del fosforo esistono vari acidi che danno origine alle rispettive serie di composti fosforati.

SILICIO (Si)

Anche questo elemento è molto diffuso in natura sotto forma di anidride silicica (SiO_2), che costituisce la silice e il quarzo, ma principalmente entra nella costituzione di quei composti detti silicati (caolino, leucite, albite, ecc.) che, associati ad altre sostanze, formano la massima parte delle rocce.

I composti del silicio sono importantissimi dal punto di vista industriale, specialmente nelle industrie dei vetri, delle porcellane e delle terre cotte.

I silicati entrano nella costituzione dei così detti *cementi* che hanno assunto tanta importanza nella edilizia moderna.

METALLI - LORO CLASSIFICAZIONI

I metalli si distinguono generalmente in due categorie: *leggeri* e *pesanti*, a seconda del loro peso; la prima categoria comprende tre gruppi, e cioè: metalli *alcalini*, *alcalino terrosi* e *terrosi*; la seconda comprende tutti gli altri metalli.

Metalli leggeri	{	Metalli alcalini - Sodio e Potassio
		» alcalino terrosi - Calcio e Magnesio
		» terrosi - Alluminio
Metalli pesanti:		Ferro, Rame, Piombo, Zinco, Stagno, Mercurio, Argento, Oro, Platino, ecc.

METALLI LEGGERI - SODIO (Na)

Allo stato elementare, il sodio è un metallo avente la consistenza della cera e l'aspetto bianco argenteo, se tagliato di fresco; all'aria si ossida facilmente. Decompone violentemente l'acqua svolgendo idrogeno. I composti di questo metallo sono largamente rappresentati in natura.

Tutti conoscono il sale da cucina o cloruro di sodio (NaCl) che allo stato naturale si chiama *salgemma*. Questo sale si trova disciolto nelle acque del mare, conferendo loro il caratteristico sapore amaro.

L'idrato sodico (NaOH) è la ben nota soda caustica che, in soluzione, ha azione caustica e dissolvente delle sostanze organiche. Trova largo impiego nella fabbricazione dei saponi.

La comune soda è un carbonato: Na_2CO_3 che è uno dei più importanti prodotti industriali usato nelle industrie farmaceutiche, tessili, dei colori, della carta, ecc.

Il bicarbonato di sodio (NaHCO_3) serve per la carica degli estintori; rammenteremo anche il perossido (Na_2O_2), che è usato per le capsule assorbenti l'anidride carbonica negli autoprotettori.

POTASSIO (K)

I composti di questo metallo sono molto meno diffusi in natura di quelli del sodio; allo stato elementare il potassio ha la consistenza della cera e presenta un colore bianco argenteo che perde però rapidamente all'azione dell'aria. L'acqua viene decomposta energicamente, tanto che l'idrogeno sviluppato si accende.

Fra i composti del potassio sono da ricordare, oltre alla cosiddetta potassa caustica (KOH), il cloruro (KCl), il carbonato, noto sotto il nome di potassa (K_2CO_3) e il nitrato (KNO_3) o salnitro, che è usato, in miscela con lo zolfo ed il carbone, per la fabbricazione della comune polvere da sparo o polvere nera.

CALCIO (Ca)

Fra i metalli alcalino terrosi si trovano il calcio ed il magnesio. I composti del calcio sono abbondantissimi in natura; specialmente comuni sono: il solfato (gesso), il carbonato (calcite) e il fosfato (fosforite, ecc.).

Le comuni rocce calcaree sono costituite in prevalenza da carbonato di calcio; da esso si ottiene, per eliminazione di anidride carbonica (mediante cottura), la così detta calce viva, che si chiama ossido di calcio (CaO).

La calce viva, trattata con acqua, in seguito ad una energica reazione con grande sviluppo di calore (fino a 300°), dà l'idrato di calce, sotto forma di una massa bianca, molle, aderente che è

comunemente chiamata *grassello*. Impastandola con la sabbia si ha la *malta*.

Sotto l'azione dell'anidride carbonica dell'aria, l'idrato si trasforma di nuovo in carbonato, provocando l'indurimento della malta e cioè la presa della malta.

Fra i composti del calcio sono da rammentarsi il *cloruro di calcio*, nonchè il *carburo di calcio* (Ca C_2) che, con l'acqua, sviluppa il gas acetilene.

MAGNESIO (Mg)

È piuttosto abbondante in natura sotto forma di carbonato, silicato e solfato ed entra, come tale, nella costituzione di varie rocce (dolomite, talco, ecc.) — Come solfato e cloruro, è contenuto in molte acque sorgive alle quali conferisce un sapore caratteristico amarognolo. Allo stato elementare ha un aspetto metallico ed è assai leggero. Brucia con fiamma viva, bianchissima. Le leghe di magnesio ed alluminio, per la loro leggerezza, sono molto usate specie nelle costruzioni aeronautiche. Esse, a seconda della percentuale di magnesio, sono chiamate *magnalio* ed *electron*.

ALLUMINIO (Al)

Questo metallo entra nella composizione di molte rocce come ossido idrato (bauxite) e silicato (caolino, leucite ed argilla).

Il caolino ha importanza grandissima nel campo dell'industria delle porcellane; l'argilla in quella delle terre cotte e quindi nell'edilizia.

Allo stato puro l'alluminio è un metallo bianco argenteo, duttile e malleabile, buon conduttore dell'elettricità.

Le leghe dell'alluminio hanno notevole importanza nelle industrie meccaniche e sono da ricordarsi, oltre alle già citate magnalio ed electron, il duralluminio (alluminio, rame, magnesio e manganese) ed il bronzo d'alluminio (rame ed alluminio).

Una proprietà importante di questo metallo è quella che, in polvere finissima, brucia con fiamma assai viva. Ha inoltre azione riducente, energica: sottrae l'ossigeno quasi a tutti gli ossidi con notevole sviluppo di calore (Termite).

METALLI PESANTI - FERRO (Fe)

Può considerarsi il metallo più importante di tutti per le sue svariatissime applicazioni. Libero, si trova assai raramente in rocce vulcaniche; associato al nichel, entra nella composizione dei meteoriti (frammenti di materia cosmica che cadono sulla terra).

Il ferro però viene quasi totalmente ricavato dai suoi minerali, quali la magnetite (Fe_3O_4), l'emanite (Fe_2O_3), la limonite (ossido idrato = $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), la siderite (FeCO_3) e la pirite (FeS_2).

Il ferro puro si ottiene dai minerali per riduzione a caldo negli altiforni. Veramente dall'altoforno non si ottiene il ferro puro bensì la così detta *ghisa*, cioè il ferro contenente dal 2,5 al 5% di carbonio.

Con ulteriori operazioni (processo Bessemer o processo Martin Siemens), si ottengono il ferro e gli acciai (decarburazione).

Fra i composti del ferro rammenteremo il cloruro e il solfato, che hanno applicazioni in tintoria e in medicina.

RAME (Cu)

È piuttosto abbondante in natura anche allo stato elementare, nonché nei suoi minerali: cuprite (ossido), malachite (carbonato), calcopirite (solfuro doppio di rame e di ferro).

Il rame si estrae dai suoi minerali per arrostitimento e successiva purificazione.

Il rame ha un colore rosso caratteristico, che all'aria umida si ricopre di efflorescenze verdi — verderame — costituite da carbonato basico di rame. È duttile e malleabile, buon conduttore di calore e di elettricità, e per questo ha numerose applicazioni.

Fra i composti del rame si ricorda il solfato (CuSO_4), detto anche vetriolo azzurro, grandemente richiesto in viticoltura.

ZINCO (Zn)

Non si trova libero in natura, ma si ricava dai suoi minerali fra i quali il più importante è la blenda (ZnS) o solfuro di zinco.

Lo zinco metallico, esposto all'aria, si ricopre di uno strato di ossido che impedisce una ulteriore alterazione; per questo si adopera lo zinco per opere esposte alle intemperie (tettoie, ecc.), oppure per rivestire lastre o fili di ferro (ferro zincato). Lo zinco inoltre è il componente di molte leghe come l'ottone (zinco e rame), l'argentana, ecc.

Fra i composti dello zinco si rammenta il litopone o bianco di zinco, miscela di solfato di bario e solfuro di zinco.

Il cloruro di zinco, ottenuto facendo sciogliere il metallo nell'acido cloridrico, si usa per pulire pezzi da saldare a stagno.

PIOMBO (Pb)

Si trova in natura sotto forma di solfuro (PbS detto galena), carbonato (cerussite) e solfato (anglesite).

Esso ha un color grigio azzurro caratteristico (grigio piombo) con splendore metallico; all'aria si ricopre di uno strato di ossido

che lo protegge da ulteriori alterazioni. È assai malleabile e fonde a 327°.

I composti del piombo sono molto velenosi e danno luogo ad una forma di avvelenamento detto *saturnismo*.

Noteremo fra i composti del piombo il carbonato basico o biacca di piombo e l'ossido salino (Pb_3O_4) o minio.

Oltre che allo stato di metallo puro, il piombo è usato nelle sue leghe: con l'antimonio per i caratteri da stampa, con lo stagno per la lega da saldare, con l'arsenico per i pallini da caccia.

STAGNO (Sn)

La cassiterite (SnO_2 = ossido di stagno) è il minerale più importante. Lo stagno metallico è bianco argenteo e fonde a 232°. Ha struttura cristallina che si rivela col caratteristico scricchiolio quando si piega una verga di stagno. Non si altera all'aria e all'acqua ed è perciò molto usato per rivestire recipienti e per ricoprire lastre di ferro (latta).

Le leghe di stagno hanno notevole importanza; tra queste rammentiamo, oltre a quella già rammentata per saldare, il *bronzo* (rame e stagno).

Lo stagno è raro in Italia.

MERCURIO (Hg) ED ALTRI METALLI

Il mercurio è il solo metallo che alla temperatura ordinaria si presenta liquido. Si solidifica a 38,8 gradi sotto zero. Allo stato nativo si trova qualche volta sotto forma di goccioline in seno al suo minerale: il cinabro o solfuro di mercurio (HgS).

I vapori di mercurio sono assai velenosi; il loro assorbimento produce un lento avvelenamento.

Il mercurio metallico viene largamente usato in apparecchi di fisica e chimica. Hanno pure notevole applicazione, specie in medicina, i due sali: calomelano ($HgCl$) e sublimato ($HgCl_2$). Alcuni composti del mercurio sono usati come esplosivi (fulminati).

Fra gli altri metalli si rammentano l'*Arsenico*, i cui composti sono tutti estremamente velenosi, l'*Antimonio* che viene usato in lega col piombo per i caratteri da stampa, il *Bario*, il *Cromo* e il *Manganese*.

Alcuni composti del bario (nitrati) entrano nelle bombe incendiarie e in quelle illuminanti. Gli altri metalli entrano, come abbiamo già veduto, nella costituzione di alcune leghe.

L'*oro*, l'*argento* ed il *platino* hanno importanza principalmente come metalli preziosi, peraltro trovano impiego anche in apparecchi elettrici ed in altre speciali applicazioni.

Combustibili

L'uomo conobbe le sostanze combustibili fino da tempi remotissimi ed il fuoco fu oggetto in ogni tempo di studi e speculazioni filosofiche.

Mentre nel linguaggio scientifico si dice che è combustibile qualsiasi sostanza che combinandosi con il comburente, generalmente ossigeno, dia luogo a produzione di calore e di luce, nella pratica si intendono per combustibili soltanto le sostanze impiegate nell'industria e nell'economia domestica come sorgente di calore e di luce.

I combustibili nel senso suddetto sono tutti composti del carbonio con idrogeno, azoto, ossigeno, ecc.

I combustibili vengono classificati in naturali e artificiali, ed in solidi, liquidi e gassosi.

COMBUSTIBILI

Stato di aggregazione	Naturali	Artificiali
Solidi	Legno Fossili { antracite litantrace lignite torba	Carbone di legna Coke agglomerati fibre tessili sostanze plastiche (esplosivi)
Liquidi	Petrolio grezzo	Catrame oli derivati del petrolio alcool etilico e metilico acetone, solfuro di carbonio
Gassosi	Idrogeno, metano, etano, propano, butano, idrogeno solforato, ecc.	gas illuminante, acetilene

Combustibili solidi: 1) Legno

Il legno è formato prevalentemente di cellulosa (55-58%) impregnato di lignina e di sali minerali (1%) e contiene acqua in proporzione tanto più elevata quanto più recente è il taglio.

Si usa distinguere il legno in dolce (pino, abete, pioppo, ecc.) e forte (faggio, olmo, noce, ecc.). Il legno di essenza dolce è meno compatto e brucia più rapidamente, quello di essenza forte brucia più difficilmente e con fiamma più corta.

Il potere calorifico del legno secco oscilla in media fra 4000 e 4500 calorie per Kg.

Come è facile prevedere hanno le stesse caratteristiche di combustibilità del legno anche alcuni suoi derivati, come le fibre tessili vegetali (canapa, lino, cotone, ecc.) ed anche i semi delle piante specialmente se ridotte allo stato pulverulento.

È nota la facile accendibilità delle farine di cereali che talvolta possono provocare rapidissime combustioni con caratteri molto vicini a quelli esplosivi, quando sono in polvere molto fine e disperse nell'aria.

È nota anche la facile autoaccensione di sostanze legnose come il fieno e la paglia per fenomeni di carattere biochimico che hanno inizio per il calore che si svolge nelle trasformazioni dovute al ciclo vitale di alcuni microrganismi.

2) Combustibili fossili

Sono prodotti dalla lenta carbonizzazione di sostanze vegetali avvenuta in remote epoche geologiche per l'azione combinata di temperature elevate e di forti pressioni. Secondo l'epoca di formazione e secondo i vegetali da cui derivano, si usa suddividere i combustibili fossili in: antraciti, litantraci, ligniti, torbe.

L'antracite è il combustibile di formazione più antica. Nera e lucente, si distingue dagli altri carboni per l'elevato contenuto in carbonio (85-95%) e per la scarsità di sostanze minerali e volatili. Il potere calorifico oscilla intorno a 8200 calorie.

Brucia difficilmente lasciando un coke pulverulento; non è molto usata nelle industrie; serve principalmente per il riscaldamento.

Il carbone fossile più importante è il litantrace. Formatosi nel periodo carbonifero per la lenta carbonizzazione di piante arboree (felci, conifere, ecc.) ha colore bruno o nero, più o meno lucente.

Contiene carbonio dal 75 al 90%, acqua in piccola quantità (1,5-2%) e sali minerali (4-14%); ha un potere calorifico che oscilla intorno a 8500 calorie.

Riscaldato fuori del contatto dell'aria (distillazione secca) sviluppa sostanze volatili lasciando un residuo spugnoso, nerastro che costituisce il coke.

All'aria brucia con fiamma più o meno lunga e fuliginosa.

Il litantrace, detto anche semplicemente carbon fossile, si classifica, in base alla maggiore o minore quantità di sostanze volatili che sviluppa nella distillazione, in carbone a lunga fiamma e carbone a corta fiamma.

Secondo il potere agglomerante, dovuto alla proprietà dei granuli di cementarsi fra loro quando vengono distillati e di lasciare quindi un residuo carbonioso più o meno coerente, si distingue in carbone magro che lascia un coke più compatto e carbone grasso che lascia un coke molto spugnoso.

I carboni che lasciano sviluppare molti prodotti volatili sono detti carboni da gas.

A proposito del litantrace è importante osservare che esso ha la proprietà di ossidarsi all'aria e talvolta di autoaccendersi.

Quindi bisogna che sia deposto in cumuli non troppo alti e ventilati, facilmente accessibili in modo da poterne controllare la temperatura.

Il litantrace sviluppa una notevole quantità di prodotti volatili i quali, se raccolti, opportunamente trattati, danno luogo a numerose sostanze gassose, liquide e solide di alto pregio.

La distillazione del litantrace si compie in storte o camere di materiale refrattario che vengono riscaldate a 1000-1200°. I gas vengono fatti passare in varie apparecchiature nelle quali si separano l'ammoniaca, il catrame, la naftalina, il benzolo, il toluolo, lo xilolo, ecc., mentre le sostanze gassose, costituiscono il così detto gas illuminante che, depurato con opportune miscele di composti chimici dall'idrogeno solforato e da altre sostanze, che sarebbero dannose, viene immesso nella rete di distribuzione.

Purtroppo l'Italia è priva del litantrace che abbonda, invece, in Inghilterra, in Germania e in America del Nord, in Russia ed in Australia.

La lignite deriva dalla carbonizzazione delle piante legnose (palme, conifere, latifoglie, ecc.) per lo più arboree.

È il combustibile fossile che abbonda anche in Italia (Toscana, Umbria, Sardegna, Veneto, Lombardia).

Appena estratta contiene dal 20 al 60% di acqua che per essiccamento si riduce al 15-20%. Il contenuto di carbonio varia dal 52 al 78%; contiene inoltre sali minerali e l'1-1,5% di zolfo.

Il colore cambia da quello del legno con incipiente carbonizzazione (ligniti xiloidi) a bruno (ligniti terrose), nero e lucente simile al litantrace (ligniti picce). Esistono anche varietà bituminose e grasse.

Il potere calorifico oscilla fra 5500 calorie, per le ligniti picce e 3500 cal., per quelle xiloidi.

La lignite è un ottimo combustibile e le varietà grasse possono essere assoggettate alla distillazione come il litantrace.

Il combustibile fossile di formazione più recente è la torba; si produce e si produce tuttora in terreni paludosi per la lenta decomposizione di piante erbacee (palustri).

Appena estratta contiene il 40-60% di carbonio e nella combustione lascia molte ceneri. Ha un potere calorifico poco superiore a 3000 calorie.

È usata come combustibile solo in vicinanza dei luoghi di produzione; più spesso si sottopone a distillazione per utilizzare i gas che si sviluppano (principalmente azoto per ricavarne poi ammoniaca) ed il coke. Le varietà fibrose si usano come lettiera per il bestiame e come assorbente delle acque luride.

Il carbone di legna è il prodotto della combustione incompleta del legno, fuori del contatto dell'aria. Si prepara con le cosiddette carbonaie, costituite da cumuli di legna (in genere di essenza forte) alti da 2 a 4 metri, ricoperti di zolle di terra, che vengono accesi e lasciati bruciare in difetto di aria per circa 8 giorni.

Nell'industria, allo scopo di recuperare i prodotti gassosi condensabili che si sviluppano (acido acetico, alcool metilico, acetone, catrame), l'operazione si effettua in storte verticali di acciaio munite delle opportune apparecchiature di condensazione.

Il carbone di legna è nero e duro. Brucia con fiamma bluastro senza fumo.

Contiene circa l'85-90% di carbonio; il 2-5% di cenere e il 5-7% di umidità. Ha un potere calorifico di 6500-7500 calorie.

Si utilizza per uso domestico ed in alcune industrie. Entra nella costituzione della polvere pirica e, per le sue proprietà assorbenti, è usato nei filtri delle maschere antigas (carbone attivo).

Come anzidetto il residuo della distillazione del litantrace e di alcune ligniti e torbe costituisce il coke, grigio-nerastro, leggero, più o meno spugnoso.

Il coke che viene usato in metallurgia e per riscaldamento contiene il 95-97% di carbonio ed ha un potere calorifico che oscilla fra 6700 e 7300 calorie.

Fra le sostanze combustibili solide sono importanti ai fini della tecnica antincendio, per il grande sviluppo che hanno assunto nella industria moderna, le materie plastiche tra le quali la più anticamente nota è la celluloid.

Ma questa è stata, per molti impieghi, quasi completamente soppiantata da altre sostanze aventi caratteristiche particolari oltre a quella di essere molto meno infiammabili.

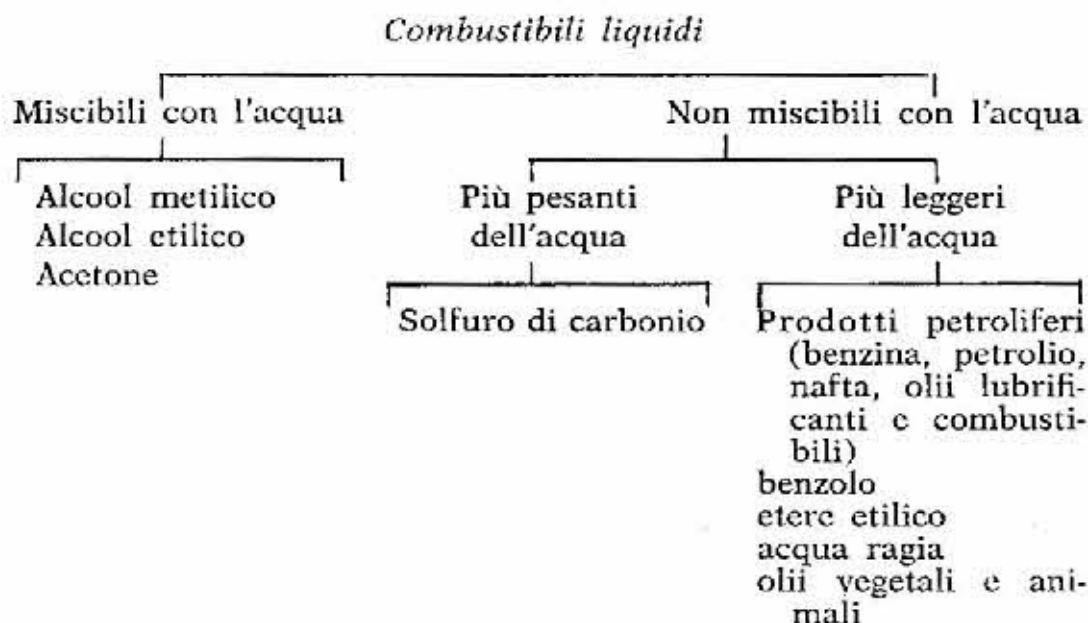
Ricorderemo gli acetati e butirrati di cellulosa, le resine formiche fra le quali la ben nota « bakelite » e la « formica », quelle formiche (es. gabbrite), quelle alla caseina (es. galatite), quelle poliamitiche (es. nylon), quelle gliceroftaliche (es. glyptal), quelle poliacriliche (es. plexiglas), quelle poliviniliche (es. vipla), quelle polistiroliche (es. polistirolo), polietileniche (es. politene), ecc., ecc.

Tali sostanze sono più o meno combustibili; in genere nella loro combustione svolgono abbondanti fumi neri.

Sono da ricordarsi altresì le fibre tessili artificiali (fra le quali il rayon) in genere infiammabilissime ed infine la gomma sia naturale che artificiale. Per tali ultimi materiali bisogna tener presente che nella combustione sviluppano abbondanti fumi neri e densi.

COMBUSTIBILI LIQUIDI

A secondo della miscibilità o meno con l'acqua i combustibili liquidi vengono classificati:



Per i combustibili liquidi nei quali la combustione è preceduta dall'evaporazione (è infatti il vapore del liquido che dà luogo alla combustione) è da tener presente la tensione di vapore e quindi la temperatura di ebollizione (temperatura alla quale la tensione di vapore è uguale alla pressione atmosferica) nonché il *punto di infiammabilità*. Quest'ultimo fattore, di grande importanza anche ai fini di una valutazione della pericolosità dei combustibili liquidi, detto anche punto di lampeggiamento, viene definito come *la più bassa temperatura alla quale il liquido emette vapori che con l'aria formano una miscela infiammabile*.

La legislazione italiana (D.M. 31 luglio 1934) classifica i combustibili liquidi in tre categorie:

- Cat. A) con punto d'infiammabilità inferiore a 21°.
- Cat. B) con punto d'infiammabilità compreso fra 21° e 65°.
- Cat. C) con punto d'infiammabilità superiore a 65°.

Dato il fatto che sono i vapori del liquido che con l'aria danno luogo a miscele infiammabili, dovremo tener conto anche delle concentrazioni rispettive del combustibile e dell'aria.

I *limiti inferiore e superiore d'infiammabilità* rappresentano le concentrazioni minime e massime del combustibile in miscela con l'aria che consentono la combustione se in un punto qualsiasi del miscuglio si raggiunge la temperatura d'ignizione. Le concentrazioni comprese entro tali limiti costituiscono il *campo d'infiammabilità*.

Fra i liquidi infiammabili miscibili con l'acqua abbiamo ricordato l'alcool metilico, etilico e l'acetone.

L'*alcool metilico* è uno dei prodotti della distillazione del legno; è un liquido incolore che brucia con fiamma poco luminosa e discretamente calorifica. Venne usato con buoni risultati come carburante miscelato alla benzina ma il suo impiego più importante è come solvente nelle industrie chimiche.

Più diffuso in ogni campo è l'*alcool etilico*, liquido incolore di odore gradevole, più leggero dell'acqua detto anche « spirito di vino » in quanto che un tempo si otteneva esclusivamente per distillazione del vino e delle vinacce. Oggi la produzione dell'alcool etilico, a causa delle enormi richieste, è basata su processi fermentativi delle sostanze zuccherine.

Trova largo impiego nelle industrie chimiche (fabbricazione dell'aldeide acetica e derivati), in profumeria, nelle industrie dei liquori e come disinfettante.

Dalla distillazione secca del legno, oltre all'alcool metilico, viene estratto l'*acetone*, liquido incolore, di odore eterico, più leggero dell'acqua, usato come solvente della celluloidi, della canfora, in profumeria ed altre industrie chimiche.

Fra i liquidi combustibili più pesanti dell'acqua ricorderemo il *solfuro di carbonio* che si ottiene facendo passare vapori di zolfo su carbone rovente.

Questo composto oltre ad avere una tensione di vapore molto alta (bolle a 46°,5) possiede le caratteristiche di essere fortemente tossico. È altresì infiammabilissimo: i suoi vapori si autoaccendono a 100-150° e la combustione è rapidissima, con carattere esplosivo. Il fatto che il solfuro di carbonio è più pesante dell'acqua permette l'impiego di questa come mezzo di estinzione.

Il solfuro di carbonio, liquido incolore, di odore sgradevole, ha numerose applicazioni; è usato come antiparassitario e insetticida in agricoltura, nella fabbricazione del rayon, come solvente dei grassi e degli olii, nella vulcanizzazione della gomma.

Nelle industrie dei trasporti, sia terrestri che marittimi ed aerei hanno assunto oggi fondamentale importanza i *prodotti petroliferi* (benzina, petrolio, nafta, olii lubrificanti), che si ottengono per distillazione frazionata e per altre manipolazioni dal *petrolio greggio*.

Questo liquido — miscela di numerosissimi idrocarburi — viene estratto dal sottosuolo anche a notevoli profondità.

La sua origine è ancora molto discussa e non è ancora bene accertato se provenga dalla decomposizione di sostanze organiche vegetali od animali ed è stata avanzata l'ipotesi dell'origine inorganica. Non vogliamo entrare in merito a tale questione e ci limiteremo a dire che la maggior parte degli studiosi in materia è orientata nell'origine organica.

Dalla distillazione frazionata del petrolio greggio si ottengono i seguenti prodotti:

<i>Olii leggeri</i>	<i>peso specifico</i>	<i>punto di ebolliz.</i>
Etere di petrolio	0,635-0,660	40°-70°
Gasolina	0,660-0,667	70°-80°
Benzina leggera	0,667-0,707	80°-120°
Ligroina (benzina pes.)	0,707-0,760	100°-120°
<i>Olii medi</i>		
Petrolio da illuminazione	0,760-0,864	150°-300°
Nafta (gasolio)	0,850-0,980	oltre 300°

Olii pesanti

Olii lubrificanti nelle diverse gradazioni.

Residui

Vasellina, paraffina, bitumi.

Tutti i prodotti petroliferi non sono solubili in acqua e sono in genere più leggeri di questa; i loro vapori danno con l'aria miscele infiammabili ed esplosive; ma con velocità di combustione sufficientemente progressiva in modo da consentirne l'applicazione per motori a combustione interna.

È qui opportuno accennare ad un fenomeno che avviene nel processo di combustione di alcuni carburanti; la così detta detonazione, fenomeno che si manifesta con un'onda esplosiva che urtando le pareti dei cilindri dà luogo ad un colpo secco: il caratteristico « picchiamento ».

Come ciò avvenga e quali siano le condizioni necessarie affinché il fenomeno si verifichi, sfuggono ad una diretta valutazione. Sono state avanzate varie ipotesi; evidentemente però ha sostanzialmente influenza la costituzione chimica del carburante.

È stato osservato infatti che alcuni idrocarburi come l'isottano non manifestano questo fenomeno mentre altri come l'eptano normale lo manifestano in modo molto sensibile.

Al primo venne attribuito il valore 100 ed al secondo il valore 0. Miscelando questi due idrocarburi si ha una scala di valori da 0 a 100

che esprimono il così detto *numero di ottano*, che in questo caso rappresenta in effetti la percentuale di isottano presente nella miscela.

Confrontando il comportamento, agli effetti della detonazione, di un dato carburante, con le miscele più sopra descritte si ottiene il numero di ottano che a questo può attribuirsi.

Queste determinazioni vengono effettuate mediante un motore speciale a rapporto di compressione variabile con caratteristiche standardizzate.

Dalla distillazione del carbon fossile si ottengono numerosi prodotti e fra questi il più importante sotto tutti gli aspetti è il *benzolo*, liquido incolore, di odore caratteristico, praticamente insolubile in acqua.

Questo idrocarburo è usato in molte industrie, specie chimiche, della gomma e degli esplosivi.

Brucia facilmente con fiamma fuliginosa e luminosa.

Combustibili gassosi.

Per le sostanze gassose, oltre ai fattori già considerati per i liquidi e per i solidi (temperatura d'ignizione, potere calorifico, punto d'inflammabilità, campo d'inflammabilità) si deve tener conto anche di altri fattori particolari.

Anzitutto è da tener presente la distinzione sia pure formale fra gas e vapore. Diconsi *gas* quelle sostanze che sono e rimangono allo stato aeriforme nelle condizioni ordinarie di temperatura e pressione, mentre diconsi *vapori* quando l'aeriforme si libera dalla superficie di sostanze liquide in conseguenza del noto fenomeno dell'evaporazione. I gas propriamente detti, a determinate pressioni e con conveniente abbassamento di temperatura, possono passare allo stato liquido; per ogni gas esiste una *temperatura*, detta *critica*, *al disopra della quale non è possibile ottenere la liquefazione dei gas*.

Ovviamente, quindi, si possono avere dei gas per i quali è facile la liquefazione (ammoniaca, cloro, anidride solforosa, ecc.) perchè la temperatura critica è superiore a quella ordinaria, mentre altri (metano, ossido di carbonio, azoto, ossigeno, ecc.) avendo temperatura critica molto bassa non possono essere liquefatti con i mezzi normali.

Il *gas naturale* più noto, anche in epoche relativamente remote, è il *metano* detto anche gas delle paludi.

In Italia la pianura padana e l'Emilia ne sono particolarmente ricche; si trova anche in Sicilia e nella Basilicata. L'industria metanifera italiana va sempre più sensibilmente sviluppandosi mentre i sondaggi e le perforazioni aumentano giorno per giorno.

Nelle miniere di carbon fossile è sempre presente e costituisce, in miscela con l'aria, il ben noto « grisou ».

Ciò si spiega col fatto che il metano si produce nella decomposizione di sostanze organiche. Si sviluppa infatti nei luoghi paludosi

per putrefazione di vegetali sotto le acque; si trova anche tra i gas dell'intestino umano e degli animali.

Il metano è un gas incolore, inodoro, insaporo, assai più leggero dell'aria, pochissimo solubile in acqua. Con l'aria forma una miscela esplosiva le cui caratteristiche sono molto simili alle miscele benzina-aria; fatto questo che fece pensare all'utilizzazione del metano come carburante.

L'impiego di questo, si va estendendo anche come mezzo riscaldante industriale.

La reazione di combustione è fortemente esotermica e si raggiungono temperature piuttosto elevate (1850°).

Normalmente viene distribuito compreso a 200 atm in recipienti di acciaio (bombole) o attraverso metanodotti.

Circa l'impiego del gas metano per uso domestico, bisogna tener conto di due fattori che potremo chiamare negativi: la forte pressione del gas nelle bombole è la quasi assoluta mancanza di odore.

Fra i gas derivanti dalla distillazione del petrolio grezzo si ricordano: l'etano, propano, butano, ecc.

Questi gas, noti genericamente col nome di G.P.L. (gas petroliferi liquefatti), hanno assunto attualmente una notevole importanza in quanto che miscele di esse in varie proporzioni vengono impiegate per uso domestico con i nomi commerciali: liquigas, pibigas, butangas, autogas, ecc.

Avendo una temperatura critica piuttosto elevata, consentono la liquefazione anche con deboli pressioni (2-8 atm) e sono appunto posti in commercio in apposite bombole allo stato liquido.

In generale nelle suddette miscele sono preponderanti il propano ed il butano.

Nelle bombole queste miscele di gas sono contenute allo stato liquido con modeste pressioni che non superano mai le 10 atm.

Da quanto sopra esposto sembrerebbe che tali miscele gassose dovessero presentare una notevole sicurezza di impiego.

Non bisogna dimenticare però che esse, pur avendo insite tutte le caratteristiche di pericolosità dei carburanti liquidi, a differenza di questi ultimi, che per bruciare debbono vaporizzarsi, sono già allo stato gassoso e possono passarvi rapidamente non appena escono dal recipiente ove la pressione li mantiene allo stato liquido.

Fra i gas artificiali più noti ed impiegati si ricorda l'acetilene. Si può ottenere l'acetilene con l'arco elettrico in atmosfera di idrogeno, ma la maggior parte si produce per azione dell'acqua su carburo di calcio o facendo bruciare metano in ossigeno.

L'acetilene è un gas incolore, con odore caratteristico, velenoso quando è contenuto in forti percentuali nell'aria (oltre il 19%), poco più leggero di questa.

Brucia con fiamma fuliginosa nell'aria per combustione incompleta mentre con l'ossigeno la reazione di combustione avviene completamente.

La reazione è fortemente esotermica e si raggiungono temperature elevate (2500°) che permettono la saldatura autogena dei metalli (fiamma ossi-acetilenica).

È da tener presente che la velocità di combustione della miscela aria-acetilene è fortissima, fatto questo che spiega i disastrosi effetti delle esplosioni di acetilene.

L'acetilene, se sottoposto a pressioni superiori a 2 atmosfere dà luogo a fenomeni di dissociazione con effetti esotermici e con alte velocità di reazione; fenomeni che possono provocare lo scoppio dei recipienti.

Per evitare questo pericolo si ricorre alla soluzione di acetilene in acetone, valendosi altresì della proprietà dei tubi capillari di impedire la propagazione di un'onda esplosiva.

In pratica le bombole per acetilene sono riempite completamente di una massa (farina fossile, fiocchi di amianto o simili) imbevuta di acetone.

Nei recipienti così sistemati l'acetilene può essere compressa fino a 20-25 atmosfere. È opportuno comunque non superare le 25 atmosfere, per avere sufficienti garanzie di sicurezza.

L'acetilene è sensibile agli urti ed al calore ed ha un campo di infiammabilità vastissimo.

Quando la combustione del carbonio avviene in modo incompleto si svolge *ossido di carbonio* (CO).

È un gas molto tossico e non possiede nessun carattere organolettico atto a svelarne la presenza: l'azione tossica è dovuta ad alterazioni del sangue.

È infiammabile e brucia con fiamma caratteristica.

Una particolarità di questo gas è quella di diffondersi facilmente attraverso pareti anche metalliche — di ghisa in particolare —. Questo spiega i numerosi incidenti che si sono verificati nell'uso delle stufe di ghisa alimentate a carbone.

Il *gas illuminante* deriva dalla distillazione del carbone fossile depurato dall'idrogeno solforato e da altre sostanze che possono provocare danni all'organismo umano.

La composizione media del gas di Roma alla fine del 1955 era:

Idrogeno	41-42%
Metano	18%
Ossido di carbonio	17%
Anidride carbonica, azoto ossigeno, acetilene ed altri idrocarburi	13-14%
Umidità ed impurezze varie	9-10%

È incolore, di odore caratteristico, più leggero dell'aria, velenoso per la presenza dell'ossido di carbonio. Brucia con fiamma azzurrognola molto calorifica.

È impiegato come combustibile per usi domestici e industriali.

Fra i composti del carbonio ha particolare importanza il *tetracloruro di carbonio* che, come è noto, è usato anche come mezzo antincendio. È un liquido incolore, di odore etereo, più pesante dell'acqua, molto volatile, difficilmente congelabile. I suoi vapori sono 5,3 volte più pesanti dell'aria; un litro di liquido ne produce 310 di vapore che non è combustibile.

Oltre ad agire fisicamente come mezzo soffocante e raffreddante (nell'evaporazione si ha un forte assorbimento di calore) sembra accertato che il vapore del CCl_4 (tetracloruro di carbonio) abbia un'azione catalitica negativa nei processi di combustione.

Un'altra particolarità importante di questo composto è di essere un buon isolante elettrico, quindi può essere impiegato senza pericoli negli incendi di apparecchiature elettriche sotto tensione.

È da tener presente però che in qualche caso il tetracloruro di carbonio può provocare la formazione di sostanze gassose fortemente tossiche (fosgene COCl_2).

Praticamente le possibilità di produzione di sostanze gassose venefiche nell'impiego del tetracloruro di carbonio sono:

- a) temperatura intorno a $500^\circ \div 600^\circ$;
- b) presenza di sostanze ossidanti ed alcali forti.

Comportamento simile al tetracloruro di carbonio, hanno altri composti organici alogenati fra i quali sono da ricordare il bromuro di metile e di etile, il clorobromometano, ecc.

ESPLOSIVI

Gli esplosivi sono sostanze solide o liquide (più raramente), che sotto l'azione di determinate cause (pressione, urto, sfregamento, riscaldamento, scintilla elettrica, ecc.) si decompongono dando luogo a reazioni violente con forte sviluppo di calore e abbondante produzione di gas, i quali per effetto dell'alta temperatura, se costretti in piccolo spazio, entrano in pressione elevatissima, capace di svolgere potenti azioni meccaniche.

A seconda della loro velocità di decomposizione gli esplosivi si distinguono in:

- a) propulsivi (o di lancio) nei quali la decomposizione avviene con progressione lenta;
- b) frantumanti (o di scoppio) nei quali la velocità di decomposizione è talmente grande che la massa gassosa che si origina raggiunge istantaneamente il massimo della pressione;
- c) detonanti (o da innesco) i quali, oltre ad avere una reazione esplosiva quasi istantanea, danno luogo a fenomeni vibratorii (onde esplosive di propagazione rapidissima).

La detonazione di un esplosivo avviene nel modo seguente: la detonazione dell'innesco produce una subitanea pressione sotto la quale gli strati dell'esplosivo, che per primi ricevono l'urto, assumono un'elevata temperatura che provoca la reazione esplosiva. I prodotti di questa, sviluppati quasi istantaneamente, danno luogo ad un urto successivo, più violento del primo, sopra gli strati contigui e così via via attraverso l'intera massa.

La propagazione della decomposizione chimica dell'esplosivo avviene dunque in modo analogo a quello delle onde sonore sotto forma di un'onda di natura speciale detta onda esplosiva.

La velocità di propagazione dipende dalla natura chimica dell'esplosivo ed è dell'ordine di alcune migliaia di metri al secondo.

L'intensità dell'onda dipende anche dalla potenza dell'innesco.

Il più antico esplosivo conosciuto è la *polvere pirica* (polvere nera) costituita da miscuglio di 75% di salnitro (nitrato di potassio), 15% di carbone e dal 10% di zolfo. I gas di scoppio, formati da anidride carbonica, ossido di carbonio ed azoto, per l'elevata temperatura forniscono notevoli pressioni che raggiungono il valore massimo di 4600 atmosfere.

Una polvere più potente si ottiene se in luogo del salnitro si pone il clorato di potassio: si raggiunge così la pressione massima di 6000 atmosfere.

Gli esplosivi nitrocomposti superano di gran lunga in potenza la polvere nera; fra essi importanti sono:

1) La *nitroglicerina*: liquido oleoso, incolore, grandemente pericoloso, poichè esplode al minimo urto producendo gas (anidride carbonica, vapore acqueo, azoto, ossigeno).

2) La *dinamite* che non è altro che nitroglicerina stabilizzata per incorporazione di farina fossile.

3) Le *nitrocellulose* prodotte da nitratura della cellulosa, delle quali interessanti sono il *cotone fulminante* e il *cotone collodio*. Questi esplosivi esplodendo producono i seguenti gas: anidride carbonica, ossido di carbonio, vapore d'acqua, idrogeno ed azoto.

4) L'*acido picrico* derivato del fenolo, solido, di colore giallo, solubile in acqua.

5) Il *tritolo* derivato del toluolo.

6) Il *nitrobenzolo*.

Oltre agli esplosivi nitrocomposti sono da ricordare:

a) Gli *esplosivi clorati*: sono caratterizzati da un energico potere ossidante, tanto che con le sostanze combustibili formano delle miscele esplosive.

A contatto con acido solforico concentrato producono terribili esplosioni. I clorati più noti sono quelli di potassio e di sodio.

Sono impiegati, oltre che nelle industrie degli esplosivi, in piro-tecnica ed in farmacia.

Negli incendi si deve curare di allontanare, se possibile, i barili che li contengono o di inondarli in posto.

b) I *fulminati* fra i quali il *fulminato di mercurio* impiegato come detonante.

Da miscele, opportunamente fatte, di questi vari esplosivi si ottengono i numerosi tipi di esplosivi composti fra i quali si annoverano vari esplosivi di lancio quali ad esempio:

a) la *balestite* (miscela in parti uguali di nitroglicerina e di cotone collodio);

b) la *cordite* (formata dal 30% di nitroglicerina da 65% di nitrocellulosa e dal 5% di vasellina);

c) la *polvere C₂* (costituita da 23,5% di nitroglicerina, dal 70,5% di nitrocellulosa, dal 5% di vasellina e dall'1% di bicarbonato di soda);

d) diversi esplosivi di scoppio quali ad esempio gli *esplosivi da mina*.

In caso d'incendio l'acqua è praticamente il mezzo più efficace da adoperarsi sia per combattere direttamente i focolai sia soprattutto per proteggere i reparti minacciati.

L'effetto dello scoppio di esplosivi è essenzialmente dovuto al violento spostamento dell'aria, la quale viene spinta a grandissima velocità (fino a 6500 Km/h), si crea cioè tutto intorno nell'atmosfera un'ondata di pressione che viaggia alla velocità sopra indicata. Questa pressione persiste in ogni direzione per circa un millesimo di secondo; ad essa segue immediatamente un'onda di ritorno che tende con maggior velocità di quella di scoppio a ristabilire l'equilibrio della massa d'aria spostata: si genera così un risucchio la cui durata pare sia un po' più lunga ed i cui effetti distruttori sono maggiori.

Ciò spiega i fenomeni, apparentemente strani, osservati in seguito allo scoppio di bombe dirompenti quali ad esempio lo scoppio di una bomba nella via che svelle in fuori le serrande metalliche dei vicini negozi; lo scoppio di una bomba nell'interno di una casa che provoca la caduta verso l'interno di gran parte dei muri dell'edificio.

FENOMENI DI AUTOCOMBUSTIONE - FERMENTAZIONE

Fra le cause d'incendio si cita spesso il fenomeno dell'autocombustione, specialmente quando l'incendio stesso si è sviluppato in ammassi di fieno o di paglia.

Al riguardo si osserva che le sostanze di natura organica, in determinate circostanze di ambiente, danno luogo ad una serie di trasformazioni assai complesse e non tutte bene spiegate, trasfor-

mazioni che vengono complessivamente indicate col nome di fermentazione. Tale fenomeno è dovuto all'azione di microrganismi i quali provocano la decomposizione della sostanza organica con sviluppo di gas, quali: metano, idrogeno, acido solfidrico, anidride carbonica, ammoniacca, ecc. e con notevole produzione di calore.

Come può intuirsi facilmente, dato che i gas che si producono sono in generale facilmente infiammabili, se l'aumento della temperatura è notevole, si ha l'accensione dei gas stessi.

Questo avviene specialmente nei foraggi, quando questi sono ammassati e umidi.

La presenza dell'umidità è necessaria per l'azione fermentativa, mentre l'ammassamento impedisce la diffusione dei gas e la dispersione del calore, di modo che non di rado si raggiungono le condizioni favorevoli per l'autoaccensione.

Dovunque avvengano decomposizioni di sostanze organiche si sviluppano dei gas più o meno infiammabili e velenosi; è noto che nei pozzi neri e nelle fosse biologiche si trovano sempre dei gas che possono formare con l'aria miscele esplosive (acido solfidrico, metano, ecc.) e che sono anche pericolosi, perchè tossici o irrispirabili.

PARTE QUARTA

ELEMENTI DI TOPOGRAFIA

NOZIONI DI TOPOGRAFIA

Orientamento.

L'uomo ha sempre sentito il bisogno di fissare intorno a sè dei punti di riferimento per meglio determinare la sua posizione rispetto ai luoghi che lo circondano e, osservando il cammino apparente del sole, fissò quattro punti base: i *punti cardinali*.

- Est o Levante od Oriente = punto dell'orizzonte da cui sorge il sole al mattino del 21 marzo e del 23 settembre (equinozi);
- Ovest o Ponente od Occidente = punto dell'orizzonte opposto all'Est e in cui tramonta il sole la sera del 21 marzo e 23 settembre;
- Sud o Mezzogiorno od Ostro = punto dell'orizzonte sopra il quale il sole appare più alto;
- Nord o Settentrione o Tramontana = punto dell'orizzonte opposto al Sud e sopra il quale, di notte, si vede brillare la Stella Polare.

Questi quattro punti dividono l'orizzonte in quattro archi, ognuno dei quali abbraccia un angolo di 90° .

Data l'ampiezza d'orizzonte tra i punti cardinali e il bisogno di disporre di direzioni intermedie, furono inseriti fra essi altri quattro punti:

- Greco o Nord-Est: (NE);
- Scirocco o Sud-Est: (SE);
- Libeccio o Sud-Ovest: (SO) o (SW);
- Maestro o Nord-Ovest: (NO) o (NW);

sicchè l'arco di orizzonte compreso tra un punto cardinale ed il suo intermedio abbraccia un angolo di 45° .

L'insieme dei quattro punti cardinali e dei quattro intermedi, forma la Rosa dei Venti.

Orientarsi significa stabilire i punti cardinali e rilevarne uno di essi, è facile individuare tutti gli altri. Trovato per esempio, il Levante e rivolto il viso verso di esso, si avrà alle spalle il Ponente, a destra il Sud, a sinistra il Nord; obliquo a destra lo Scirocco, obliquo a sinistra il Maestro, ecc.

La determinazione del primo punto si può fare:

- di giorno: con il sole e l'orologio; il Sud si trova nella direzione della bisettrice dell'angolo formato tra la lancetta delle ore, orientata verso il sole, ed il numero 12 del quadrante;

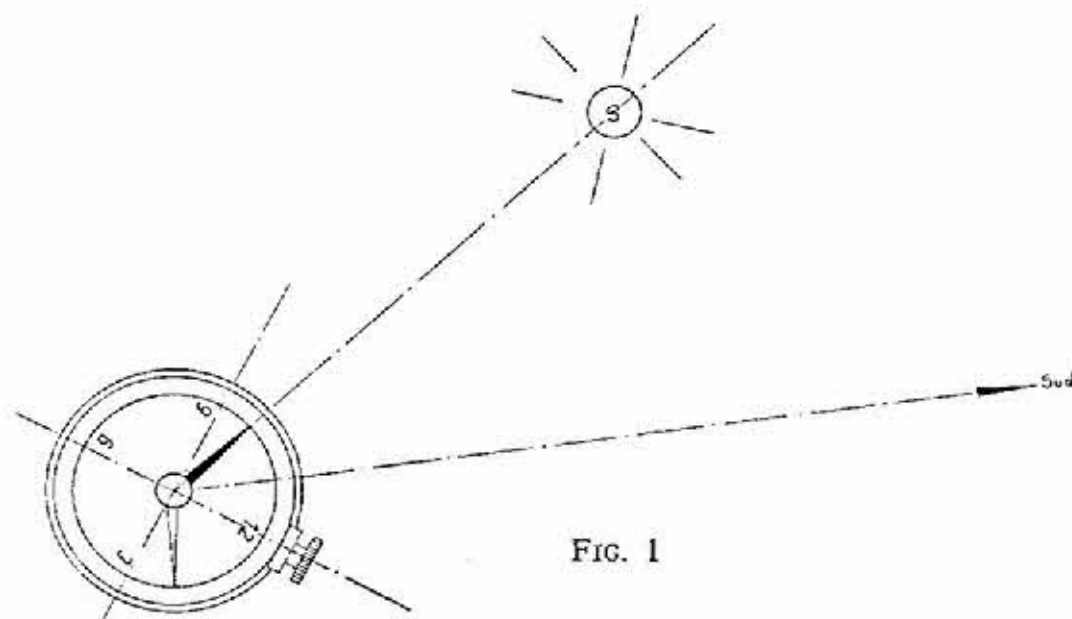


FIG. 1

- di notte: nell'emisfero boreale, il Nord è nella direzione della Stella Polare;
- con la bussola: in qualsiasi momento e con qualsiasi tempo, giacchè la punta annerita dell'ago della bussola è rivolta costantemente verso il Nord.

Reticolato geografico.

Le linee ideali passanti per ciascun punto della terra e che congiungono il Nord col Sud, si chiamano *Meridiani*; quelle ad esse perpendicolari e congiungenti il Levante col Ponente, si chiamano *Paralleli*. Queste linee, che idealmente formano una rete intorno alla terra, numerate ed orientate, servono a determinare l'esatta posizione dei singoli punti della terra.

I meridiani vanno contati partendo dal meridiano fondamentale o meridiano zero (passante per l'osservatorio di Greenwich)

e la numerazione di essi, va crescendo sia verso Levante che verso Ponente fino al valore massimo di 180°. Quest'ultimo meridiano corrisponde al meridiano opposto a quello fondamentale.

I paralleli si contano partendo dall'Equatore o parallelo zero (cerchio massimo terrestre perpendicolare ai meridiani) e la loro numerazione va crescendo sia verso Nord che verso Sud, fino al valore massimo di 90° (poli).

Per una più precisa determinazione del punto, l'arco compreso tra due meridiani (o tra due paralleli), è stato diviso in 60 minuti primi e ogni minuto primo in 60 minuti secondi.

Coordinate geografiche.

La posizione di un qualsiasi punto della terra è determinata dalle sue coordinate geografiche ovvero da due numeri complessi e due punti cardinali che indicano:

- il primo la longitudine (distanza misurata in gradi e frazioni di grado verso Levante o verso Ponente partendo dal meridiano fondamentale);
- il secondo la latitudine (distanza misurata in gradi e frazioni di grado verso Nord o verso Sud partendo dall'equatore).

Esempio:

$$\text{Roma (M. Mario)} = \begin{cases} 12^\circ 27' 08'' \text{ Est} \\ 41^\circ 55' 30'' \text{ Nord} \end{cases}$$

Le coordinate geografiche, oltre che stabilire la esatta posizione di ciascun punto della terra, permettono anche di misurare la distanza tra due o più punti e determinare le vie (rotte) per raggiungerli.

Carte geografiche.

Scopo della topografia è raffigurare su un foglio una porzione della superficie terrestre, rappresentando gli oggetti (edifici, strade, città, ecc.) e i fenomeni geografici (mari, monti, fiumi, ecc.) nella giusta posizione così come sono disposti in natura.

Scale.

Naturalmente la raffigurazione grafica sarà *simile* a quella vera sul terreno, ma rimpicciolita, in quanto in un foglio di limitate dimensioni vi si riporta una superficie di gran lunga più estesa.

In funzione del particolare impiego delle carte, esse possono rappresentare una zona molto vasta (carte geografiche, carte nautiche, carte aeronautiche, ecc.) con pochi dettagli (monti, laghi, fiumi, città, mari) o una zona limitata (carte topografiche, mappe e piante) e ricche di particolari (strade, strade ferrate, passaggi a livello, ponti, campanili, casolari, ecc.).

Si dice *scala* o rapporto di riduzione, il rapporto tra la distanza tra due punti, misurata sulla carta, e quella vera, esistente sulla terra, tra i corrispondenti punti; cioè:

$$\text{scala} = \frac{\text{distanza tra i punti A e B sulla carta}}{\text{distanza vera tra i punti A e B sul terreno}}$$

Quanto più piccola è la scala o il valore del rapporto di riduzione, tanto più vasta sarà la zona rappresentata sul foglio.

In dipendenza della scala, le carte si dividono in:

- *carte geografiche*: scala inferiore 1:1.000.000 (la distanza di 1 cm. misurata sulla carta corrisponde sul terreno alla distanza vera di 1.000.000 di cm. = 10.000 m. = 10 Km.) rappresentano il territorio di interi continenti o di più nazioni;
- *carte corografiche*: scala da 1:1.000.000 a 1:200.000 (esempio nella scala 1:500.000, la distanza di 1 cm. sulla carta corrisponde alla distanza vera di 500.000 cm. = 5.000 m. = 5 Km.) rappresentano il territorio di piccole nazioni o di regioni;
- *carte topografiche*: scale da 1:200.000 a 1:10.000 (esempio, le carte automobilistiche del T.C.I. sono a scala 1:200.000 e pertanto la distanza di 1 cm. misurata sulla carta corrisponde a 200.000 cm. = 2 Km. sul terreno) rappresentano il territorio di provincie o di comuni;
- *piante o mappe*: scala superiore a 1:10.000, rappresentano limitate superfici con ricchezza di particolari quali: vie, piazze, monumenti, edifici di particolare interesse, giardini, prati, culture, ecc.

La scala, oltre che con l'indicazione numerica, è anche rappresentata graficamente con un segmento di una data lunghezza (per esempio: 10 cm.), ridotto secondo le proporzioni della carta (per esempio 1:10.000); per cui i numeri riportati sopra il segmento danno il valore della misura vera sul terreno.

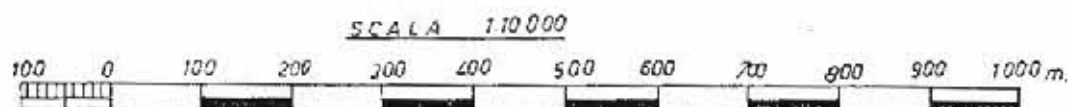


FIG. 2

In funzione dei fenomeni che si vogliono mettere in evidenza, le carte si distinguono in: carte fisiche, politiche, antropiche, economiche, ecc.; nel presente corso saranno prese in esame solo le carte fisiche, quelle cioè che mettono in evidenza gli oggetti ed i fenomeni fisici (mari, monti, città, ecc.) esistenti nella zona di terreno rappresentata.

Rappresentazione del terreno.

Affinchè si abbia una visione completa della zona e dei suoi fenomeni, questi ultimi sono rappresentati con segni convenzionali che di per sè, ciascuno dà l'idea dell'oggetto che vuol rappresentare: i fiumi, per esempio, sono rappresentati con linee azzurre, le ferrovie con linee nere frammezzate di rettangolini (stazioni, caselli), le strade rotabili con doppia linea continua colorate dal rosso al giallo in relazione alla loro categoria (autostrade, strade nazionali, ecc.); le pendenze delle strade sono rappresentate con trattini trasversali tanto più fitti quanto maggiore è la pendenza, ecc.

Facile è la rappresentazione della costa sul mare o sui laghi, più difficile si presenta invece la raffigurazione dei rilievi (monti, valli, frane, burroni, ecc.) per i quali i metodi di rappresentazione sono diversi a secondo della scala delle carte.

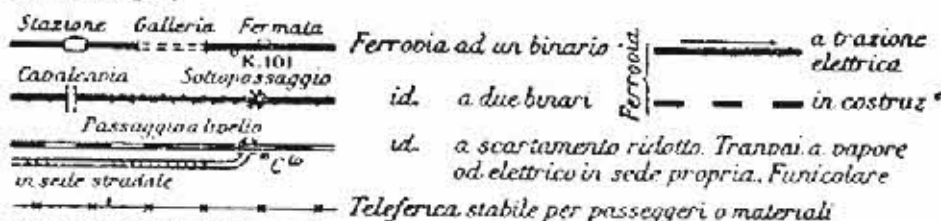
Per le carte geografiche e corografiche, che del rilievo danno un'idea sommaria, i sistemi in uso sono:

- *il tratto forte*: linea nera spessa che indica l'andamento delle creste delle montagne;
- *il tratteggio*: trattini disposti nella direzione del pendio e tanto più fitti quanto più il pendio è ripido;
- *lo sfumo*: tinta bruna con effetti di chiaro-scuro per dare l'idea della pendenza;
- *le tinte altimetriche*: gradazione di colore, dal verde al marrone, che rappresentano le diverse altitudini sul livello del mare.

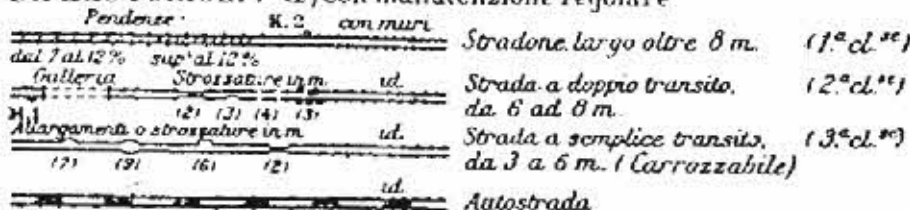
Per le altre carte, il sistema più preciso, per raffigurare, su un piano, le pendenze, la forma e l'altitudine del rilievo, è quello delle curve di livello o linee altimetriche. Esse sono delle curve che si ottengono congiungendo con una linea continua tutti i punti del terreno situati alla medesima altitudine sul livello del mare.

SEGNI CONVENZIONALI

Ferrovie:

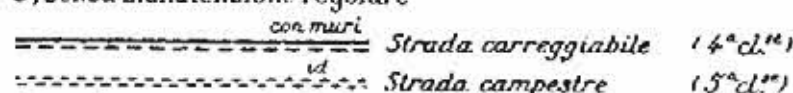


Strade rotabili: a) con manutenzione regolare



Strada rotabile in costruzione

b) senza manutenzione regolare



Strade non rotabili:

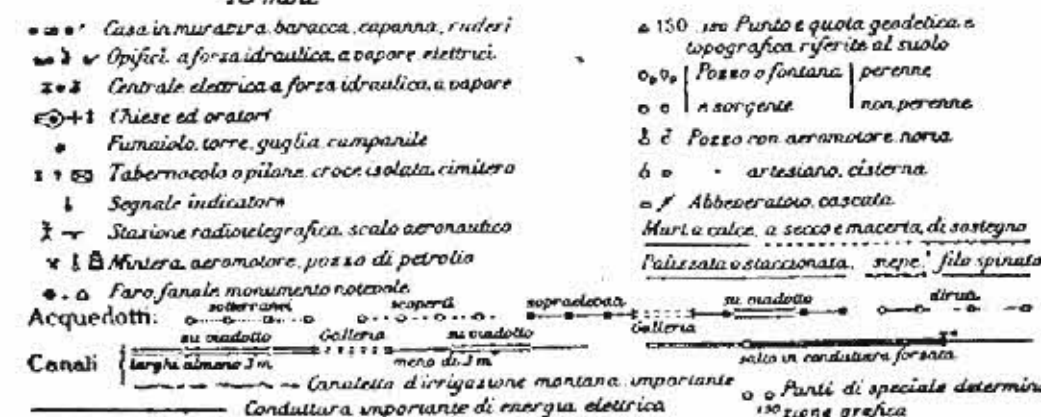
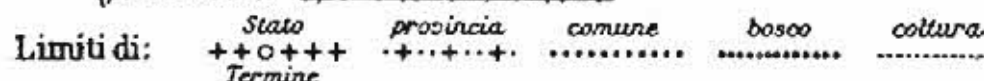
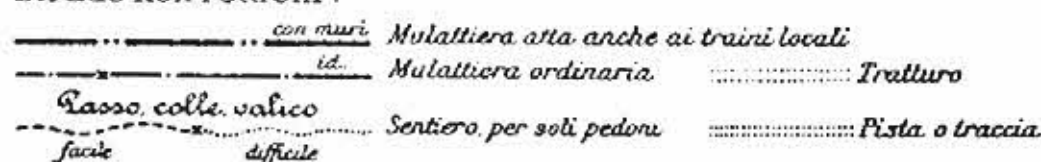


FIG. 3

È come se il rilievo fosse tagliato con tanti piani orizzontali ed equidistanti tra loro e le curve di livello rappresentano l'intersezione tra questi piani orizzontali e la superficie del rilievo.

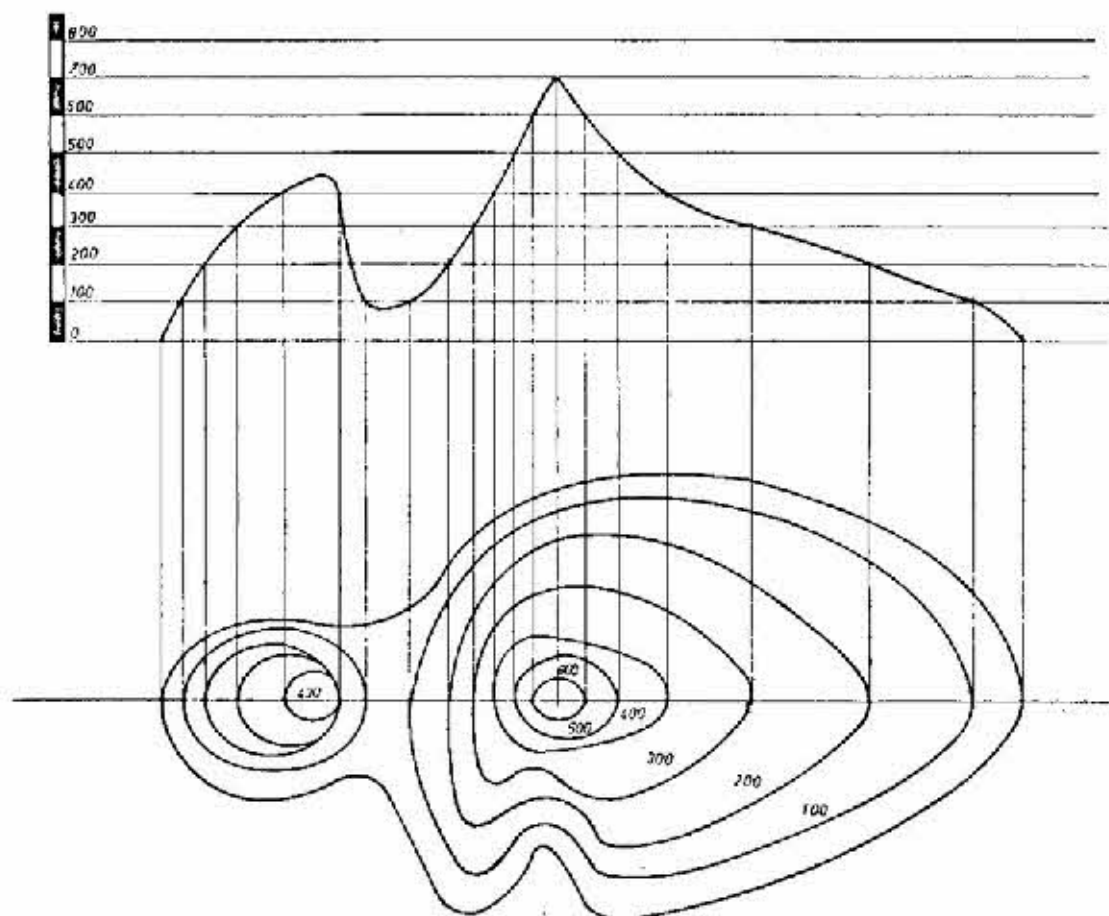


FIG. 4

È naturale che nei piani più alti, il perimetro della curva vada diminuendo fino a ridursi ad un punto (cima del rilievo). Normalmente le curve portano segnato il valore dell'altitudine.

Da questo tipo di rappresentazione risulta che:

- a linee avvicinate corrispondono ripidi pendii;
- a linee distanziate corrispondono dolci pendii;
- alle rientranze del perimetro corrispondono valli o burroni;
- alle sporgenze del perimetro corrispondono speroni o promontori.

Spesso, per dare maggiore evidenza al rilievo, le curve di livello sono associate a sfumo e tinte altimetriche.

Orientamento delle carte.

Le carte, di massima, sono disegnate con il Nord verso il margine superiore del foglio, pertanto l'Est è rivolto verso il margine destro, il Sud verso il margine in basso e l'Ovest verso il margine sinistro.

Conoscendo i punti cardinali del luogo, l'orientamento della carta si ottiene tenendo il margine destro della carta con la mano destra, il margine sinistro con la mano sinistra e volgendo il viso verso il Nord.

Ignorando i punti cardinali del luogo e disponendo di una bussola, l'orientamento si ottiene facendo ruotare la carta sotto la bussola, in modo che il Nord della carta coincida con quello della bussola (punta annerita dell'ago).

Quando, per ragioni artistiche o tecniche, non è stato possibile orientare il Nord verso il lembo superiore del foglio, detto punto cardinale viene indicato sulla carta con una freccia o con una Rosa dei venti opportunamente orientata.

Importanza ed utilizzazione delle carte per il servizio antincendi.

Le carte più utili per il servizio antincendi sono quelle topografiche e le piante.

Le prime servono per identificare la località dove è richiesta l'opera dei Vigili del Fuoco, per stabilire l'itinerario che devono percorrere gli automezzi per poter con celerità raggiungere la località stessa ed infine per indicare le risorse idriche locali.

Di solito sono usate a questo scopo le carte topografiche nella scala di 1:25.000 (tavole) riunite in appositi atlanti, spesso completati da carte comprendenti tutto il territorio provinciale, riprodotto nelle scale di 1:100.000 o 1:50.000.

Maggiore importanza per i Vigili del Fuoco, hanno le piante delle città, nonché quelle più dettagliate degli edifici di notevole importanza, dei complessi industriali, depositi, ecc.

Tali carte sono spesso completate con indicazioni speciali per il servizio antincendi, quali ad esempio quelle delle risorse idriche, dei depositi di materiali pericolosi, delle vie di accesso, ecc.

Le piante degli edifici importanti, che in genere sono nella scala di 1:100 o di 1:200, hanno pure notevole utilità; ricorderemo fra queste le piante dei teatri utilissime per i Vigili del Fuoco, perchè consentono una completa visione del complesso dell'edificio affidato alla loro sorveglianza.

In tali piante sono segnati i vari apparecchi antincendi, con richiami sul loro funzionamento, sulla capacità dei serbatoi dell'acqua, sui diametri delle condutture fisse, e con altri dettagli utili.

Come è naturale, per una sicura interpretazione di una carta topografica, o di una pianta, occorre una certa pratica che si acquista mediante frequenti ed attente consultazioni.

Tutti i Vigili e particolarmente i graduati e gli autisti, devono essere in grado di interpretare con sicurezza, oltre alla pianta della città anche le varie carte topografiche in dotazione al Corpo; gli autisti in particolare, con frequenti esercitazioni, devono acquistare un'esatta conoscenza della città e dei dintorni, in modo da condurre gli automezzi di soccorso, con rapidità e con sicurezza, ove l'opera dei Vigili del Fuoco venga richiesta.

PARTE QUINTA

COSTRUZIONI

MATERIALI DA COSTRUZIONE

In questo corso saranno esaminati i soli materiali da costruzione che assolvono ad una funzione resistente (che cioè devono sopportare e trasmettere alle fondazioni i carichi esterni), tralasciando quelli che invece assolvono ad una funzione decorativa o di fornitura.

Tuttavia, anche per materiali di quest'ultimo gruppo, come per esempio il vetro, daremo qualche cenno specie per quanto concerne il suo comportamento al fuoco.

I materiali che esamineremo sono:

- materiali litoidi ossia le pietre sia naturali che artificiali;
- legno;
- acciaio da costruzione;
- calcestruzzo cementizio semplice ed armato;
- materiali leganti e malte.

PIETRE NATURALI

Le pietre naturali vengono ricavate da estesi giacimenti che si trovano in natura e che si dicono ROCCE.

Per rocce intenderemo l'aggregazione di uno o più minerali formati in una zona più o meno estesa della crosta terrestre.

Le rocce possono essere lapidee oppure sciolte.

Le prime sono a massi più o meno compatti le seconde sono quelle che comunemente si chiamano terre.

Le rocce si classificano in vari modi.

Le classificazioni più importanti sono quelle che si fondano sull'*origine della roccia e sulla natura chimica* dei componenti.

Secondo la prima classificazione si hanno:

- rocce sedimentarie;
- rocce ignee;
- rocce metamorfiche.

Le rocce sedimentarie derivano dal deposito di materiali, che frantumati e trasportati per azione di agenti esterni (acqua, gelo, vento, azione della gravità, ecc.) andarono a depositarsi in particolari luoghi della crosta terrestre e ad assumere nel corso di millenni compattezza litica.

Le rocce ignee derivano direttamente dal raffreddamento del materiale che si trova allo stato fuso e ad elevate temperature nel nucleo terrestre (magne-). Se tale materiale fuoriesce dai crateri dei vulcani e si raffredda all'esterno, si originano le rocce estrusive o vulcaniche, quali, per esempio le lave, le pomici, i lapilli, le sabbie ceneri, pozzolane, ecc.

Se invece il materiale va a riempire cavità, spaccature o fenditure della crosta terrestre si originano le rocce intrusive o plutoniche quali per esempio i graniti, porfidi, ecc.

Infine le rocce *metamorfiche* che derivano da altre rocce presenti per trasformazione di queste dovute ad agenti esterni. Sono rocce metamorfiche le quarziti, i marmi propriamente detti, le ardesie, le argille.

In base alla natura chimica le rocce si classificano in:

- rocce silicee;
- rocce calcaree;
- rocce solfatiche;
- rocce miste,

Le prime sono essenzialmente costituite da biossido di silicio (es.: sabbie, arenaie, breccie, conglomeranti, ecc.); le seconde da carbonato di calcio (es.: tufo calcareo, travertino, ecc.) le terze da solfati (es.: gesso, alabastro gassoso, ecc.) le ultime da composti di varia natura (es.: la laterite, le terre rosse, ecc.).

Proprietà delle rocce.

Le rocce per essere usate come pietre da costruzione devono rispondere a certi requisiti, i più importanti dei quali sono:

- *omogeneità, uniformità e continuità*, cioè il materiale deve essere il più possibile uguale nei vari punti, presentare la stessa composizione chimica-minerologica e non presentare né fenditure, spaccchi, vuoti, ecc.;
- *peso specifico reale ed apparente*.
Il peso specifico reale è il peso dell'unità di volume *esclusi i vuoti*; quello apparente è il peso dell'unità di volume della pietra così come è, cioè *compresi i vuoti*. Quello che interessa in pratica è il secondo;

- *grado compattezza*. Ci indica la percentuale di volume occupata da materiale solido, rispetto al volume totale. Le rocce si distinguono in rocce pesanti e rocce leggere a seconda che il peso specifico sia maggiore o minore di $2,5 \text{ Kg/dm}^3$;
- *porosità*. Essa è la proprietà del materiale legata alla presenza di piccole cavità e canalicoli nell'interno della massa. Una roccia più è porosa, più facilmente si lascia attraversare da acqua sotto pressione ossia più è permeabile;
- *imbibizione* è la proprietà delle rocce di imbevversi di acqua quando si trovano immerse in essa;
- *assorbimento* invece è quella di assorbire l'acqua per capillarità;
- *gelività* è la sensibilità della roccia all'azione del gelo e del disgelo.

Proprietà termiche.

A noi interessano particolarmente:

- la *conducibilità termica*, in quanto essa influisce sulla temperatura interna degli ambienti. Essa rappresenta la quantità di calore (in grandi calorie) che tra due elementi posti alla distanza di un metro, passa attraverso una superficie di un metro quadrato durante un'ora per ogni grado di differenza di temperatura fra l'esterno e l'interno;
- la *dilatabilità*, in quanto può determinare sforzi anormali, da cui si possono originare grandi dissesti e financo in crollo (in certe circostanze). Essa rappresenta la capacità, che presentano i corpi di allungarsi sotto l'azione del calore e viene caratterizzata dal coefficiente di dilatazione termica lineare (variabile in generale da corpo a corpo e crescente con la temperatura). Essa rappresenta la variazione che l'unità di lunghezza di un corpo subisce per l'aumento di temperatura di un grado-centigrado;
- il *comportamento al fuoco*, ai fini della resistenza delle strutture nel corso di un incendio.

Requisiti costruttivi.

Inoltre le pietre, per essere usate convenientemente nelle costruzioni, devono presentare una sufficiente resistenza alla compressione:

- essere poco sensibili all'azione degli agenti atmosferici (alternanze di freddo e caldo, gelo e disgelo, presenza di vapore d'acqua, di anidride carbonica, ecc.);

- essere sufficientemente dure, cioè capaci di resistere all'incisione e allo sfregamento (particolarmente importanti per i materiali da pavimentazione);
- essere lavorabile cioè essere facilmente ridotta nella forma e dimensioni volute;
- presentare buona aderenza alle malte e perciò superficie di frattura non troppo liscie nè vitree nè pulverulente.

Le pietre naturali più comuni.

Graniti.

Sono rocce silicee costituite da aggregati cristallini in cui si distinguono facilmente i componenti (quarzo, miche ed altro). Esse sono a struttura granulare.

Sono rocce molto pesanti e molto resistenti. Varietà di graniti sono il granito rosa di Baveno, grigio di Montorfano, quasi bianco di Alzo.

Sieniti.

Sono rocce analoghe ai graniti meno ricche di quarzo ma a colorazione più scura. Anche le sieniti sono rocce molto pesanti e molto resistenti.

Porfidi, basalti e lave.

Sono rocce vulcaniche colorate dal rossastro al nerastro. Sono usate particolarmente per pavimentazioni stradali o per rivestimenti esterni.

Tufi vulcanici.

Si distinguono in diverse varietà a seconda della natura delle lave che li hanno originati: tufi trachitici (in Campania) e lencitici (nel Lazio).

Caratteristico è il *tuofo giallo napoletano* di aspetto granuloso, abbastanza leggero, poroso, facilmente lavorabile perchè tenero quando è in cava, ma indurisce con l'evaporazione dell'acqua di cava.

Analogo è il *tuofo grigio* detto *pepernoide* che abbonda nelle provincie di Caserta, Avellino, Benevento e Salerno.

Geiss.

Sono rocce analoghe ai graniti stratificati, per cui facilmente si possono ridurre sotto forma di lastroni detti *beole* usati per gradini, ballatoi, marciapiedi, ecc.

Calcari.

Sono rocce a base di carbonato di calcio, molto diffuse in natura. I calcari non sono molto duri, sono facilmente lavorabili e presentano buona resistenza meccanica. Si hanno:

- *Calcari cristallini* detti anche *marmi*, a grana fine, emogonea, facilmente lavorabile. Si hanno molte varietà di marmi che prendono vari nomi a seconda del colore e della provenienza. Abbiamo per esempio il marmo bianco di Carrara, il marmo grigio azzurro di Serravezza, giallo e rosso di Verona, nero di Portovenere, ecc.
- *Calcari compatti* meno pregiati dei precedenti, vengono usati per murature ma specialmente per ottenere le calci, mediante cotture in appositi forni.
- *Calcari porosi* forniscono ottimo materiale da costruzione. Ricordiamo il travertino dell'Aniene e il tufo calcareo pugliese, leggero molto poroso facilmente lavorabile.

Gessi.

Le rocce gessose, costituite da solfato idrato di calcio, sono tenere e poco resistenti. Cotte forniscono il gesso per modellatori, per confezionare stucchi (scagliola). Nel fare presa il gesso aumenta di volume. Con il ferro reagisce dando luogo a chiazze di ossido e corrodendo lo stesso ferro. Temete l'umidità e va impiegato in luoghi asciutti.

Rocce disgregate.

Sono rocce disgregate per azione del gelo e del disgelo e per altri agenti esterni.

Si hanno il *pietrisco* se i vari pezzi presentano i spigoli vivi (si trova in genere ai piedi delle montagne); *ciottolami* e *ghiaia* e *ghiaietta* se sono lisci e tondi in ordine decrescente di dimensioni, *sabbia* se gli elementi sono molto piccoli (fino a 7-8 mm).

Il ciottolame, anche spaccandolo può essere impiegato per la costruzione di murature, i ciottoli più piccoli e ovoidali servono per selciare strade; le ghiaie o il ghiaiotto servono per fare massicciate stradali per confezionare calcestruzzo; le sabbie si impiegano per calcestruzzo, malte, ecc. Sebbene non molto diffuse, ricordiamo le *puzzolane* che sono sostanze terrose o sabbiose di origine vulcanica che impastate con calce viva danno delle malte idrauliche. Le più rinomate sono quelle di Bacoli in provincia di Napoli.

Rocce conglomerate.

Le rocce, anticamente disgregate, possono successivamente essere state legate, nei loro elementi, sia mediante l'apporto di materiale cementante (calcareo-silicio) sia per effetto di enormi pressioni.

Se la roccia originaria era pietrisco si ottiene un conglomerato che si chiama *breccia*, se erano ghiaie i conglomerati si dicono *pudinghe* se erano sabbie si ottengono le *arenarie*.

LATERIZI

Si chiamano con la denominazione di laterizi tutti i materiali da costruzione che si ottengono impastando con acqua terre argillose mescolate con sabbia, essiccate e cotte in appositi forni. Si hanno:

- mattoni pieni;
- mattoni forati;
- tavelle e tavelloni;
- tegole curve e piane, ecc.

Mattoni pieni.

I mattoni comuni si distinguono a seconda del grado di cottura raggiunto nei forni in tre tipi: *dolci* - *forti* - *ferrioli*.

- I mattoni *dolci* sono poco cotti, di colore giallastro, friabili, poco resistenti, assorbono acqua. Battendone due insieme danno un suono cupo. Non è bene impiegarli in costruzioni di una certa importanza.
- I mattoni *forti* sono quelli che hanno raggiunto la giusta cottura, sono di color rosso mattone vivo, resistenti, non friabili nè fragili. Battendone due insieme danno un suono argentino. Costituiscono il materiale di questo tipo più idoneo per costruzioni importanti.
- I mattoni *ferrioli* sono troppo cotti, di colore rosso cupo, quasi nerastro, assorbono pochissima acqua sono fragili a frattura vitrea. Non è opportuno impiegarli in costruzioni di una certa importanza.

I mattoni comuni hanno dimensioni diverse a seconda delle regioni ($6 \times 12 \times 24$ in Lombardia, $6,5 \times 13 \times 25$ in Piemonte, $5,5 \times 14 \times 28$ nel Lazio, ecc.). I mattoni unificati hanno dimensioni $5,5 \times 12 \times 25$. Per murature in vista si adoperano mattoni più regolari, facce più lisce, spigoli più vivi per ottenere un migliore aspetto estetico e decorativo. Questi mattoni si dicono *mattoni di parametro o paramani*.

Si hanno anche *mattoni a cuneo* per la costruzione di pozzi, camini, archi, ecc.: *mattoni sagomati* per decorazioni.

Mattoni di speciale composizione, atti a resistere ad elevate temperature, sono i *mattoni refrattari* usati nel rivestimento di forni, ecc.

Mattoni forati.

Una vasta categoria di mattoni sono quelli *cavi o forati*.
Se ne hanno quelli con fori longitudinali e trasversali.

Se ne hanno a:

— due fori	$5,5 \times 12 \times 25$
— tre fori	$4,5 \times 15 \times 30$
— quattro fori	$8 \times 12 \times 24$
— sei fori	$10 \times 15 \times 30$
— e molti altri.	

Un tipo particolare di mattoni forati è quello cosiddetto a *canocchiale* avente due fori cilindrici longitudinali.

Esso ha dimensioni $13,5 \times 27,5 \times 34$ ed equivale, in volume, a cinque mattoni comuni. Si adopera per murature sia esterne che interne ed ha oltre agli altri vantaggi dei mattoni forati anche quello di una più rapida costruzione di muri.

Si hanno poi elementi speciali, volterane, tavelle e tavelloni, pignatte, ecc.

Infine come materiali di copertura si hanno tegole piane (lammelle ed embrici) e tegole curve (canali o coppi) e infine le tegole tipo marsigliese (41×25) molto diffuse.

Per ogni metro quadrato di copertura ne occorrono 14, con un peso di 36 Kg/mq. Esse recano, a tergo, un apposito foro attraverso il quale si fa passare un filo di ferro zincato per legarle alla orditura minuta del tetto.

**PESI SPECIFICI E CARICHI DI SICUREZZA
DELLE PIETRE E DELLE MURATURE**

<i>Materiali litoidi e muratura</i>	Peso specifico Kg/mc	Carico sicurezza Kg/cm ²
Pietre naturali:		
Granito	2.550-2.900	40 ÷ 50
Gneiss (beole)	2.500-2.700	40
Calcari (marmi)	2.400-2.750	25 ÷ 30
Puddinghe (coppi)		15
Tufo	1.100-1.750	7
Murature di mattoni:		
pieni e malta di calce	1.600-1.700	7
pieni e malta di cemento	1.600-1.700	10
Muratura di mattoni forati	1.100	4 ÷ 6
Muratura di pietrame	2.200	4 ÷ 6
Muratura di tufo	1.000-1.500	1 ÷ 1,5

ESERCIZI

1) Trovare il peso di un muro di mattoni delle dimensioni m 4,50 × m 3,50 e dello spessore di cm 30.

Il volume del muro risulta:

$$4,50 \times 3,50 \times 0,30 = \text{mc } 4,725$$

Il volume moltiplicato per il peso specifico (che assumiamo uguale a 1.600 Kg/mc) fornisce il peso totale del muro:

$$4,725 \times 1.600 = \underline{7.560 \text{ Kg}}$$

Risposta: il muro pesa 7.560 Kg.

2) Quanto peserebbe lo stesso muro se fosse di mattoni forati?

Il muro peserebbe mc $4,725 \times 1.100 \text{ Kg/mc} = 5.197,5 \text{ Kg}$.

Risposta: il muro peserebbe Kg 5.197,5.

3) Quale altezza ha un muro di pietrame che pesa 10 tonnellate e che ha la lunghezza di 5 m e lo spessore di 45 cm?

Risposta:

Il volume del muro, essendo il peso specifico della muratura di pietrame pari a 2.200 Kg/mc, sarà:

$$10.000 \text{ Kg} : 2.200 \text{ Kg/mc} = 4,54 \text{ mc}$$

In pianta il muro misura:

$$0,45 \times 5 = \text{mq } 2,25$$

Quindi l'altezza del muro risulta $4,54 : 2,25 = 2,018$.

Risposta:

L'altezza del muro è poco più di 2 m.

4) Quale peso può sopportare un pilastro di muratura di mattoni pieni e malta di calce avente per sezione un rettangolo di m 1,00 x m 0,50?

m 1 = 100 cm;

m 0,50 = 50 cm

area della sezione portante

$$100 \times 50 = 5.000 \text{ cmq}$$

carico ammissibile 7 Kg/cmq.

Quindi il peso che può sopportare risulta di:

$$5.000 \times 7 = 35.000 \text{ Kg.}$$

5) E se il muro fosse di mattoni pieni e malta cementizia? In tal caso il carico ammissibile è di 10 Kg/cmq, quindi il peso che può sopportare è di:

$$5.000 \times 10 = 50.000 \text{ Kg}$$

6) Si deve raggere il peso di sovrastanti murature di mattoni pieni aventi lunghezza di m 4,50, altezza di m 3,80 e spessore di cm 80, mediante un pilastro di base quadrata di 30 cm di lato. Quale materiale scegliereste?

Volume della muratura:

$$0,80 \times 4,50 \times 3,80 = \text{mc } 13,680$$

Peso della muratura:

$$13,680 \times 1.700 = 23.256 \text{ Kg}$$

area della sezione del pilastro:

$$\text{cm } 30 \times \text{cm } 30 = 900 \text{ cm}$$

sovraccarico in Kg/cmq

$$23 : 900 = 25,84 \text{ Kg/cmq}$$

Si possono adoperare: granito, gneiss e (meno bene) i calcari.

CALCI

Cuocendo ad alta temperatura (dagli 800 ai 1.000°C) le pietre calcaree in appositi forni, si libera dal carbonato di calcio l'anidride carbonica e si ottiene ossido di calcio ossia la *calce viva* o *calce in zolle*, così chiamata perchè esce dai forni in pezzi.

La calce viva è una sostanza biancastra; leggera, porosa, caustica (può provocare bruciature sulla pelle), avidissima di acqua che assorbe anche dall'aria (umidità) sfiorando.

Immergendola nell'acqua fuma, stride, si riscalda e cresce molto di volume (da 3 a 4 volte) trasformandosi in *calce spenta*, detta anche *calce in pasta* o *grassello*.

Un volume di calce spenta impastata con due o tre volumi di sabbia costituisce la *malta*.

La pietra calcarea che si adopera per la fabbricazione della calce è in massima parte costituita da carbonato di calcio ma contiene anche altri composti in diverse quantità.

Uno dei componenti più importanti è l'*argilla* che è un idrosilicato di alluminio.

La presenza dell'argilla, in date percentuali, conferisce alla calce la caratteristica di formare *malte idrauliche*, tali cioè da far presa anche sott'acqua.

La maggiore o minore percentuale di argilla rende la calce più o meno idraulica, cioè di far presa più o meno rapidamente e anche sott'acqua.

Si hanno varie denominazioni a seconda della percentuale di argilla:

- *Calce grassa o dolce* se contiene meno del 5% di argilla. Con essa si confezionano *malte* così dette *aeree* che fanno presa lentamente e solo all'aria. Esse si usano per costruire i letti di malta nelle murature (di piccola mole) e per fare intonaci di interni.
- *Calce forte* se contiene dal 5 al 6% di argilla. Essa è *debolmente idraulica* ossia fa buona presa all'aria e più rapidamente della calce grassa, ed inoltre fa presa lentamente anche in ambienti umidi. Si usa per murature o per intonaci esterni.
- *Calce idraulica* se contiene da 10 a 20% di argilla. La calce idraulica viene in fabbrica, finemente macinata e posta in commercio in sacchetti da 50 Kg. La calce idraulica serve per fare le malte idrauliche che fanno presa più rapidamente ed anche sott'acqua.

CEMENTI

Se la pietra calcarea, contiene dal 20 al 30% di argilla, per cottura in appositi forni si ottiene il *cemento a lenta presa o cemento Portland*.

Il cemento a lenta presa, data la difficoltà di trovare rocce naturali di appropriata composizione, viene anche fabbricato prendendo vari tipi di rocce, mescolandole nelle giuste proporzioni e quindi dopo macinazione e formazione di mattonelle sottoponendole alla cottura.

Si ha così il *cemento artificiale*.

Dopo la cottura il materiale risultante (clinker) viene finemente macinato e ne risulta una polvere sottile di colore grigiastro (ma anche lievemente azzurra, verde o giallo a seconda della provenienza).

Se il calcare di partenza contiene più del 30% di argilla, si ottiene il *cemento a rapida presa*, con cui si confezionano malte che induriscono in pochi minuti. Possono anche essere adoperate per tamponare fughe o infiltrazioni di acqua.

SABBIA

La si raccoglie nei letti dei corsi d'acqua; ma si trova anche in depositi abbastanza estesi sotto un leggero strato di terra (sabbia di cava).

Essa è un materiale da costruzione importantissimo: serve per preparare le malte o i calcestruzzi.

La *sabbia buona o sabbia viva* deve essere formata da granelli minuti, duri e non contenere materiali terrosi, nè ghiaietto.

Per eliminare la terra si opera il lavaggio; per eliminare il ghiaietto la si passa al vaglio.

Per vedere se la sabbia è buona la si butta nell'acqua limpida, non deve intorbidirla. Stringendola nel pugno si deve sentirla scricchiolare, deve apparire ruvida al tatto e lasciare la mano pulita quando viene buttata via.

La sabbia ha un peso specifico variabile con la natura delle rocce che l'hanno originata, con la grossezza dei grani e con l'umidità contenuta.

La sabbia grossa pesa da 1.400 a 1.500 Kg/mc, quella fine pesa da 1.400 a 1.650 Kg/mc se asciutta e da 1.900 a 2.050 Kg/mc se umida. (Vedi Hütte: « Manuale dell'Ingegnere », vol. I, pag. 757).

MALTE - CALCESTRUZZI - CEMENTO ARMATO

MALTE

Le malte servono a collegare i materiali che formano i muri e a fare intonaci di rivestimento dei muri e di altre strutture.

Si hanno tipi fondamentali di malte:

- malte comuni o malte aeree che fanno presa lentamente e soltanto all'aria;
- malte idrauliche che fanno presa con maggiore rapidità sia nell'aria che sott'acqua.

Le malte aeree - si ottengono impastando la calce spenta (dolce o forte) con sabbia nelle proporzioni di una parte (in volume) di calce con due o tre parti di sabbia.

La presa di queste malte, cioè la solidificazione e il successivo indurimento, avviene in un primo momento per evaporazione dell'acqua e in un secondo momento per combinazione della calce con l'anidride carbonica dell'aria.

Così l'idrato di calce (o calce spenta) si trasforma in carbonato di calcio con eliminazione di altra acqua, assumendo compattezza litica o incorporando i granelli di sabbia. È necessario che la presa avvenga per le due cause contemporaneamente: evaporazione dell'acqua e trasformazione chimica della calce ed eliminazione di acqua. È perciò che in pratica si bagnano i mattoni e le altre pietre da costruzione perchè altrimenti assorbirebbero troppo rapidamente l'acqua contenuta nella malta.

Il gelo e il caldo troppo intenso nuocciono alla presa della malta perchè la formazione del ghiaccio e la troppa rapidità nella evaporazione ne tolgono la necessaria umidità all'impasto. Perciò ai primi geli si sospendono i lavori murari; mentre contro gli eccessivi calori si prendono varie precauzioni (copertura con stuoie, bagnature abbondanti e ripetute, ecc.).

Le malte idrauliche e cementizie - si ottengono mescolando prima a secco la calce idraulica o il cemento con sabbia ed impastando poi con l'acqua. Malte idrauliche si ottengono anche impastando calce ordinaria con pozzolane.

La presa di queste malte avviene senza il concorso dell'aria; ma per cristallizzazione dei componenti dell'argilla in presenza dell'acqua. È questo il motivo per cui la presa avviene anche sott'acqua.

CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo può essere di calce idraulica o di cemento.

Esso si ottiene impastando calce idraulica o cemento con ghiaia o pietrisco, sabbia ed acqua.

I pezzi di ghiaia o di pietrisco non devono avere dimensioni superiori ai 30 mm. Anche per la sabbia si prescrive una tale limitazione delle dimensioni massime che non devono essere maggiori di 7 mm.

Il calcestruzzo si prepara con dosi diverse dei suoi componenti a seconda dell'uso cui è destinato.

Un impasto molto comune è il seguente: per formare un metro cubo di calcestruzzo si mescolano:

ghiaia o pietrisco	m ³	0,800
sabbia	»	0,400
cemento	Kg	300
acqua	lt	120 ÷ 150

È necessario altresì che sia la ghiaia che la sabbia abbiano un'appropriata *granulometria* cioè le percentuali dei granuli di sabbia e dei pezzi di ghiaia siano di dimensioni varie in maniera che non rimangano dei vuoti che sarebbero molto nocivi alla resistenza del calcestruzzo.

Il calcestruzzo viene adoperato per murature di fondazione e di elevazione, per pavimentazioni, grossi tubi, per muri di sostegno, archi, dighe, ecc.

Il calcestruzzo ha come caratteristiche medie le seguenti:

- peso specifico 2.200 Kg/mc
- resistenza alla compressione calcestruzzo di calce idraulica 15 Kg/cmq
- calcestruzzo di cemento 30 Kg/cmq

CEMENTO ARMATO

Il calcestruzzo, come le pietre naturali, resiste bene agli sforzi di compressione, ma pochissimo agli sforzi di trazione.

In generale si suppone addirittura che non resista affatto alla trazione.

Perciò quando si prevede che una struttura debba resistere anche a trazione non è possibile costruirla con calcestruzzo semplice.

Si deve allora armare il calcestruzzo con tondini di ferro che vanno disposti in quelle parti della struttura in cui si verificano sforzi di trazione (in cui cioè le varie parti tendono ad allontanarsi le une dalle altre).

Si origina così il cemento armato.

L'accoppiamento giudizioso di questi due materiali, di cui il calcestruzzo resiste bene alla compressione ed il ferro che resiste ottimamente alla trazione, consente di realizzare strutture importanti e complesse a volte ardite.

Altri pregi e caratteristiche del cemento armato sono i seguenti:

- il calcestruzzo aderisce bene al ferro inglobandolo efficacemente nella sua massa e non permettendo scorrimenti relativi;
- il calcestruzzo preserva il ferro dalla ruggine, perchè il cemento reagisce con l'ossido di ferro superficiale eliminandolo. Dalla demolizione di strutture di cemento armato si vede che il ferro esce pulito cioè privo di ruggine.

Per l'esecuzione di costruzioni di cemento armato si procede in questo modo:

1) si preparano le *casseforme* o *casseri* in legno che delimitano il controllo della struttura da costruire. Le casseforme devono essere opportunamente sostenute durante il getto;

2) si dispongono nelle casseforme i tondini di ferro delle armature già preparati nella lunghezza, diametro e piegature necessarie;

3) si effettua il getto del calcestruzzo a strati successivi in modo che avvolga le armature pistandolo a mano o vibrandolo con appositi apparecchi, perchè il calcestruzzo risulti ben compatto ossia privo di vuoti;

4) dopo il prescritto tempo di stagionatura (28 giorni per le strutture orizzontali portanti eseguite con cementi normali tipo « 500 ») si effettua il disarmo. Tale operazione va fatta con grande cautela.

FERRO - ACCIAIO - GHISA

In natura i minerali di ferro utilizzabili ai fini della produzione industriale sono ossidi e carbonati.

Essi prendono nomi diversi:

- Magnetite;
- Ematite;
- Limonite;
- Siderite;

e contengono dal 50 fino al 72% di ferro.

Si utilizzano ora anche le ceneri di pirite derivate alla produzione dell'acido solforico.

Il ferro, come anche l'acciaio e la ghisa, contiene una certa percentuale di carbonio. Anzi una prima classificazione viene appunto fatta in base alla percentuale di carbonio contenuta.

I materiali ferrosi di cui si tratta si ossidano facilmente all'aria in presenza di umidità.

Per eliminare questo inconveniente, si può ricorrere alla zincatura, ottenuta al bagno galvanico, che consiste nel deposito sulla superficie dell'oggetto di un sottile strato di zinco. Questo all'aria si ossida e lo strato di ossido isola la parte restante dell'ambiente e lo protegge.

Altri sistemi di protezione sono quelli di verniciare l'oggetto con vernice antiruggine al minio (che è ossido di piombo), o di cospargerlo di boiacca di cemento.

A seconda della percentuale di carbonio ottenuta i materiali ferrosi si classificano in:

- *Ferro* se la percentuale di carbonio varia dallo 0,15 allo 0,25%.
- *Acciaio* se la percentuale di carbonio varia dallo 0,25 allo 0,90%.
- *Ghisa* se la percentuale di carbonio varia dal 2 al 4%.

IL FERRO

È un materiale *malleabile* che cioè può essere ridotto in spessori molto piccoli e *saldabili* che cioè portato al color rosso (700-800° C) può costituire, se sottoposto all'azione di un maglio, una massa unica, compatta senza soluzioni di continuità.

Il ferro fonde a 1500° C circa.

Non può subire il processo di tempera.

Si hanno due tipi di ferro:

- *ferro forgiato* se ottenuto per forgiatura ossia sfruttando la proprietà della saldabilità;
- *ferro omogeneo* se ottenuto dai pani di ghisa per decarburazione e trafilatura.

Il ferro omogeneo è migliore di quello forgiato e trova largo uso per la fabbricazione dei tondini per armature del cemento armato e per la chiodatura a caldo.

L'ACCIAIO

È un materiale poco malleabile e saldabile. Fonde intorno ai 1200-1400° C.

L'acciaio può essere soggetto al processo di tempera. Portando l'acciaio ad una temperatura intorno agli 800° C e raffreddandolo bruscamente esso aumenta la sua durezza.

Se la tempera è eccessiva e la si vuole ridurre si può portare l'acciaio temperato intorno ai 200-300° C e farlo raffreddare lentamente. Tale operazione si dice *rinvenimento*.

Se invece si vuole eliminare la tempera si riporta l'acciaio a temperatura di 800° C e poi lo si lascia raffreddare lentamente. Tale operazione si dice *ricottura*.

Per ottenere speciali risultati si aggiungono agli acciai alcuni elementi in piccola percentuale.

Si originano così gli acciai speciali.

Il più importante di questi è l'acciaio inossidabile fabbricato con l'aggiunta di nickel (8%) e di cromo (18%).

LA GHISA

È un materiale ferroso non malleabile non saldabile. Non subisce il processo di temperatura. È materiale fragile.

La ghisa fonde facilmente ad una temperatura di 1150-1300° C, ed è appunto per fusione che si preparano i pezzi di diversissima forma usati nelle costruzioni.

Il ferro e l'acciaio presentano la caratteristica di resistere ugualmente bene agli sforzi sia di compressione che di trazione.

Il carico ammissibile per il ferro e per l'acciaio varia da 1.000 a 1800 Kg/cm².

La ghisa invece resiste bene agli sforzi di compressione ma male a quelli di trazione. Essa si rompe a compressione, sotto sforzi dell'ordine di 7.000-8.000 Kg/cm² ed a trazione sotto sforzi dell'ordine di 1.000-1.200 Kg/cm².

Il carico ammissibile per la ghisa è di:

- 700 Kg/cm² per gli sforzi di compressione;
- 150 Kg/cm² per gli sforzi di trazione.

Il peso specifico dei materiali ferrosi varia da 7.500 a 8.000 Kg/mc, mediamente 7.800 Kg/mc.

I LEGNAMI

Premessa. — Il legno è molto abbondante in natura ed è importante per le applicazioni costruttive, perchè viene impiegato per strutture sia a *carattere provvisorio* (ponti di servizio, armature di cavi, centine, casseforme per c.a., ecc.), sia a *carattere permanente* (impalcature di solai, capriate, ecc.).

Il legno però ha il grave difetto di essere deperibile e combustibile.

È molto impiegato, con opportune cautele, nel campo delle mostre e delle esposizioni.

COMPOSIZIONE DEL LEGNO

Il legno è composto da carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, zolfo e fosforo.

Esso contiene dal 17 fino al 60% di acqua, a seconda della specie dell'età, del luogo di vegetazione e della stagione.

Il legno è costituito da *fibre legnose* costituite da lignina e da vasi costituiti da cellule.

A seconda della prevalenza delle prime o dei secondi si hanno: *essenze dure ed essenze tenere*.

Esaminando la sezione trasversale di un tronco di un albero troviamo:

al centro il midollo, il durame e l'albumo che costituiscono il legno (disposte ad anelli detti cerchi annuali di accrescimento) il cambio e il libro e infine, all'esterno, la corteccia (viva e morta).

TAGLIO E TRASPORTO DEL LEGNAME

Il taglio viene fatto quando la pianta è pervenuta al suo maggiore sviluppo nella stagione più conveniente in relazione alla località.

Il taglio può essere fatto a *scelta* e a *raso*, in pianura d'inverno e in montagna d'estate.

Per il taglio si adoperano le scuri e le seghe a mano o meccaniche (elettriche o azionate da motori a combustione interna).

Il trasporto può essere effettuato con mezzi meccanici (slitte, teleferiche, decavillè, ecc.) o mediante piste (a secco, a ghiaccio e ad acqua) oppure mediante la corrente di corsi d'acqua (fluitazioni).

STAGIONATURA DEL LEGNAME

Per adoperare il legname occorre eliminare una certa percentuale di acqua (normale 20%).

Tale eliminazione avviene mediante un opportuno trattamento o periodo di riposo detto *stagionatura*. Al termine della stagionatura il legname contiene ancora una certa percentuale di acqua che è in rapporto con l'umidità dell'ambiente.

La stagionatura può ottenersi con vari sistemi:

- stagionatura naturale: lasciando il legname all'aria libera per almeno 10 mesi (meglio due - tre anni);
- stagionatura per acqua: lasciando il legname per circa 15 giorni in acqua fredda corrente, o in acqua salata, o in acqua calda (fino a 100° C), l'acqua può anche essere iniettata nel legname sotto forma di vapore (vaporizzazione);
- stagionatura artificiale: permette di ridurre gradatamente il tempo di stagionatura (da mesi a giorni): consiste nel porre il legname in locali in cui la temperatura e umidità sono regolabili a seconda dei casi. Si hanno il sistema a *canali* in cui si fa spostare il legname ad intervalli di tempo, e a *camere* in cui si fa variare, nel tempo, la temperatura e l'umidità.

Per la stagionatura dei legnami si può anche adoperare la corrente elettrica alternata, con metodo elettro-magnetico, oppure elettrostatico.

CLASSIFICAZIONE DEI LEGNAMI

Dal punto di vista botanico si classificano in:

- conifere o resinose;
- frondifere.

Dal punto di vista applicativo in:

- legno forte o duro: (peso specifico maggiore di 550 Kg/mc);
- legni dolci o teneri: (peso specifico minore di 550 Kg/mc).

La durezza, la durata e la resistenza aumentano con l'aumentare del peso specifico.

Dal punto di vista del loro impiego:

- legnami da costruzione (opere edilizie);
- legnami da lavoro (ebanisteria).

Dal punto di vista della resistenza esiste una particolareggiata classificazione che tiene conto delle varie qualità dei legnami in relazione alla presenza di nodi ed altri difetti.

Dal punto di vista tecnologico i legnami si dividono in:

- essenze resinose;
- essenze dure e forti;
- essenze tenere o dolci.

Le più comuni essenze resinose sono: il larice, il pino, l'abete e il cipresso.

Le più importanti essenze dure o forti sono: la quercia (e le sue varietà, quercia da sughero, leccio, rovere), il castagno, il noce e il faggio.

Tra le essenze tenere ricordiamo: il pioppo e l'ontano.

PROPRIETÀ DEI LEGNAMI

I legnami, anche stagionati, sono capaci di assorbire l'umidità dall'ambiente e restituirla a seconda delle variazioni delle umidità dell'ambiente stesso. Tale proprietà si dice *igroscopicità*.

Il legno completamente secco può assorbire umidità fino al 18% del suo peso.

Il legno è un materiale elastico, ossia è capace di resistere agli sforzi esterni (entro certi limiti) senza subire deformazioni permanenti ossia riacquista la sua forma iniziale al cessare del carico.

L'elasticità non è da confondersi con la *flessibilità* che è la capacità di subire grandi deformazioni permanenti.

La resistenza dei legnami varia con l'essenza, con la compattezza delle fibre, con la zona del fusto da cui è stato ricavato, con

la stagionatura, con il grado di umidità e con la direzione delle forze rispetto a quelle delle fibre. Mediamente il legno può sopportare (carico ammissibile) da 50 a 80 kg/cm² se soggetto a compressione da 60 a 100 Kg/cm² se soggetto a trazione (nel caso che le forze siano applicate secondo la direzione delle fibre).

ALTERAZIONI DEL LEGNAME

Il legname è facilmente deperibile, perchè può essere attaccato da batterii o da funghi oppure da insetti (tarli).

Particolarmente dannosa per il legno è l'alternanza di secco e di umido (es. palificazioni, testate di travi, ecc.).

Per proteggere i legnami si può spalmarli in superficie con vernici a base di olio di lino, di catrame oppure impregnandoli con sostanze antisettiche quali per es., olio di catrame adoperato per traversine ferroviarie, pali, tavolame, ecc.

COMPORTAMENTO AL FUOCO DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

PIETRE NATURALI

Le pietre naturali, pur essendo incombustibili non si comportano bene al fuoco; infatti sotto l'azione del fuoco e dell'acqua di estinzione si spaccano o si sgretolano o si sfaldano.

Dal punto di vista del comportamento al fuoco le migliori rocce sono quelle ignee (porfidi, basalti, trachiti, lave, ecc.).

Le pietre calcaree, pur presentando notevoli dilatazioni permanenti, si comportano abbastanza bene al fuoco, perchè alle elevate temperature il carbonato di calcio si decompone in ossido di calcio e anidride carbonica *assorbendo calore*. La decomposizione degli strati superficiali protegge bene quelli più interni.

I marmi, soggetti al calore, si spezzano facilmente e bruscamente (da usarsi solo come materiale da rivestimento).

I graniti e tutte le altre rocce a composizione eterogenea, per effetto della diversa dilatabilità dei materiali che le costituiscono, sotto l'azione del calore, tendono a sfaldarsi e a sgretolarsi.

Le arenarie tendono a sfaldarsi per strati successivi.

LATERIZI

Nei confronti degli altri materiali che possono essere adoperati per murature, i mattoni, in generale, si comportano bene al fuoco avendo, durante la loro fabbricazione, già sopportato temperature elevate.

I mattoni pieni, esenti di calcare, resistono a temperature di 1000° - 1100° C senza fondere.

I mattoni forati, invece, si comportano molto male al fuoco. Già intorno ai 600° C, gli strati esposti si dilatano in maniera tale da provocare il taglio lungo le nervature.

Tale fenomeno si accentua se i mattoni forati sono assoggettati a bruschi raffreddamenti.

GESEO

È un materiale veramente pregevole dal punto di vista del comportamento al fuoco. Assoggettato ad elevate temperature il gesso (che è solfato di calcio biidrato) si lascia penetrare difficilmente dal calore (basso coefficiente di conduttibilità termica); a 128° C libera una molecola a mezzo di acqua di cristallizzazione con notevole effetto protettivo; a 168° C libera l'altra mezza molecola d'acqua di cristallizzazione trasformandosi in gesso anidro (gesso morto) che ha un coefficiente di conduttività ancora più piccolo di quello del gesso biidrato.

Il gesso è ottimo materiale di protezione di strutture non resistenti al fuoco, occorre ricordare che le reti di filo di ferro su cui deve essere applicato, devono essere zincate per preservare il ferro dalla corrosione da parte del gesso.

MALTE

La malta di calce, esposta al fuoco, si sgretola per effetto della trasformazione del carbonato di calcio in ossido di calcio.

Per gli intonaci, prima di giungere allo sgretolamento, si verificano: una dilatazione, il distacco della muratura e la caduta in pezzi. Più piccoli sono i granuli dell'inerte e più abbondante il legante, migliore è il comportamento al fuoco delle malte.

Le malte di cemento (700-800 Kg di cemento per 1 mc di sabbia) si comportano ottimamente all'azione del fuoco e dei getti d'acqua.

CALCESTRUZZI

Il comportamento al fuoco risente di quello dei vari componenti.

Il cemento fino a 100° C si dilata poi subisce una contrazione (molto vistosa intorno ai 400 - 500° C). Ottimo comportamento al

fuoco hanno i cementi alluminosi e quelli di scorie d'alto forno.

Le sabbie non hanno molta influenza sul comportamento al fuoco dei calcestruzzi.

Le ghiaie hanno importanza maggiore in relazione alle rocce da cui derivano.

I calcestruzzi più compatti, costituiti da inerti a granuli piuttosto piccoli, si comportano meglio di quelli a granuli più grossi.

CEMENTO ARMATO

Il cemento armato si comporta ottimamente al fuoco. Poichè la resistenza del complesso risente molto di quello del ferro d'armatura, occorre che questo venga opportunamente protetto. Il *copri-ferro* dovrà essere di almeno:

- cm 2 per le strutture;
- cm 3 per le nervature secondarie;
- cm 5 per le nervature principali e per i pilastri.

FERRO - ACCIAIO - GHISA

Tali materiali, pur essendo incombustibili, si comportano male al fuoco.

Essi si dilatano, perdono di resistenza e giungono rapidamente al collasso.

A temperatura di 700-800°C le strutture di ferro, acciaio o ghisa non sono più in grado nemmeno di sopportare il peso proprio.

La ghisa, sotto l'azione di bruschi raffreddamenti, si spacca con la conseguente rottura delle strutture.

LEGNAME

Il legno, pur essendo un materiale combustibile, non si comporta al fuoco così malamente come si potrebbe credere a prima vista.

Il legno è a basso coefficiente di conduttività termica, quindi mentre gli strati esterni bruciano, la temperatura degli strati più interni è di poco maggiore di quella normale.

La formazione di uno strato di carbone difende ancora maggiormente il legno interno in quanto il coefficiente di conduttività termica del carbone è ben quattro volte più piccolo di quello del legno.

Il legno anche a temperature elevate non accusa deformazioni termiche apprezzabili.

Il legno, in grosse sezioni, resiste abbastanza a lungo al fuoco e, ciò che è molto importante, con la diminuzione della sezione, scricchiolii, incurvamento, ecc., denuncia il suo stato di crisi per cui si possono prendere in tempo i provvedimenti necessari (allontanamento del personale delle squadre di soccorso).

FONDAZIONI

I terreni di fondazione. — Perchè un terreno possa essere utilizzato per sopportare una costruzione deve presentare una buona resistenza alla compressione e non deve essere esposto all'azione di erosione delle acque superficiali e sotterranee.

Se il terreno o per sua natura o perchè intriso di acqua non presenta la necessaria resistenza, sotto il peso della costruzione si schiaccia e subisce degli abbassamenti in misura diversa nei vari punti e determina nel fabbricato delle lesioni che ne possono pregiudicare la stabilità, potendo arrivare fino al crollo del fabbricato stesso.

Perciò prima di iniziare i lavori è necessario accertarsi se il terreno presenta i requisiti necessari.

Per saggiare la resistenza di un terreno si usa praticare degli assaggi conficcando nel terreno un palo di ferro lungo m 1,50, di 5 cm di diametro (tasta). Se il palo penetra con difficoltà e se ai successivi colpi di mazza entra in vibrazione e non riesce ad affondare nel terreno (rifiuto) il terreno si può ritenere resistente.

Mediamente i terreni resistono a 2-3 Kg/cm².

Sono ottimi terreni per fondazioni quelli rocciosi, buoni quelli costituiti da ghiaia, da sabbia o argilla (purchè non frammisti a terra vegetale nè umidi). Sono terreni pessimi, quelli costituiti da terra vegetale o materiali di riporto.

Quando il terreno non presenta sufficiente resistenza si può aumentarla (mediante opere di costipamento che si attuano conficcando numerosi pali di legno o di cemento armato) oppure si può diminuire il carico specifico, aumentando la superficie di appoggio.

Scavi e sterri. — Se il fabbricato da costruire ha sotterranei, bisogna fare uno scavo generale. In ogni caso si devono fare scavi parziali entro cui costruire le fondazioni.

Negli scavi è necessario procedere con la massima prudenza perchè le pareti degli scavi tendono a scoscendere. Per evitare i franamenti è necessario armare le pareti degli scavi con tavole e sbadacchi (a mezza cassa o a causa intera a seconda della resistenza del terreno), oppure effettuare il taglio con una certa inclinazione formando le così dette scarpe.

Una inclinazione frequente è quella di 1 a 5 (base di 1 m per 5 m di altezza).

Opere di fondazioni. — Sul terreno roccioso le murature possono poggiare direttamente. È però necessario asportare lo strato superficiale della terra e di roccia in stato di composizione (cappellaccio) e purchè lo spessore sia sufficiente (almeno 3 m).

Le opere di fondazione si fanno sotto i muri maestri, incassate nel suolo fino ad appoggiare su terreno solido.

Possono essere realizzate in calcestruzzo o in muratura (*fondazioni continue*).

Se il terreno resistente si trova a profondità superiore ai 2 metri conviene ricorrere a *fondazioni isolate* per es. adottare il sistema a *pozzi* e ad archi. I pozzi si preparano sotto i pilastri e ad intervalli di circa 3 m sotto i muri continui. Riempiti i pozzi con gettate di calcestruzzo o con murature si impostano su di essi gli archi destinati a sostenere le murature maestre sovrastanti.

Tale sistema si dice a *pozzi e archi diritti* (fig. 61). Per ripartire il carico su un terreno di fondazione si può usare il sistema a *pozzi e archi rovesci* (in muratura o calcestruzzo semplice o armato) oppure il sistema a *pilastri e travi rovesce* di cemento armato (fig. 62).

Un altro sistema di fondazioni, che si può utilmente applicare nel caso che il terreno presenti bassa resistenza, è quello di costruire una *platea generale* di calcestruzzo e di spessore di un metro ed oltre. La platea costituisce un piano di appoggio del fabbricato in modo che non vi siano cedimenti di diversa entità da punto a punto. Ciò evidentemente non esclude un *cedimento uniforme* che però non provoca danni nel fabbricato.

FONDAZIONE CON PILASTRI E ARCHI DIRITTI

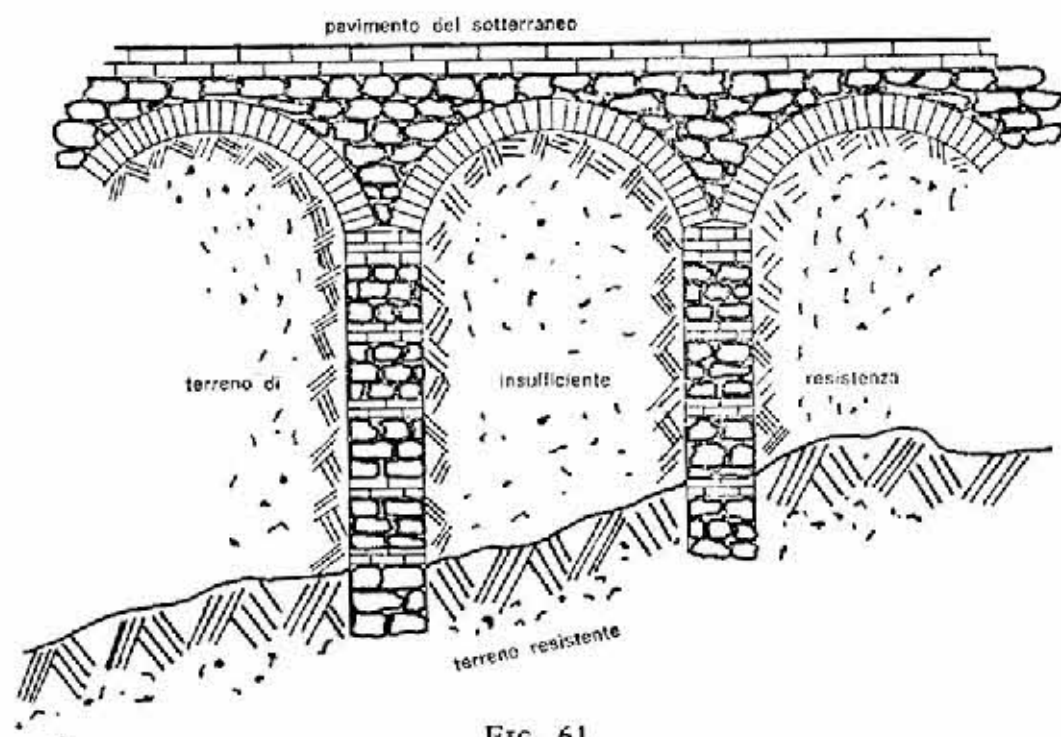


FIG. 61

FONDAZIONE CON PILASTRI E ARCHI ROVESCI DI CEMENTO ARMATO

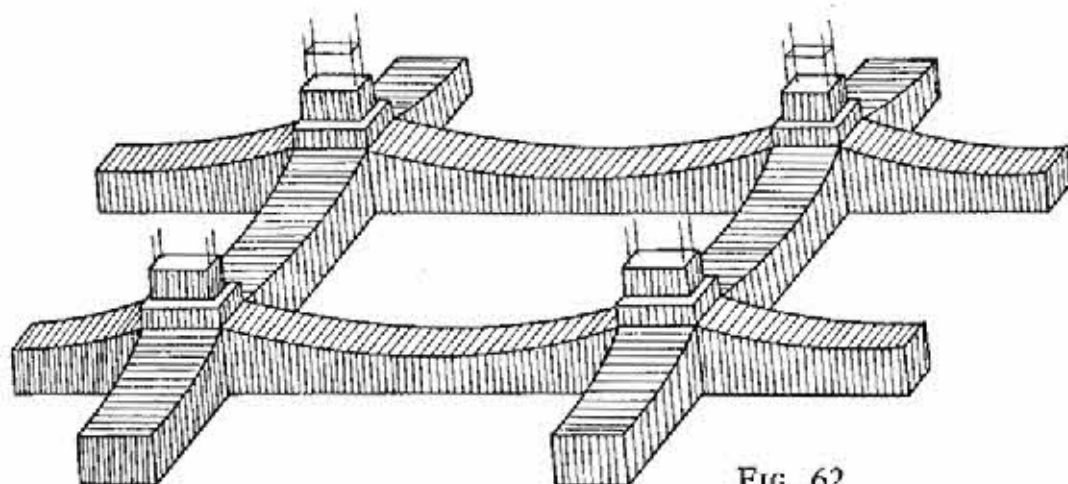


FIG. 62

Se i terreni presentano buona resistenza a notevole profondità si possono adottare *palificate di sostegno* costruite da pali (da 8 a 10 metri di lunghezza e diametro 20-25 cm) di larice, di rovere o di castagno muniti al piede di una puntazza di acciaio e in testa di un anello di ferro destinato a ricevere i colpi dei battipali (fig. 63).

PALO DI FONDAZIONE

In legno con ghiera
e puntazza di ferro

Sulle teste di queste colonne di legno viene poi costruito uno zatterone di legno (travi e tavoloni) oppure una gettata di almeno 1 metro di calcestruzzo.

Al disopra viene poi impostato il fabbricato.

Oggi, specie per terreni di scarsissima resistenza, vengono adoperati pali di cemento armato. Questi possono essere di due tipi: *pali battuti* e *pali trivellati*.

Al disopra di tali pali si può gettare uno zatterone di cemento armato o possono essere riuniti a gruppi di due, tre o quattro su cui impostare i plinti dei pilastri di cemento armato.



FIG. 63

I MURI

I muri costituiscono l'ossatura dei fabbricati. Essi si distinguono in muri di fondazione o di sotterraneo, che appoggiano sulle fondazioni e arrivano fino al livello del piano terreno, e muri di elevazione dal piano terreno in su.

I muri possono essere fatti con pietrame, oppure con mattoni oppure con pietrame e mattoni, con malta di collegamento che serve a legare i vari elementi per formare un unico blocco.

Le murature possono essere fatte anche con gettata di calcestruzzo.

Muri di fondazione.

I muri di fondazione sono in genere fatti con buona muratura di pietrame o mattoni e malta di calce o di cementi e frequentemente anche con gettate di calcestruzzo che rappresentano il sistema più comodo ed economico.

I muri di fondazione hanno generalmente uno spessore maggiore (da 10 a 20 cm) dei muri di elevazione soprastanti.

Per evitare che l'umidità del terreno venga assorbita dai muri nei piani superiori, si usa interporre fra la muratura di fondazione e quella di elevazione, uno spessore di asfalto (2 cm) o d'altro preparato che non lasci passare l'umidità (cartoni catramati, ecc.).

Se il terreno è molto umido si costruisce intorno ai muri di fondazione un vespaio o una intercapedine, che è un corridoio di circa 80 cm di larghezza che isola il fabbricato dal terreno circostante.

Muri di elevazione.

I muri di elevazione, nelle località dove c'è abbondanza di buone pietre, vengono fatte con pietrame squadrato o non, disposto su letti di malta. I vuoti lasciati da pietrame non squadrato vengono riempiti da materiali più minuti e da malte (fig. 64).



FIG. 64

Si fabbricano anche muri di pietrame con cinture e spalle di mattoni (muratura listata). In questo caso a intervalli di circa 70 cm di altezza si intercalano nel muro di pietrame strati di muratura in mattoni (2 o 3 corsi). Si fanno anche di mattoni gli squarci delle aperture, gli spigoli dei pilastri, gli archi e le volte (fig. 65).

MURATURA DI PIETrame
(con giuntura a spalle di mattoni)

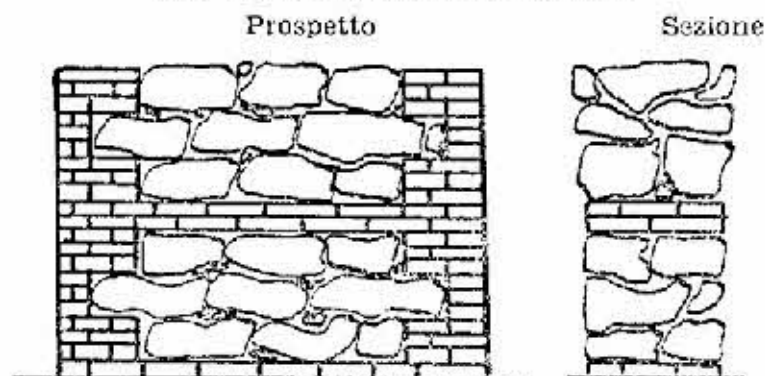


FIG. 65

La muratura di mattoni è la più diffusa sia per la buona resistenza che presenta, sia per la rapidità con la quale si procede nella costruzione essendo i singoli elementi leggeri e regolari.

Per assicurare una buona presa delle malte è necessario bagnare i mattoni e le pietre, bagnare le murature durante le giornate più calde e sospendere i lavori in quelle più fredde (per evitare il gelo).

Nella costruzione dei muri i mattoni o le pietre si dispongono in modo che nello stesso corso, i giunti non risultino sulla stessa linea e nel corso successivo i giunti siano sfalsati rispetto a quelli del corso sottostante (fig. 66).

MURATURA DI MATTONI

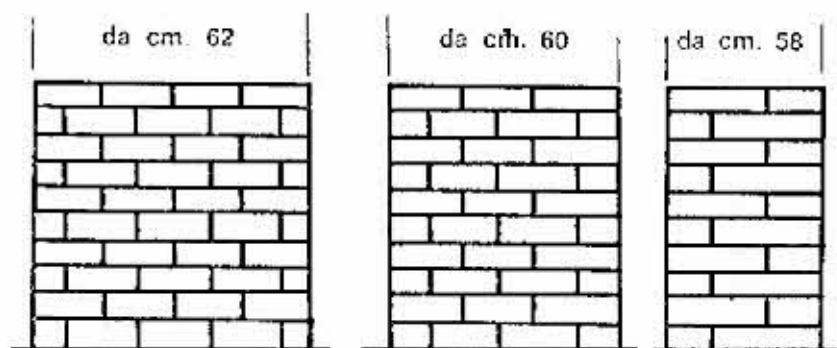


FIG. 66

A seconda della loro funzione i muri di un fabbricato si distinguono in:

- muri maestri o portanti;
- muri trasversali o di divisoria.

I muri maestri, a seconda della loro posizione del fabbricato si distinguono in:

- muri perimetrali;
- muri di colmo (solo negli edifici a corpo doppio).

I muri trasversali a volte sono anch'essi portanti (spesso portano le scale). In generale servono per costituire un irrigidimento trasversale (ossia un legame fra i muri perimetrali e quello di colmo) e per fare una prima suddivisione degli ambienti.

I muri maestri o portanti devono resistere al peso proprio ed al complesso di tutti i carichi ad essi trasmessi dalle strutture del fabbricato: tetto, solai, archi, volte, ecc. e cioè peso proprio di quegli elementi e dei carichi che essi sopportano. Gli spessori devono, conseguentemente, essere proporzionati alla somma di tutti i carichi, compresi quelli accidentali, in maniera da resistere col necessario grado di sicurezza (si fa lavorare la muratura ed una frazione del carico di rottura: essa è $1/10$ per la muratura continua; $1/20$ per i pilastri).

Nella maggior parte dei casi è superfluo fare i calcoli per la determinazione degli spessori (eventualmente si può verificare, assegnata la sezione, che il carico di esercizio sia inferiore a quello ammissibile); ma basta attenersi ai criteri suggeriti dalla pratica.

In genere per i muri perimetrali agli ultimi due piani dell'edificio si adotta uno spessore di tre teste (38 cm) e si aumenta lo spessore di 1 testa per ogni due piani. Per muri di pietrame lo spessore minimo è di 45 cm.

Il muro di colmo, che si trova sulla mezzeria dell'edificio, sopporta un carico che è circa il doppio di quello che si scarica sui muri perimetrali. Si adottano per esso ancora gli stessi spessori in quanto è caricato in maniera che il materiale può resistere meglio agli sforzi (simmetricamente).

I muri trasversali si fanno ordinariamente di spessore uguale a 2 o 3 teste (25 o 38 cm).

Per assicurare un buon collegamento dei muri, al livello di appoggio dei solai, ad ogni piano si gettano dei *cordoni* (o *corree*) di calcestruzzo di cemento armato, con tondini di ferro del 12-14 e con staffe.

Muri tagliafuoco. — Quando una costruzione è di grandi dimensioni, oppure è destinata a contenere materiali di particolare valore o merci combustibili o infiammabili, è necessario suddividere la costruzione in diversi *compartimenti*.

In tal modo si evita che un incendio che si sviluppa in un punto di una fabbrica, si propaghi a tutto l'edificio.

Tale divisione si ottiene opponendo alle fiamme delle pareti resistenti al fuoco, ossia costruendo, a determinati intervalli, dei muri tagliafuoco.

I muri tagliafuoco devono avere uno spessore non inferiore a 30 cm se di pietra, a 25 cm se di mattoni, a 20 cm se di calcestruzzo armato, non devono presentare aperture su tutta la loro superficie, devono tagliare anche le strutture del tetto ed innalzarsi sopra il tetto stesso di 0,80 - 1 mt.

Nel caso fosse proprio *indispensabile* stabilire un passaggio attraverso un muro tagliafuoco, bisogna applicare una porta di sicurezza in corrispondenza del passaggio.

Tale porta dovrà essere:

- resistente al fuoco;
- a chiusura automatica.

Le porte di sicurezza possono essere realizzate con legno di essenza forte rivestito sulle facce di lamiera di ferro, perfettamente aderenti e accuratamente fissate al legno.

MURO TAGLIAFUOCO

di separazione fra i locali A e B, con comunicazione a mezzo di bussola di muratura con due porte di ferro a chiusura automatica

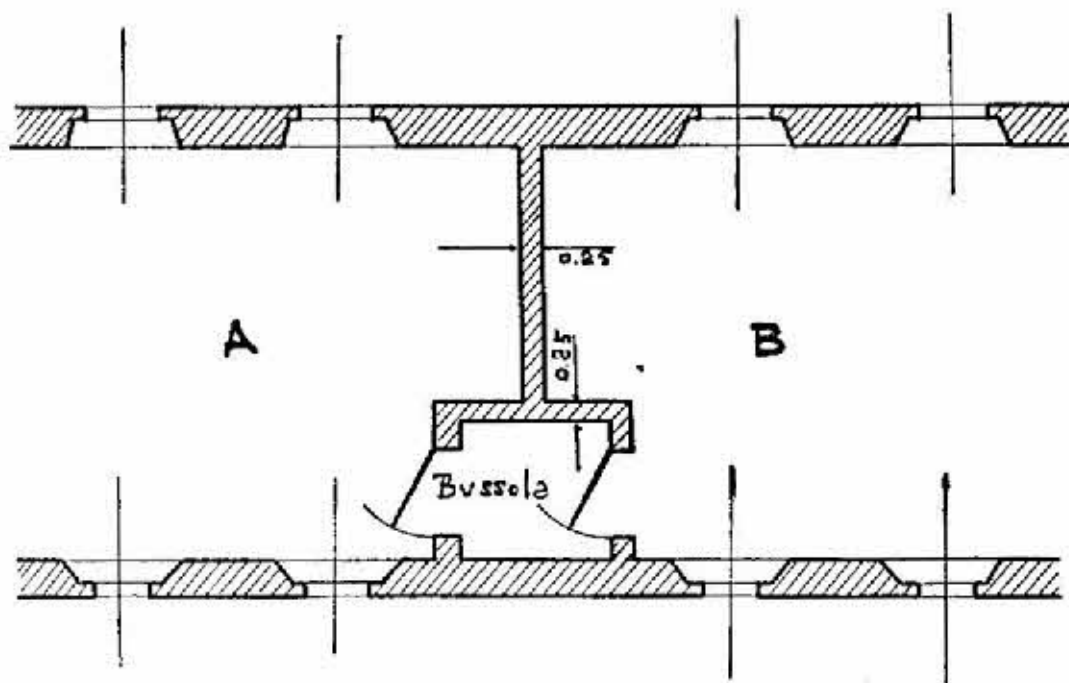


FIG. 67

Si possono ammettere in certi casi anche porte completamente di ferro.

In ogni caso le porte devono essere a chiusura automatica ossia devono essere munite di un apparecchio che le faccia tornare in posizione di chiusura ogni volta che vengono aperte.

Un mezzo ancora più sicuro sarebbe quello di creare in corrispondenza di un passaggio che si vuole aprire nel muro tagliafuoco, una bussola di muratura munita di due porte di sicurezza (fig. 67).

GLI ARCHI

PARTI DELL'ARCO - NOMENCLATURA

Gli archi sono strutture murarie che hanno la funzione di scaricare sugli appoggi i carichi sovrastanti, lasciando uno spazio vuoto sotto di essi. Qualche volta sotto l'arco non si trova il vano, ma ancora muratura. In tal caso l'arco si dice di *scarico* e la sua costruzione non è sempre consigliata (fig. 68).

ARCO DI SCARICO

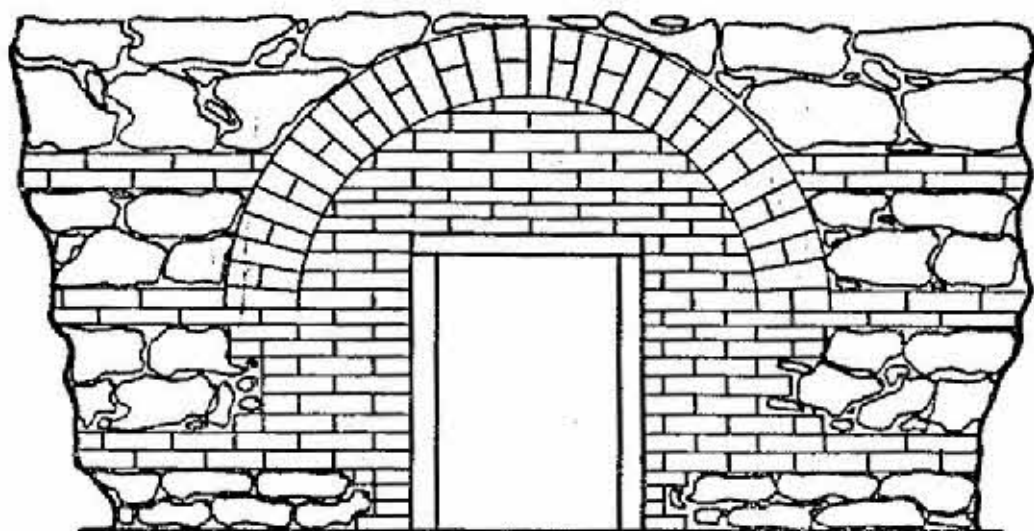


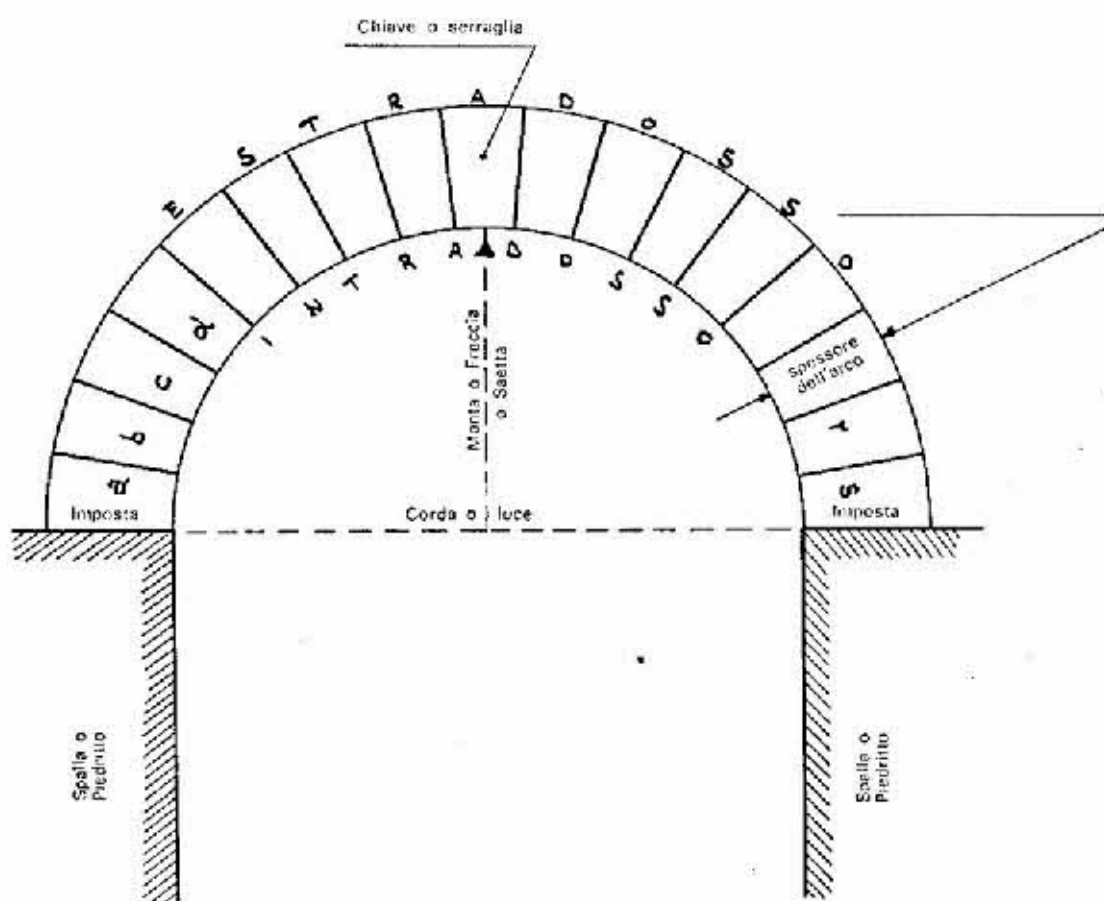
FIG. 68

Le diverse parti e superfici di un arco prendono i seguenti nomi:

- *intradosso*: è la superficie inferiore e concava dell'arco;
- *estradosso*: è la superficie superiore e convessa dell'arco;

- *fronti*: sono le due superfici piane verticali che contengono l'arco;
- *spalle*: sono i piedritti o pilastri sui quali appoggia l'arco;
- *chiave o serraglia*: è il punto più alto e centrale dell'arco;
- *imposte*: si trovano in corrispondenza dei punti più bassi dell'arco, dove cioè l'arco appoggia sulle spalle;
- *corda o luce dell'arco*: è la distanza orizzontale fra le due spalle;
- *monta, freccia o saetta dell'arco*: è la distanza fra la chiave e la corda (fig. 69);

NOMENCLATURA DEGLI ARCHI



I pezzi a forma di cono: a - b - c - d - e - s si chiamano CONCI

FIG. 69

— *pulvino*: è il pezzo o concio (ordinariamente in pietra) che si mette su un pilastro o su una colonna e che è destinato a creare le imposte per due o più archi (fig. 70);

I vari elementi che formano un arco sono disposti simmetricamente rispetto alla chiave, hanno forma di cuneo e i loro giunti concorrono tutti verso il centro dell'arco.

Gli archi in pietra hanno effettivamente i diversi conci sagomati a forma di cuneo (fig. 71).

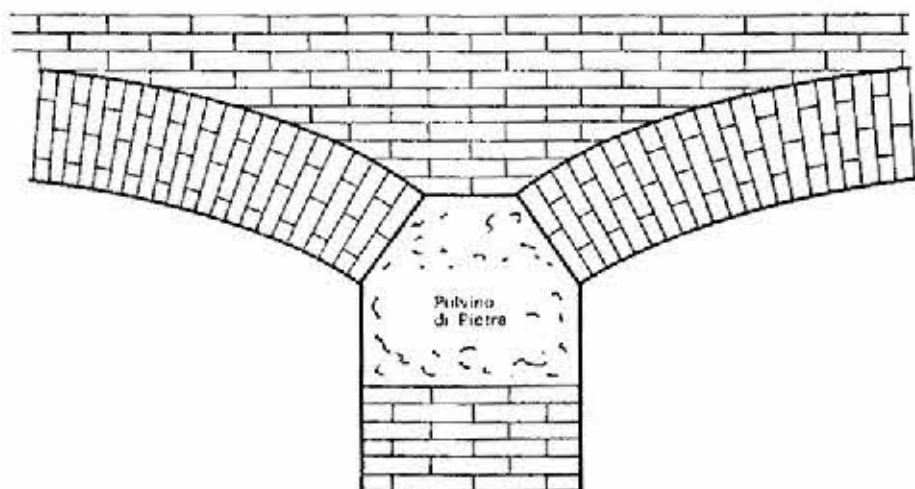


FIG. 70

ARCO A CONCI DI PIETRA (i conci hanno forma di cuneo)

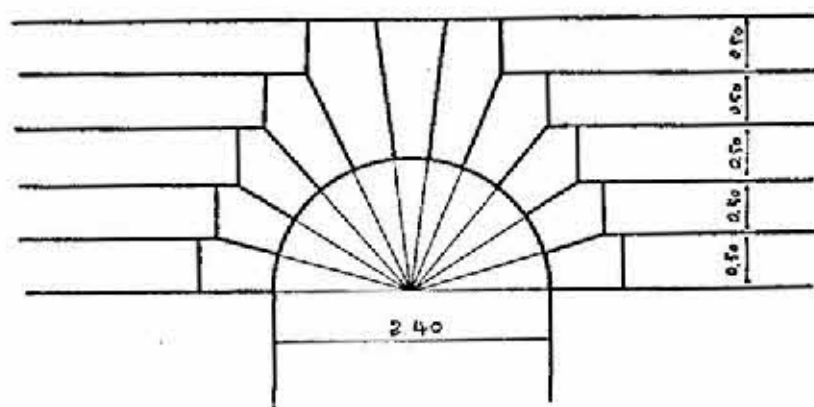


FIG. 71

ARCO IN MATTONI
(gli strati di malta hanno forma di cuneo)

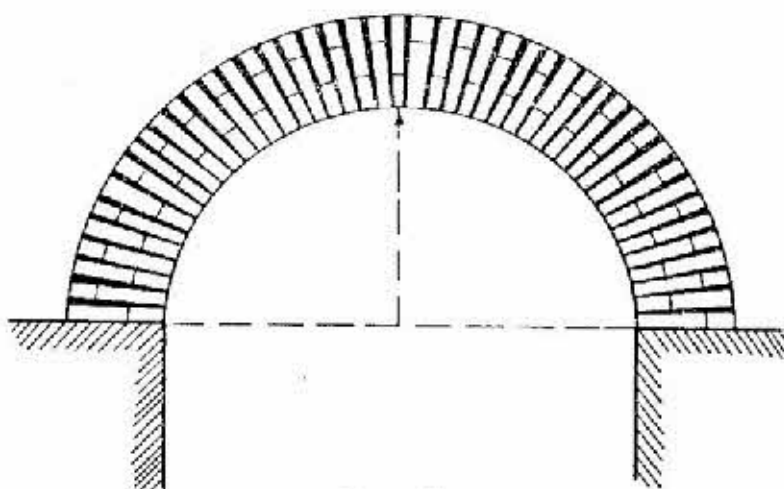


FIG. 72

CENTINA IN LEGNO PER LA COSTRUZIONE
DI UN ARCO

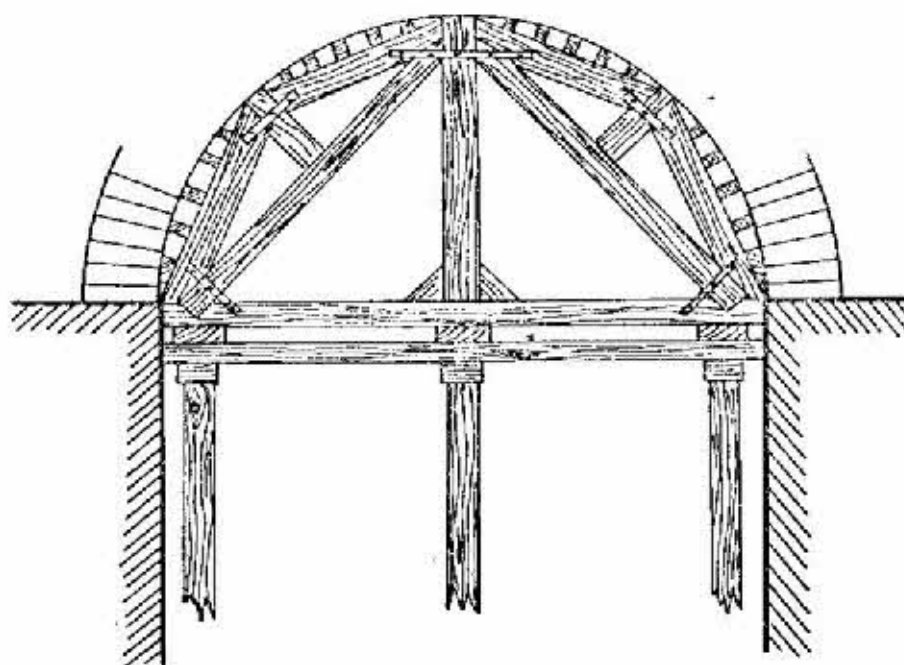


FIG. 73

Gli archi in laterizi sono costruiti in genere con mattoni di forma comune (parallelepipedi); mentre gli strati di malta, aventi spessori crescenti dall'intradosso all'estradosso, vengono a formare dei veri e propri cunei (fig. 72).

Gli archi in pietra non possono reggersi da soli fino a che non è stato messo l'ultimo pezzo e cioè quello corrispondente alla chiave.

Quelli in laterizi non possono reggersi da soli finchè la malta dei giunti non abbia fatto presa.

Per questi motivi gli archi vengono, fino a costruzione ultimata, sostenuti da strutture di legno provvisorie chiamate *centine* (fig. 73).

DIVERSE FORME DI ARCHI

A seconda della linea di intradosso gli archi prendono nomi diversi:

- *Archi circolari*: sono tutti gli archi il cui intradosso è un arco di cerchio.
- *arco circolare a tutto sesto o a tutta monta*: è l'arco che ha l'intradosso formato da una mezza circonferenza avente il centro nel punto di mezzo della corda. In questo caso i piani di imposta sono orizzontali (fig. 74);
- *arco circolare a sesto scemo o a monta ribassata*: è quell'arco che ha il centro sempre sulla linea mediana verticale ma in un punto sotto la corda. La freccia è minore di metà della corda. I piani di imposta sono inclinati (fig. 75);

ARCO CIRCOLARE A TUTTO SESTO O A TUTTA MONTA

(freccia - metà della luce)

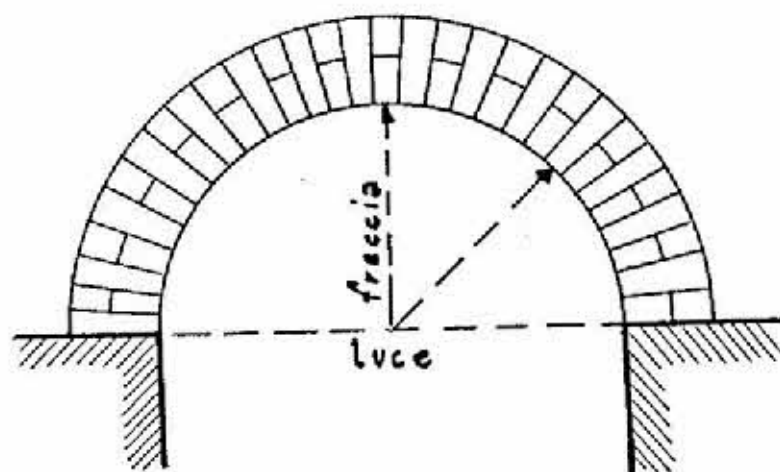


FIG. 74

ARCO CIRCOLARE A SESTO SCEMO O A MONTA RIBASSATA
(La freccia è minore della metà della luce)

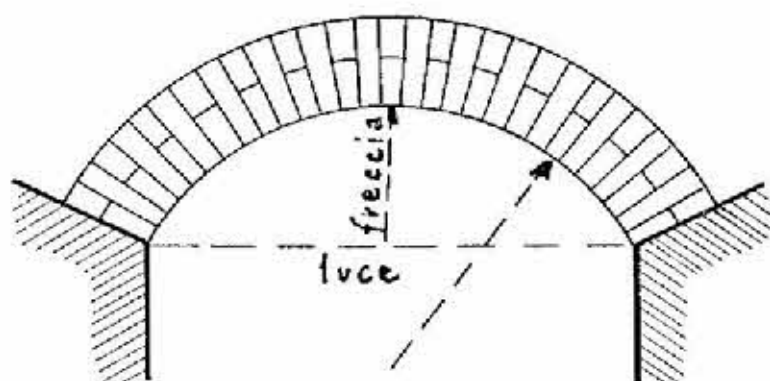


FIG. 75

PIATTABANDA

Si deve immaginare come derivata da un arco circolare ribassato tagliato con due piani orizzontali A-B (estradosso) e C-D (intradosso)

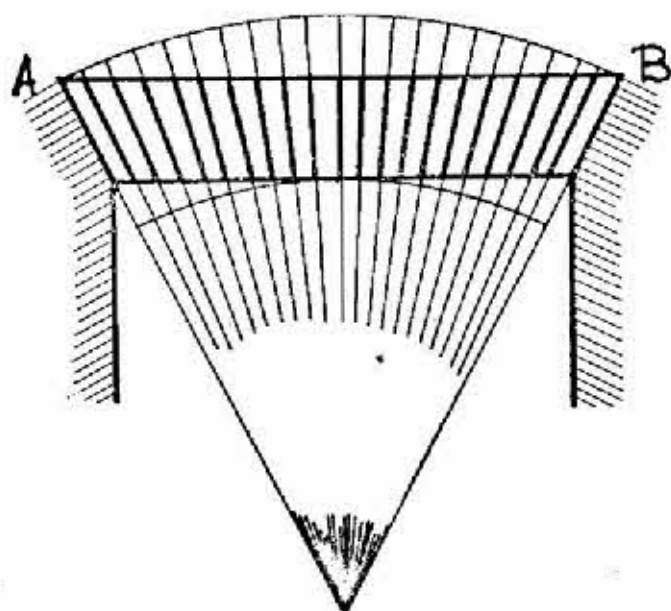


FIG. 76

- *piattabanda*: è un arco molto ribassato, che invece di aver per intradosso o per estradosso delle superfici curve, ha delle superfici piane. La piattabanda, come del resto tutti gli archi molto ribassati, non ha grande robustezza, per cui si usa soltanto per coprire aperture di piccola luce (fino a 2 m) (fig. 76);
- *archi a sesto acuto*: sono quelli formati da due archi di cerchio riuniti in chiave. Ve ne sono diversi tipi;

ARCO A SESTO ACUTO EQUILATERO

A-B-C- è un triangolo equilatero - l'arco A-B ha centro in C e l'arco A-C ha centro in B - B e C sono i punti estremi della corda.

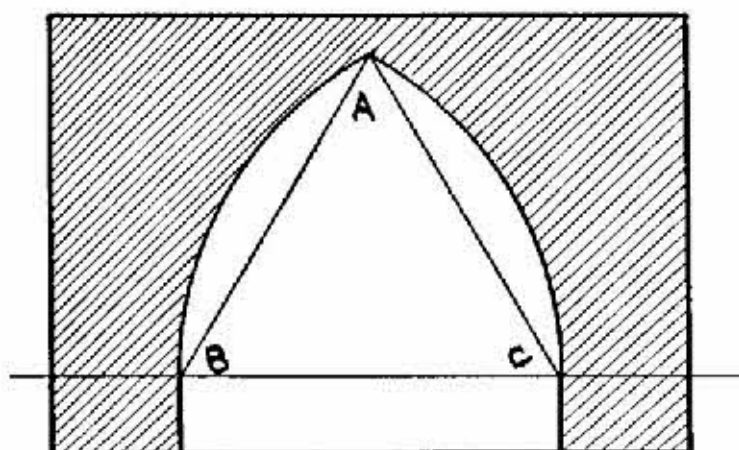


FIG. 77

ARCO A SESTO ACUTO RIBASSATO

L'arco A-C ha centro in O. L'arco A-B ha centro in P. O e P sono punti interni della corda.

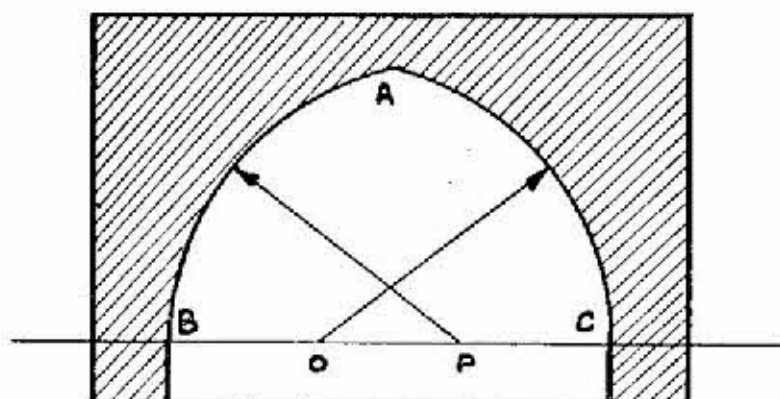


FIG. 78

- *arco a sesto acuto equilatero*: è quello che ha i centri dei due archi nei punti estremi della corda. La corda dell'arco, cioè quella compresa fra le due spalle, e le corde dei due archi montati formano un triangolo equilatero (fig. 77);
- *arco a sesto acuto ribassato*: è quell'arco nel quale i centri dei due archi montati sono due punti interni della corda (fig. 78);
- *arco a sesto acuto rialzato*: è quello formato da due archi montanti i cui centri sono due punti sulla retta della corda ma all'esterno delle spalle (fig. 79);
- *archi policentrici*: sono gli archi che hanno l'intradosso formato da un certo numero di archi di cerchio, raccordati fra di loro. I più usati sono gli archi a tre centri (fig. 80) e a cinque centri (fig. 81).

COMPORTAMENTO DEGLI ARCHI

Ogni cuneo che entra a formare l'arco, tenendo per il suo peso e per l'azione dei carichi soprastanti ad abbassarsi, preme sulle facce dei cunei laterali che non gli permettono di abbassarsi. Tutti

ARCO A SESTO ACUTO RIALZATO

L'arco A-C ha centro in O. L'arco A-B ha centro in P. O e P sono due punti sulla linea della corda ma esterni alla corda stessa.

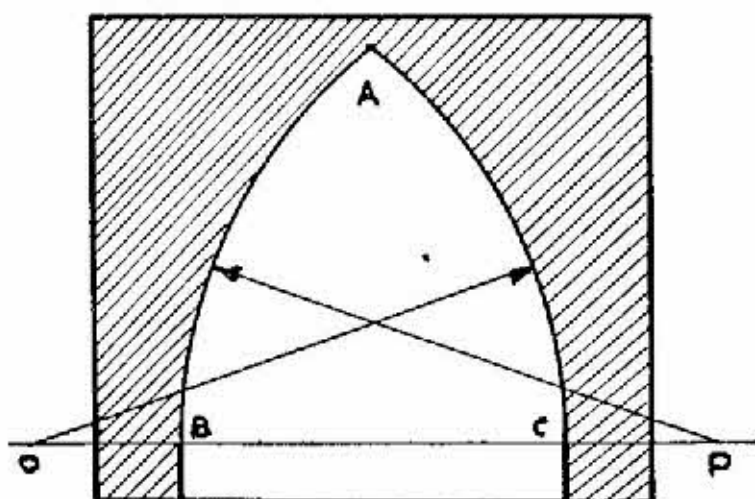


FIG. 79

i diversi cunei finiscono così con il serrarsi l'uno contro l'altro e le reciproche azioni di pressione si trasmettono dall'uno all'altro aumentando sempre dalla chiave alle imposte, risolvendosi in una azione (forza) inclinata rispetto alle spalle. Questa ammette una componente orizzontale che si chiama spinta.

In ogni caso le strutture ad arco sono *spingenti*, esse cioè tendono sempre a far ribaltare i piedritti verso l'esterno.

La grandezza della spinta varia con il ribassamento dell'arco (rapporto tra freccia e corda). Essa è più grande negli archi molto ribassati (cioè con piccola freccia) e diminuisce con l'aumentare della freccia. Perciò è più piccola negli archi a tutto sesto ed ancora minore in quelli a sesto acuto.

ARCO A TRE CENTRI

(tracciamento dell'arco dato la corda A-B e la freccia C-D)

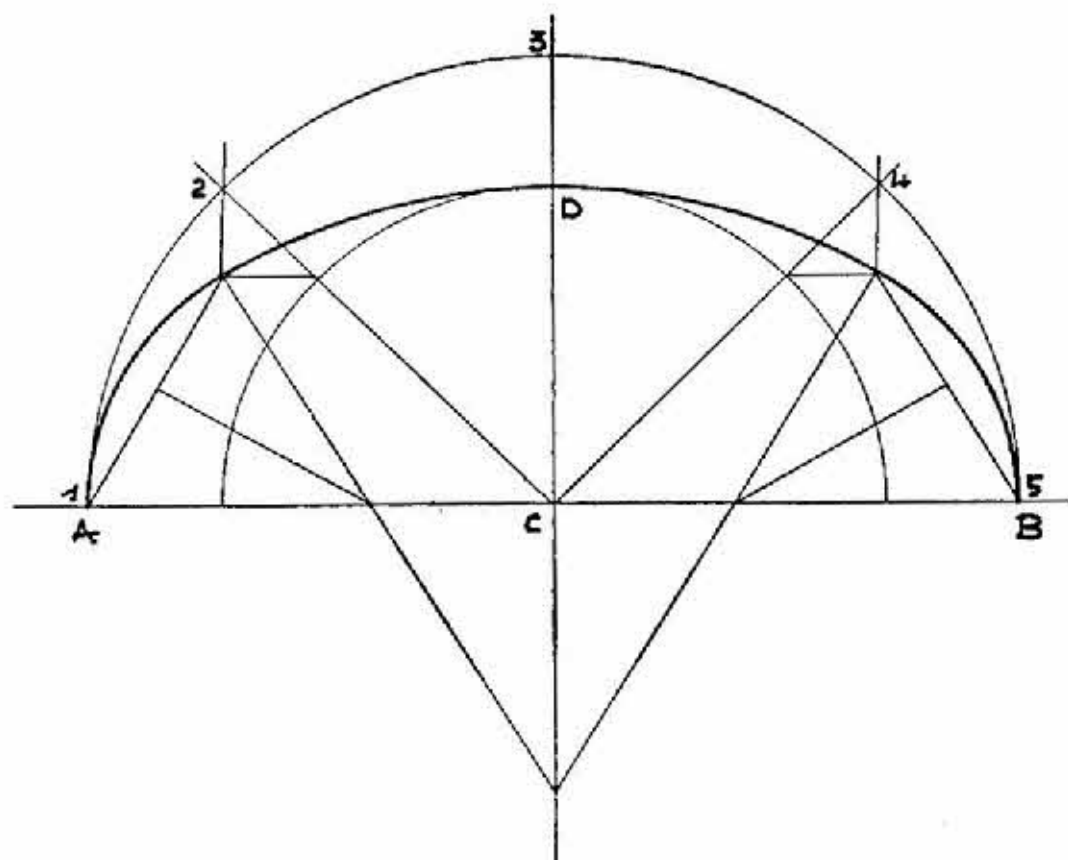


FIG. 80

ARCO A CINQUE CENTRI

(tracciamento dell'arco data la corda A-B e la freccia C-D)

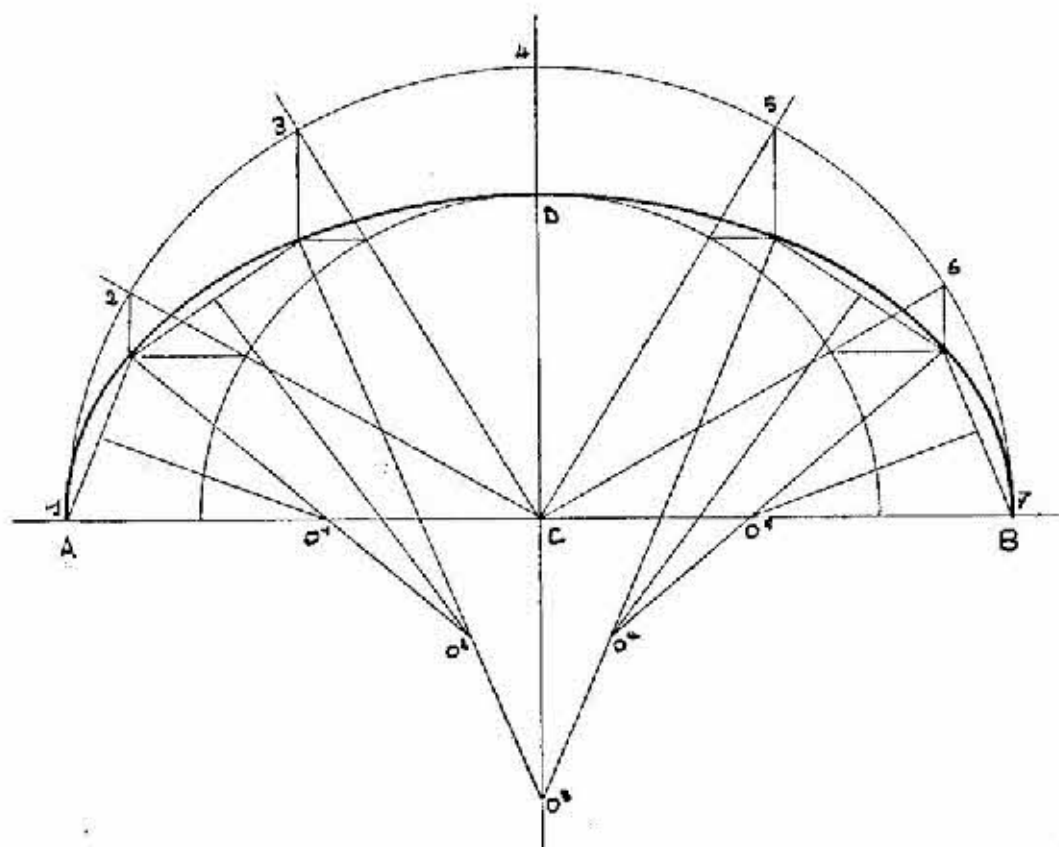


FIG. 81

Come è facile intuire quanto maggiore è il peso che grava sulle spalle di un arco tanto più grande è la possibilità di queste di resistere alla spinta dell'arco stesso.

Siccome la pressione che i cunei si trasmettono sono minime in chiave e, aumentando gradatamente, diventano massime alle imposte; nè deriva che se l'arco è sezione costante, gli elementi vicini alle imposte sopportano un carico specifico (Kg/cm^2) maggiore di quello sopportato dagli elementi vicini alla chiave.

Ecco perchè gli archi di maggiore importanza si fanno di spessori diversi: maggiori alle imposte e più piccoli in chiave (fig. 82).

Quando un arco è troppo carico cede abbassandosi in corrispondenza della chiave e in quel punto tende ad aprirsi all'intradosso; mentre due altre aperture si manifestano all'estradosso nei due punti sui fianchi, detti *giunti di rottura* o *alle reni*, dovute al fatto

ARCO AVENTE SPESSORE VARIABILE
(maggiore alle imposte e minore in chiave)

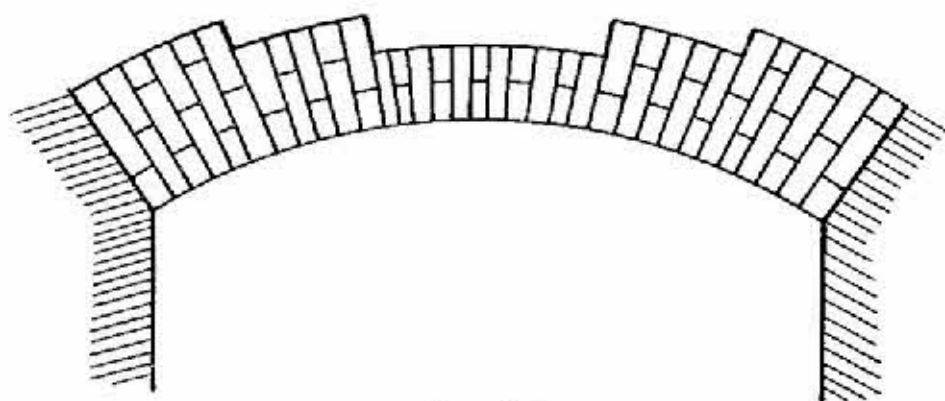


FIG. 82

che l'arco sui due fianchi tende ad alzarsi. Inversamente avviene per gli archi a sesto acuto.

Quando in uno stesso muro si succedono diversi archi uguali e impostati alla stessa altezza le spinte che questi archi trasmettono si contrastano fra loro e quindi (se i carichi sono uguali) si annullano.

Se sopra le spalle di un arco esiste un notevole peso di muratura, o insiste un forte carico verticale trasmesso da altre strutture soprastanti, la spinta esercitata dall'arco viene vinta (ossia centrata) da questo peso.

Quando invece i muri o i pilastri sui quali è impostato l'arco non hanno un carico sufficiente per resistere alla spinta, si provvede ad *eliminarla* con chiavi da muro, che sono tiranti di ferro le cui estremità (dette teste di chiavi) sono fucinate ad anello perchè risulti facile ancorare gli estremi delle chiavi nelle spalle dell'arco, mediante bulloni e cunei (fig. 83).

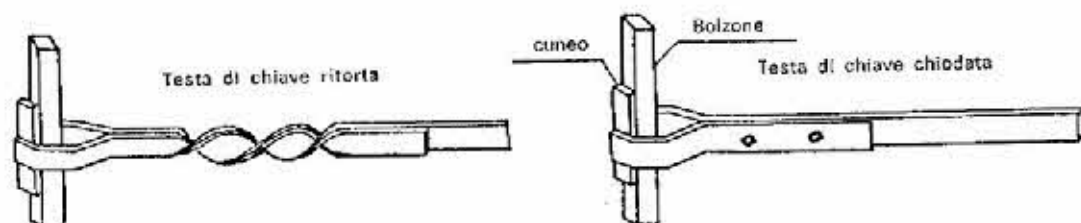


FIG. 83

Non deve mai essere dimenticata la caratteristica degli archi di esercitare una spinta sulle spalle.

Se in opere di demolizione, per esempio, si procedesse, senza cautela, ad a leggerire le spalle di un arco, si potrebbe provocare il ribaltamento delle spalle verso l'esterno e il crollo dell'arco.

LE VOLTE - NOMENCLATURA

Le volte sono strutture murarie curve che servono a coprire ambienti limitati da muri o da pilastri e a portare i carichi soprapstanti.

Le volte come gli archi sono formate da elementi che esercitano fra di loro una mutua compressione e trasmettono spinte in corrispondenza della superficie di appoggio.

Le volte possono essere costruite in pietra, in laterizi e in calcestruzzo semplice o armato.

Le diverse parti delle volte hanno gli stessi nomi delle corrispondenti parti degli archi: intradosso, estradosso, spalle, chiave, corda, freccia, ecc.

FORME DELLE VOLTE

La forma della superficie di intradosso è quella che caratterizza i vari tipi di volte.

I numerosissimi tipi di volte si possono suddividere in due gruppi fondamentali e cioè:

- volte semplici,
- volte composte.

Le *volte semplici* sono quelle la cui superficie di intradosso è costituita da una unica superficie curva; una porzione di superficie cilindrica, o di superficie conica o di superficie sferica.

Le *volte composte* sono quelle la cui superficie di intradosso risulta formata da diverse superfici curve unite insieme.

È molto facile distinguere a quale gruppo appartenga una volta: infatti le volte semplici hanno all'intradosso una unica superficie curva e continua, mentre le volte composte presentano invece, all'intradosso, delle costole o degli spigoli salienti o rientranti in corrispondenza della linea di unione delle diverse superfici curve da cui sono composte.

Le volte come gli archi, in base al rapporto fra la lunghezza della freccia e quella della corda, si distinguono in volte a *tutto sesto* e a *sesto ribassato*.

ALCUNI TIPI COMUNI DI VOLTE

Volte semplici:

- *Volta a botte cilindrica retta:* sono come archi circolari ma con larghezza molto maggiore. Sono molto usate per la copertura di sotterranei, di canali di fognatura, viadotti, ecc. (figg. 84 e 85). La volta a botte cilindrica serve a coprire locali a forma rettangolare.

VOLTA A BOTTE CILINDRICA A TUTTO SESTO

A.B. (freccia) - $\frac{1}{2}$
C.D. (corda)
C.D.E.F. è un rettangolo

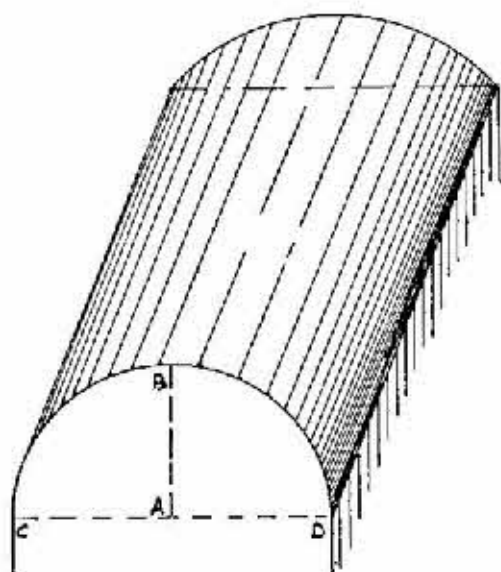


FIG. 84

VOLTA A BOTTE CILINDRICA A.B. (freccia) è minore di $\frac{1}{2}$

C.D. (corda)
C.D.E.F. è un rettangolo

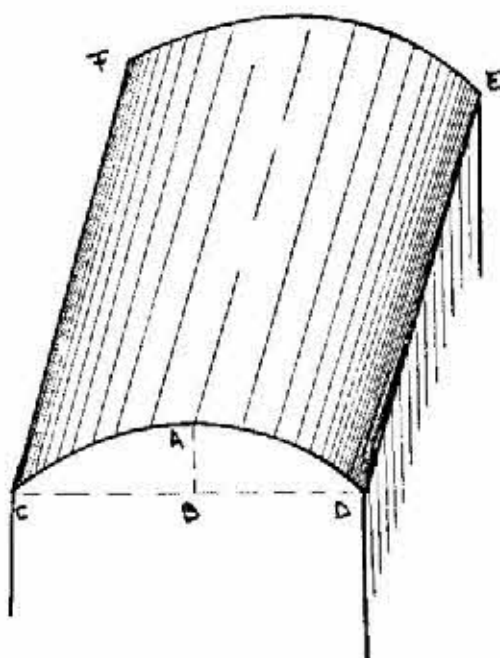


FIG. 85

- *Volte a botte oblique:* Quando la volta a botte cilindrica copre un ambiente a forma di un parallelogramma, la volta viene detta a botte obliqua (fig. 86).

VOLTA A BOTTE OBLIQUA
A.B.C.D. è un parallelogramma

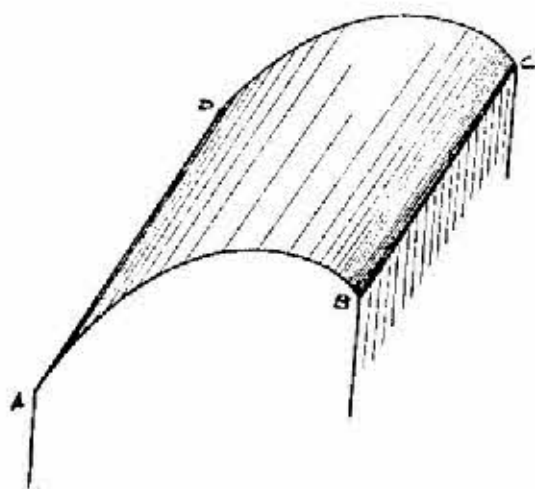


FIG. 86

VOLTA A BOTTE CONICA
A.B.C.D. è un trapezio

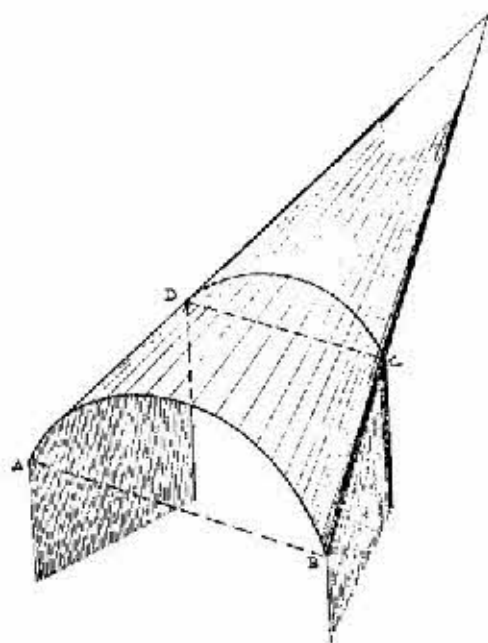


FIG. 87

- *Volta a botte conica*: se la volta a botte copre un locale a forma di trapezio, la volta si dice *volta a botte conica* (fig. 87). La superficie di intradosso è formata da una porzione della superficie di un tronco di cono.
- *Volta a bacino o a tazza*: sono quelle che hanno l'intradosso formato da una porzione di superficie sferica (metà se a tutto sesto; meno della metà se a sesto ribassato) (figg. 88 e 89). Esse servono per coprire locali di forma circolare.
- *Volta a vela*: hanno anch'esse l'intradosso formato da una porzione di superficie sferica, ma serve per coprire ambienti aventi forma quadrata, rettangolare o di un qualunque poligono che possa essere inscritto in un cerchio.
La superficie sferica di intradosso è tagliata da piano verticale in corrispondenza dei lati del poligono che costituisce il locale coperto.
Le volte a vela si presentano come pezzi di tela fissata agli angoli del poligono di base e gonfiate dal vento (fig. 90).

VOLTA A TAZZA A TUTTO SESTO

è una mezza superficie sferica - D-C (monta) = $\frac{1}{2}$ A-B (luce)

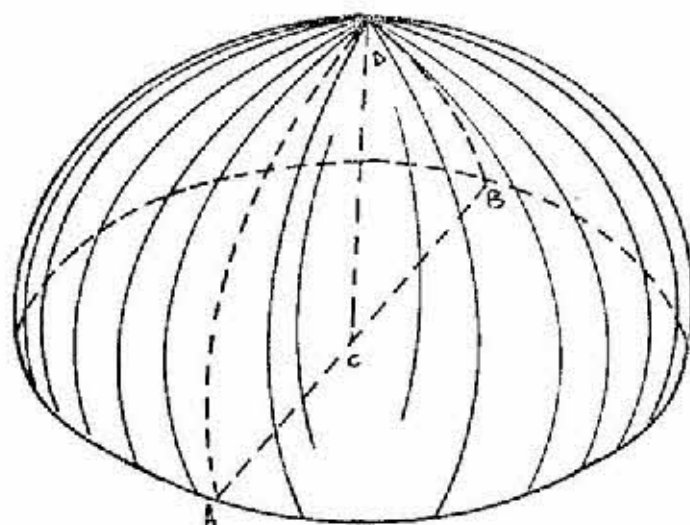


FIG. 88

VOLTA A TAZZA A SESTO RIBASSATO

è meno di mezza superficie sferica
C-D (monta) è minore di $\frac{1}{2}$ A-B (luce)

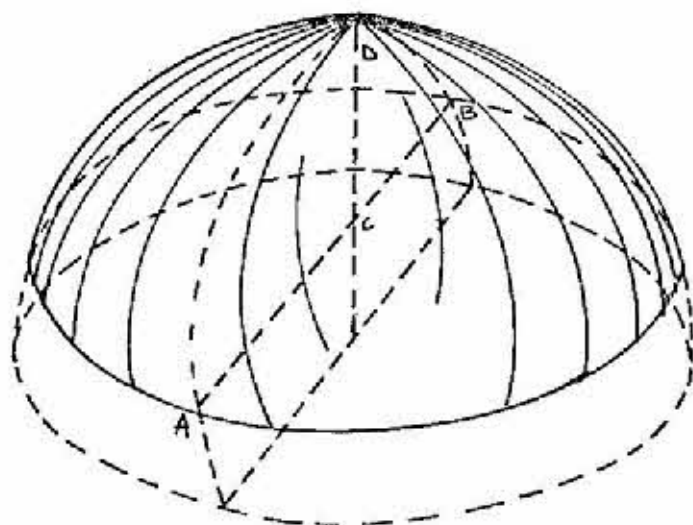


FIG. 89

VOLTA A VELA

A-B-C-D è un quadrato o un rettangolo, deve in ogni caso essere poligono inscrittibile in un cerchio.

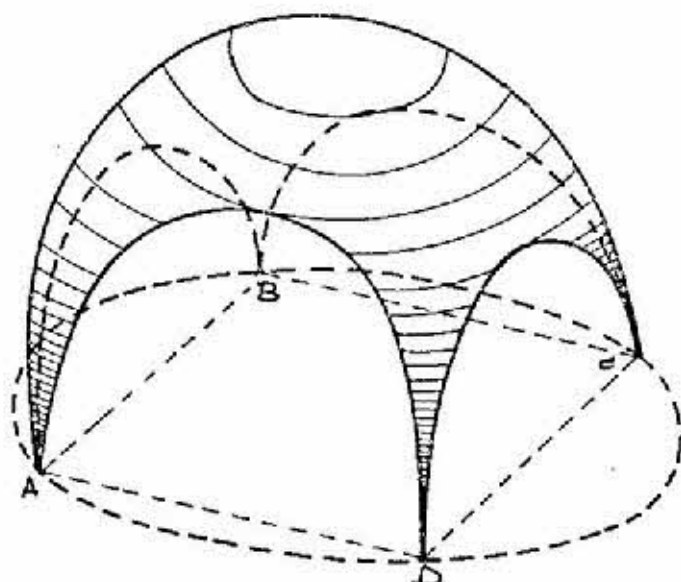


FIG. 90

Volte composte:

- *Volta a padiglione:* serve per coprire locali aventi pianta quadrata, rettangolare o formata da un poligono regolare. La volta a padiglione è formata da tanti spicchi di volta a botte impostati sui lati del poligono di base, che si riuniscono alla sommità o chiave della volta e che combaciano fra di loro secondo tante linee curve che si vedono sulla volta stessa (fig. 91).
- *Volta a botte con testa di padiglione:* è una volta adatta a coprire locali di forma rettangolare. È formata da una volta a botte impostata sui lati maggiori del rettangolo e da due mezze volte a padiglione impostate sui lati minori (fig. 92).
- *Volta a crociera:* serve a coprire locali a pianta quadrata o rettangolare. È formata dall'incrocio di due volte a botte impostate sui lati opposti del quadrilatero di base. L'intersezione delle due volte avviene secondo due linee curve che formano la costolatura sporgente della volta (fig. 93).

VOLTA A PADIGLIONE

A-B-C-D è un quadrato o un rettangolo (potrebbe essere un poligono regolare qualunque)

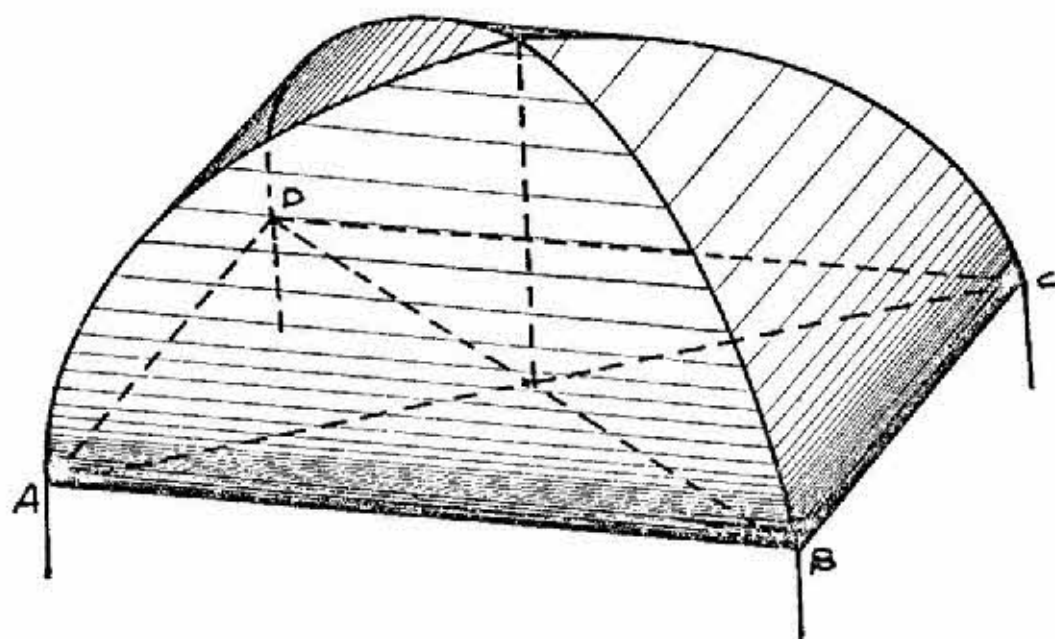


FIG. 91

VOLTA A BOTTE CON TESTE DI PADIGLIONE

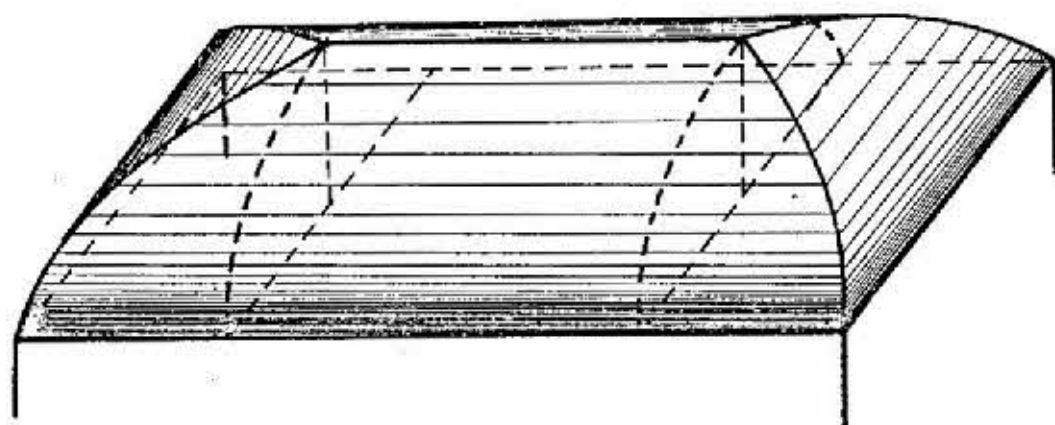


FIG. 92

VOLTA A CROCIERA

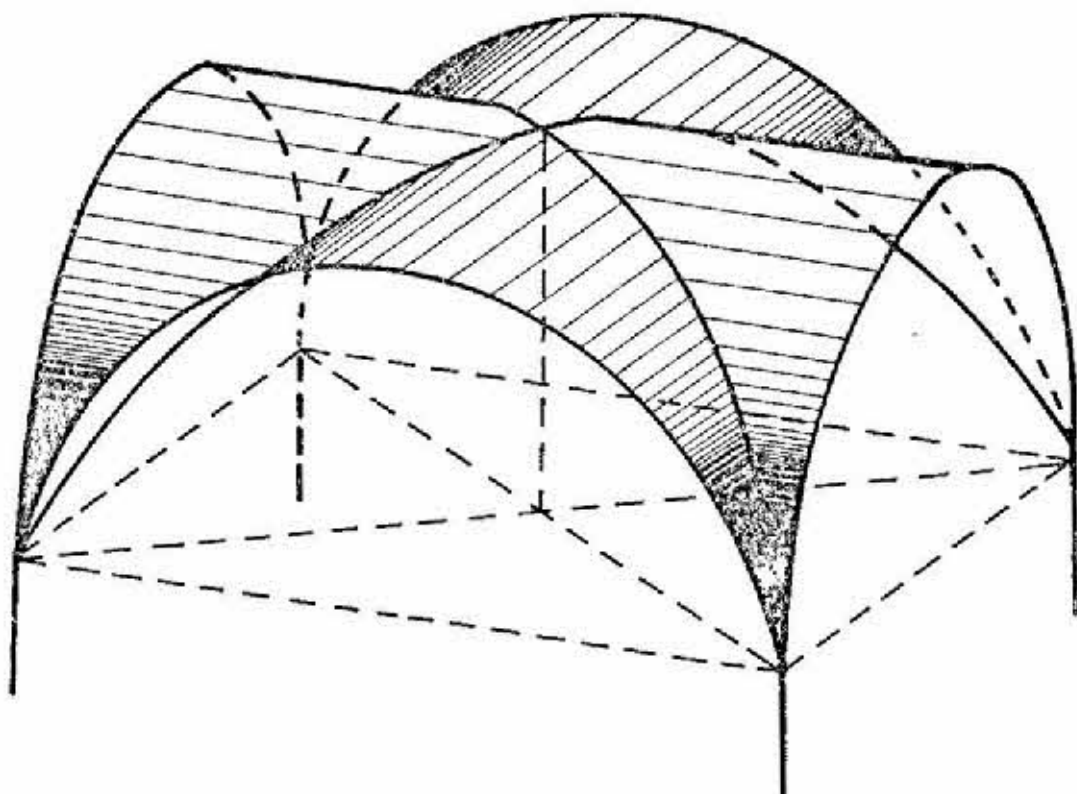


FIG. 93

VOLTA A SCHIFO

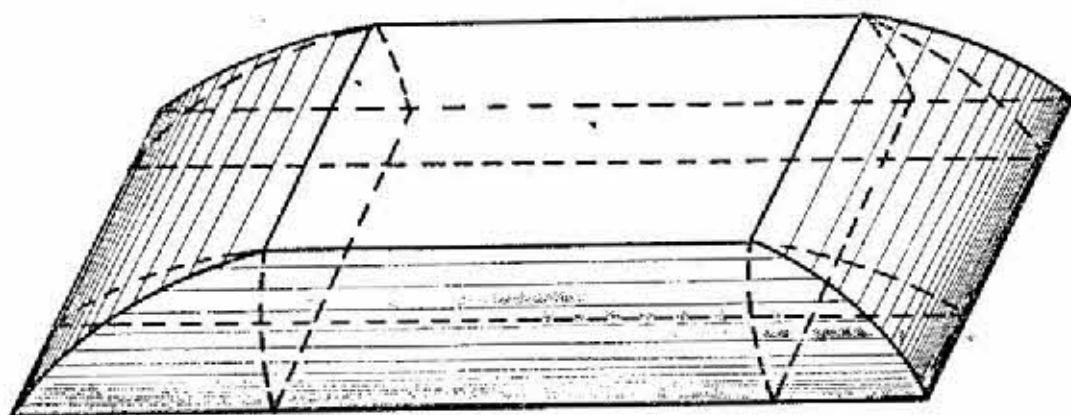


FIG. 94

- *Volta a schifo*. È particolarmente adatta per coprire locali di pianta rettangolare. È costituita da una parte centrale piana rettangolare contornata da quattro mezze volte a botte impostate sulla parte centrale dei quattro lati del perimetro (fig. 94).

A conclusione di questo capitolo dobbiamo ricordare che anche le volte, come gli archi, sono *strutture spingenti* cioè che tendono a rovesciare verso l'esterno i muri o i pilastri di imposta; per cui nelle opere di demolizione di queste strutture occorre osservare grande cautela.

I SOLAI

Mentre per la copertura dei locali di sotterraneo si ricorre di frequente alle volte, la copertura dei locali in generale si realizza con i solai.

I solai sono formati con travi che appoggiano sui muri e trasmettono ad essi solo dei carichi verticali e non delle spinte.

I solai sono di tipo assai vario a seconda della ampiezza del locale che devono coprire, a seconda dei carichi (che si chiamano accidentali) che sono destinati a sopportare, e dei materiali che vengono impiegati per la loro formazione.

CARICHI ACCIDENTALI PIÙ COMUNI

Locali d'abitazione	da 150 a 200 Kg/m ²
Locali d'ufficio	» 200 a 400 »
Locali di riunione	» 600 »
Magazzini e stabilimenti . .	» 500 a 3000 »

SOLAI IN LEGNO

I *solai in legno*, che erano molto usati nelle antiche costruzioni, da tempo vanno scomparendo, essi hanno lasciato il posto ai solai in ferro e voltini e ai solai in cemento armato, per il motivo che questi ultimi sono costituiti da materiali meno alterabili e quindi di maggiore durata, ed anche perchè questi ultimi sono molto più resistenti al fuoco.

I solai in legno sono formati essenzialmente da due parti: *l'orditura o intelaiatura e il manto o copertura*.

L'orditura viene fatta con travetti di abete o di larice, disposti parallelamente al lato più corto del locale da coprire, a distanza di

50 o 60 cm l'uno dall'altro, appoggiati sui muri per un tratto almeno di 20 cm (fig. 95).

Se la luce del locale non supera i 4 metri, basteranno travetti di cm 8×12 , 10×14 , 12×16 ; per luci da metri 4 a metri 5,50 si impiegano le smezzole aventi sezioni di cm 8×20 , 10×20 , 10×22 .

Quando un travetto viene a capitare in corrispondenza di una canna fumaria (perchè la testa del travetto si mantenga ad una distanza sufficiente perchè non abbia ad iniziarsi la combustione), invece di appoggiarlo sulla muratura, si appoggia su un traversino che viene fissato ai due travetti laterali (fig. 96).

SOLAI IN LEGNO orditura con travetti e smezzole

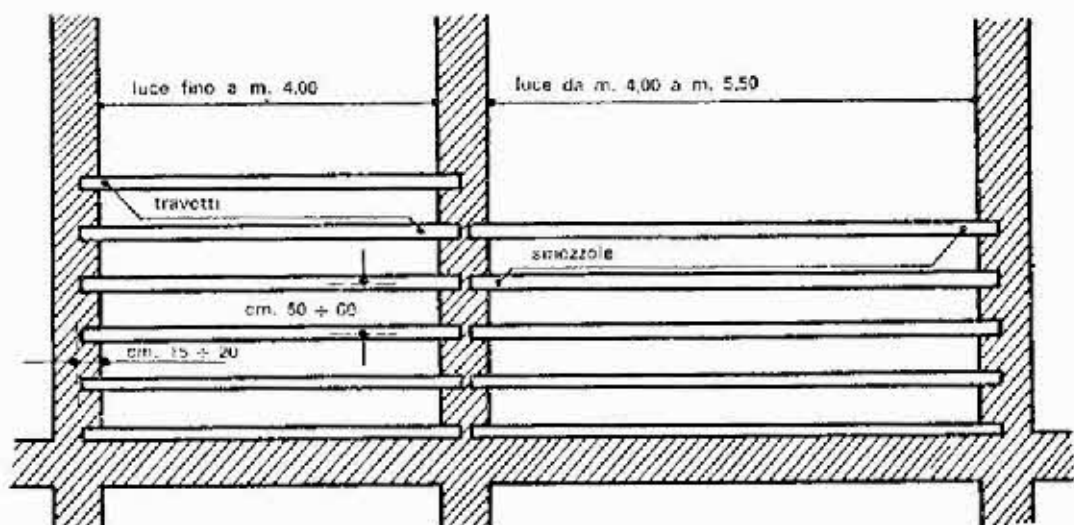


FIG. 95

TRAVETTO POGGIANTE SU UN TRAVERSINO IN CORRISPONDENZA DI UNA CANNA DA FUMO

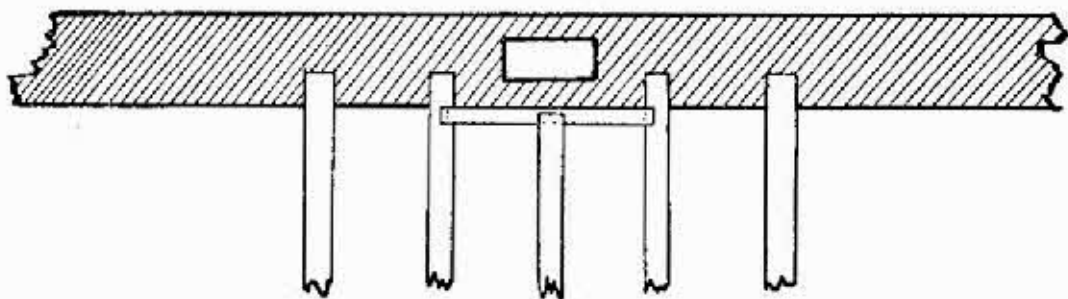


FIG. 96

ORDITURA DI SOLAIO IN LEGNO CON TRAVI MAESTRE E TRAVETTI

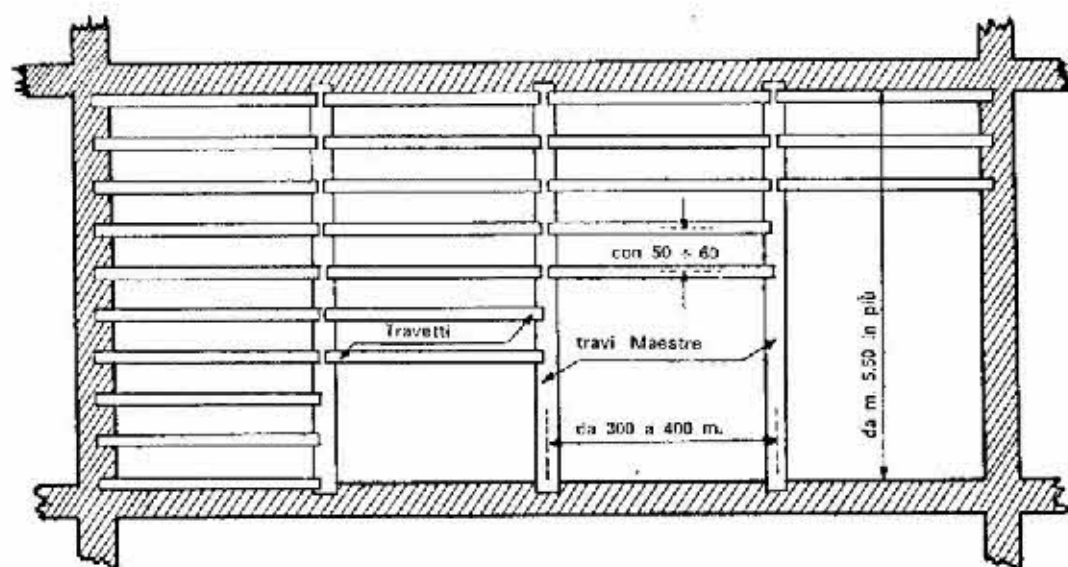


FIG. 97

Quando il locale da coprire ha la sua dimensione minore che supera i mt 5,50 l'orditura del solaio viene fatta con travi maestre, disposte parallelamente al lato minore, che servono a dividere il locale in due o più campate della larghezza di circa 3 m.

Sulle travi maestre vengono poi fissati i travetti disposti come si è detto in precedenza, con la differenza che essi risultino in questo caso paralleli al lato maggiore del locale (fig. 97).

Le travi maestre si appoggiano di solito su conci di pietra perchè risulti più ripartito il carico sulla muratura.

Le travi maestre o, quando queste non ci sono, alcuni travetti, scelti tra quelli che capitano in corrispondenza dei pilastri del fabbricato, si muniscono alle teste di capochiavi per creare un collegamento resistente fra il solaio e la muratura del fabbricato.

Quando ci si trova di fronte ad un solaio che ha subito dei danni per il fuoco o per altri motivi, per poter giudicare sulle condizioni di sicurezza del solaio stesso, è prima di tutto necessario rendersi conto del come sia fatta l'orditura o l'intelaiatura del solaio.

Il *manto* dei solai in legno è formato di solito con tavole chiodate ai travetti e disposti normalmente ad essi.

Qualche volta, invece delle tavole di legno, si appoggiano ai travetti delle tavelle forate che vengono unite fra di loro con malta di cemento.

Il manto è destinato ad accogliere il pavimento, e fra il manto ed il pavimento si distende uno strato di polvere di calcinacci o scorie o di altro materiale leggero per isolare il pavimento dal solaio.

Detto strato diventa superfluo quando il pavimento è formato con « parquet » di legno.

SOLAI IN FERRO E LEGNO

L'orditura di questi solai è formata con travi di ferro a doppio T (poutrelles) che fanno da trave maestre, appoggiate sui muri a distanza di circa 3 m l'una dall'altra e trasversalmente sono di-

ORDITURA DI UN SOLAIO IN FERRO E LEGNO

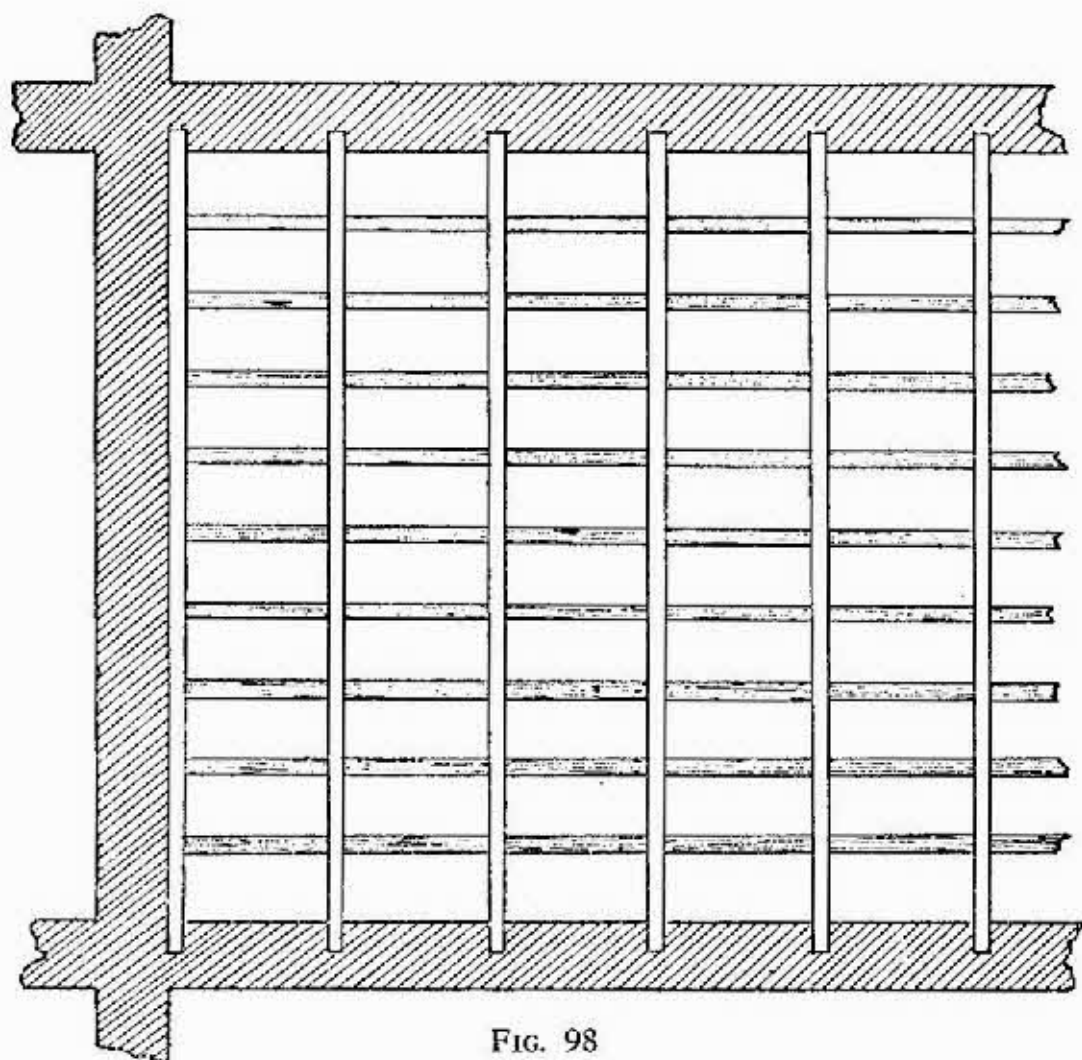


FIG. 98

sposti i travetti di legno appoggiati alle ali delle travi a doppio T.

Le travi a doppio T sono poste in opera non parallele ma leggermente divergenti; i travetti vengono segati in misura esatta per modo che introdotti dalla parte dove le travi a doppio T sono più distanti, vanno a prendere la loro posizione precisa (fig. 98).

Quando i travetti non abbiano la stessa altezza della trave a doppio T, vengono appoggiati su correntini di legno fissati alle travi a doppio T con bulloni passanti (fig. 99).

Le travi di ferro devono appoggiare sui muri per 20 o 25 cm e vengono ancorate ai muri in modo molto semplice con un tondino passante.

COLLEGAMENTO DI TRAVETTI ALLE TRAVI DI FERRO A DOPPIO T

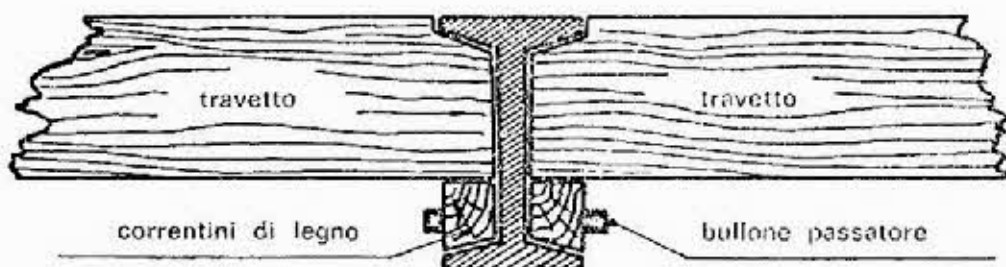


FIG. 99

SOLAI IN FERRO E LATERIZI

I solai in ferro e laterizi sono molto usati e sono costituiti da travi di ferro a doppio T appoggiate sui muri e disposte parallelamente a lato più corto del locale; fra di esse vengono costruiti dei voltini formati da mattoni pieni o forati (di testa o di piatto), da tavelloni piani o curvi o da volterrane.

Le travi di ferro si dispongono a distanza variabile da m 0,80 a m 1,20.

In corrispondenza delle travi di ferro si dispongono dei mattoni speciali chiamati copriferri. Questi hanno la doppia funzione di coprire la trave di ferro, per evitare che l'intonaco del soffitto abbia a trovarsi a diretto contatto col ferro, e di creare l'imposta per i voltini (fig. 100 e 101).

Mentre nei locali di uso industriale i voltini possono restare in vista, nei locali di abitazione, per migliorare l'estetica, si provvede al riempimento degli intradossi dei voltini in modo da ottenere dei soffitti piani.

SOLAIO IN FERRO E VOLTINI
FORMATI CON MATTONI PIENI DISPOSTI DI TESTA

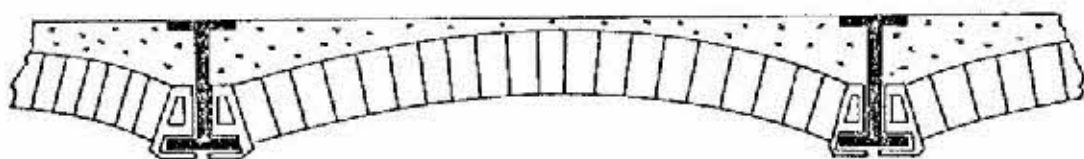


FIG. 100

SOLAIO IN FERRO E VOLTINI
FORMATI CON MATTONI PIENI DISPOSTI DI PIATTO

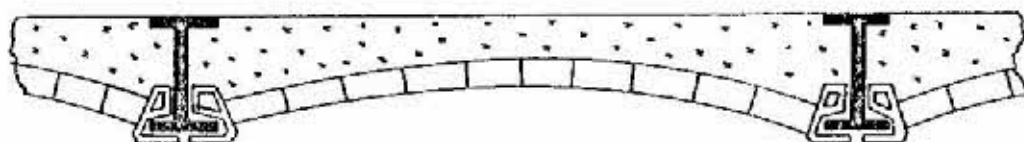


FIG. 101

SOLAIO IN FERRO E VOLTINI FORMATI CON VOLTERRANE

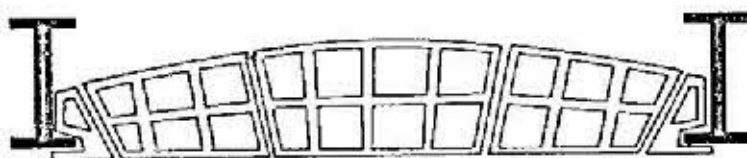


FIG. 102

SOLAIO CON TRAVI DI FERRO E TAVELLONI FORATI PIANI



FIG. 103

Per raggiungere lo stesso risultato si possono usare speciali mattoni forati chiamati *volterrane*, i quali hanno forme a conci per modo che affiancati in numero di tre o cinque o sette costituiscono un voltino che trova imposta sui copriferri (fig. 102). Si hanno anche dei solai formati con travi di ferro e tavelloni forati piani aventi uno spessore variabile da 4 a 8 cm (fig. 103).

SOLAI IN CEMENTO ARMATO

I solai in cemento armato sono fatti con calcestruzzo di cemento nelle seguenti proporzioni: m^3 0,8 di ghiaia, m^3 0,4 di sabbia, ql 3 di cemento, e con tondini di ferro disposti in quelle zone dove le strutture devono resistere a sforzi di trazione.

I solai in cemento armato possono essere formati, a seconda dei carichi che devono sopportare e dell'ampiezza dei locali da coprire, o con semplici solette (fig. 104) o con solette e travi o nervature (fig. 105).

Per gli edifici di carattere industriale si fanno le solette con nervature in vista, nelle case di abitazione si usano più frequente-

SOLAIO IN CEMENTO ARMATO FORMATO CON SOLETTA SEMPLICE

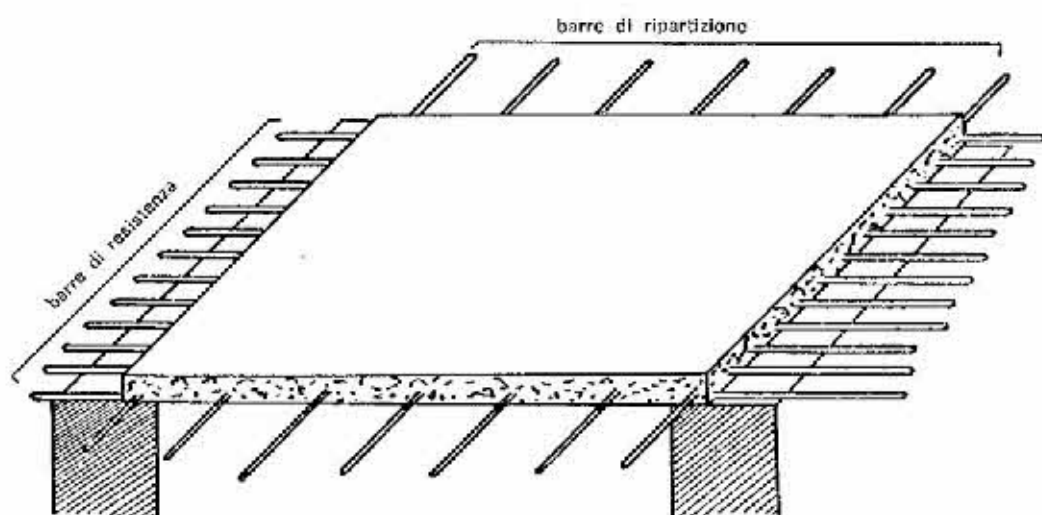


FIG. 104

mente i solai in cemento armato e laterizi, e in questo caso le nervature risultano nascoste.

I solai in cemento armato e laterizi (mattoni forati, comuni o speciali) presentano il vantaggio di attutire i suoni e di costituire un buon isolamento termico (ostacolano il passaggio del calore). Per questi pregi sono particolarmente usati per i locali di abitazione e per le coperture a terrazzo (fig. 106).

SOLAIO IN CEMENTO ARMATO
FORMATO DA SOLETTA CON TRAVI E NERVATURE

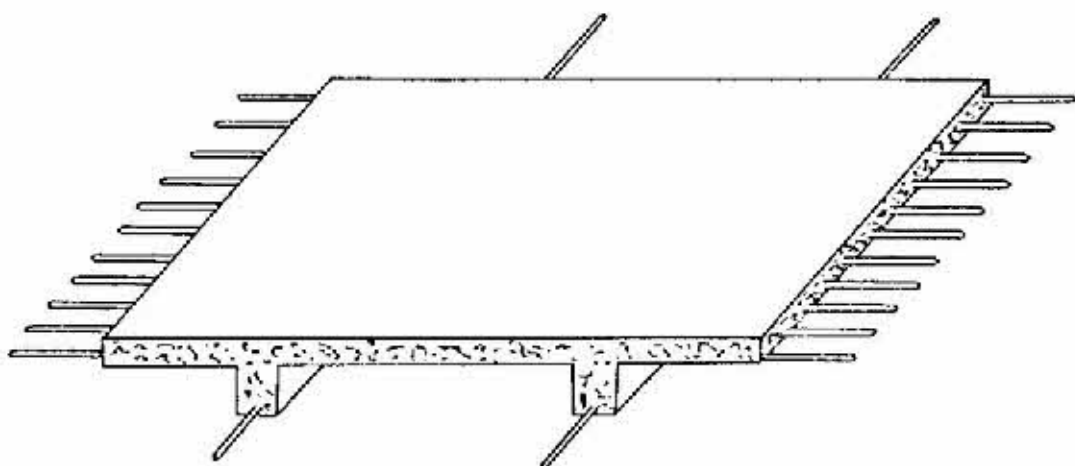


FIG. 105

SOLAIO IN CEMENTO ARMATO E LATERIZI

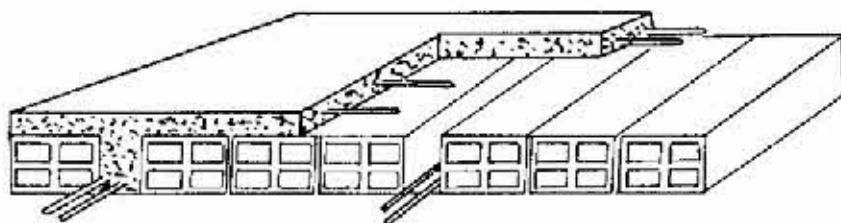


FIG. 106

LE COPERTURE

Le coperture hanno la funzione di proteggere i fabbricati dalle intemperie (acqua, neve, vento), per cui sono formate da superfici piane (chiamate falde) coperte da un manto impermeabile, e inclinato in modo da assicurare un facile scolo delle acque.

In un tetto si distinguono: (fig. 107)

Le *linee di gronda* che sono le linee orizzontali più basse del tetto, secondo le quali sono disposti i canali di gronda per la raccolta delle acque, che alla loro volta scaricano nei condotti verticali chiamati pluviali.

I *colmi* che sono pure orizzontale e separano le acque di due falde contigue.

I *displuvi* che sono le linee inclinate, disposte generalmente secondo le bisettrici degli angoli formati dalle linee di gronda, in corrispondenza delle quali si separano le acque di due falde contigue.

PIANTA DI UN TETTO

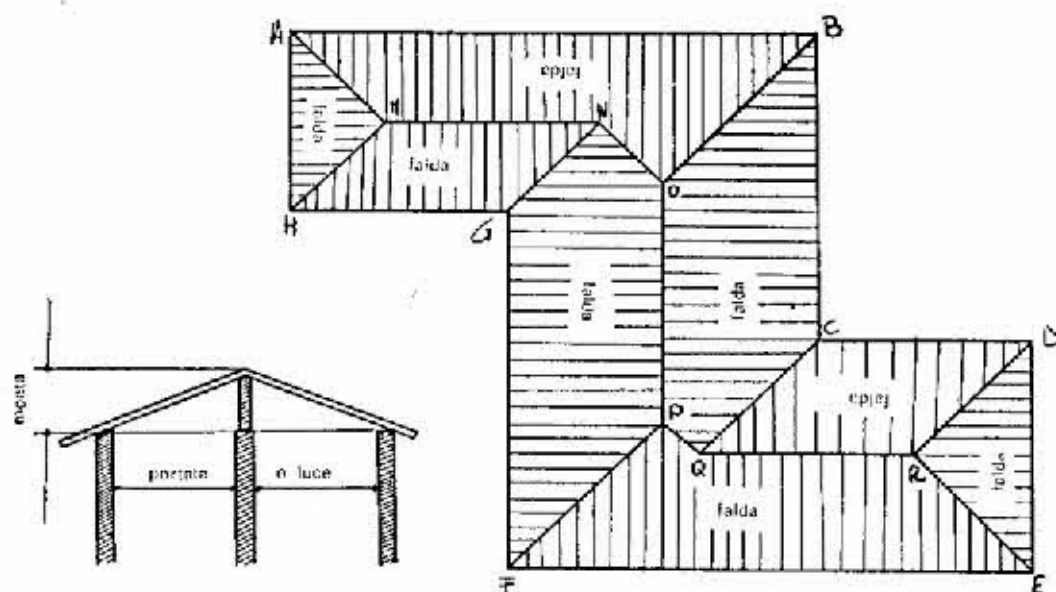


Fig. 107

(A.B.C.D.E.F.G.H. A linea di gronda - M.N.O.P.Q. R linea di colmo AN - NM - BO - PF - DR - RE linee di displuvio NG - CQ linee di compluvio o converse)

TETTO A MANSARDA

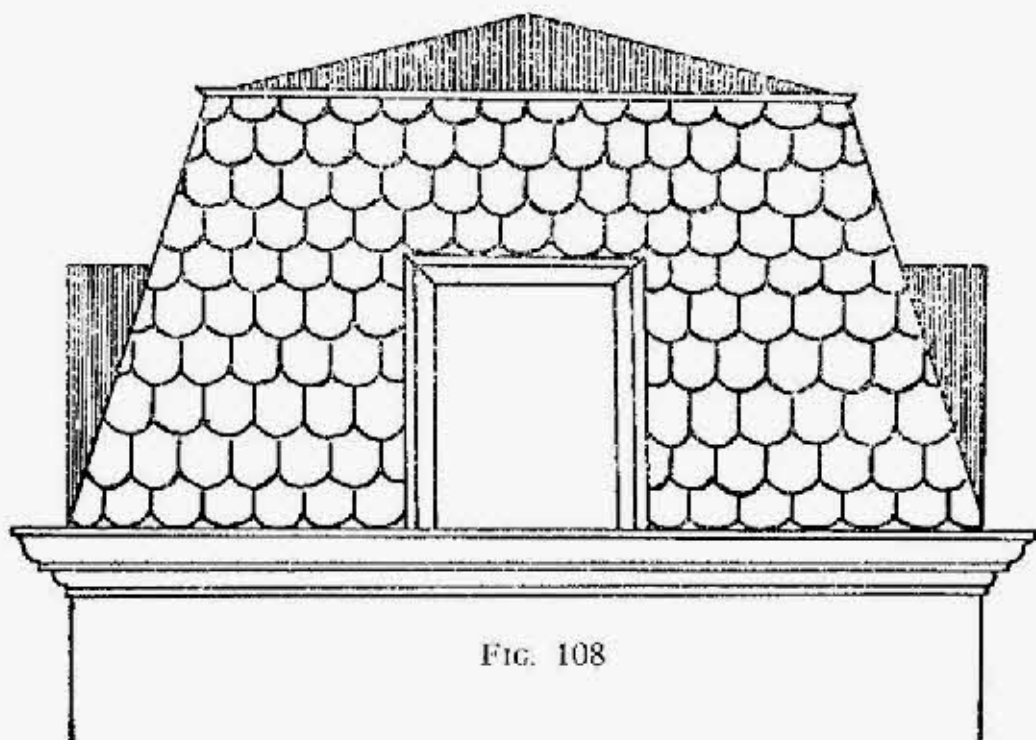


FIG. 108

I compluvi o converse sono le linee inclinate, disposte generalmente secondo le bisettrici degli angoli formati dalle linee di gronda, secondo le quali si riuniscono le acque di due falde contigue.

Le *gronde* sono le parti del tetto che sporgono e sbalzo dai muri di facciata.

Portata o luce del tetto è la distanza fra i muri perimetrali o di gronda.

Monta è l'altezza della linea di colmo sul piano delle linee di gronda. Il rapporto fra la monta e la portata, vale a dire l'inclinazione delle falde, varia nei diversi paesi a seconda del clima. Nelle regioni molto fredde l'inclinazione delle falde è molto forte, avvicinandosi alla verticale, per diminuire il sovraccarico delle nevi. Nelle regioni calde si fanno invece i tetti a terrazza o tetti piani, i quali hanno soltanto l'inclinazione necessaria per lo smaltimento delle acque (dal 2 al 5%). Questi piani presentano il vantaggio di offrire minore resistenza al vento.

Nei nostri paesi di solito si tiene: monta da $\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{4}$ della por-

tata. Soltanto in certi casi, per motivi di carattere estetico o per rendere abitabili i locali del sottotetto si fanno i *tetti alla mansarda* che hanno le falde molto inclinate vicine alla verticale (fig. 108).

I tetti sono formati: dalla *grossa armatura* o *ossatura*, della *armatura minuta* e dal *manto*.

GROSSE ARMATURE DEI TETTI

La grossa armatura dei tetti trova i suoi appoggi sui muri di colmo, sui muri di perimetro e talvolta anche sui muri trasversali.

Uno dei tipi più comuni di grossa armatura è quello così detto alla *piemontese* (figg. 109 e 110) che è così formato:

Sui pilastri del muro di colmo, che di solito distano tra di loro da 3 a 4 metri, si appoggiano le travi di colmo, una in continuazione dell'altra, collegate fra di loro da grappe di ferro.

Sulle travi di colmo in alto e sui muri di perimetro in basso, si appoggiano i *puntoni* disposti secondo la pendenza della falda di tetto, a distanza di m 1,30 a 1,60 gli uni dagli altri.

GROSSA ARMATURA DI TETTO ALLA PIEMONTESE (pianta)

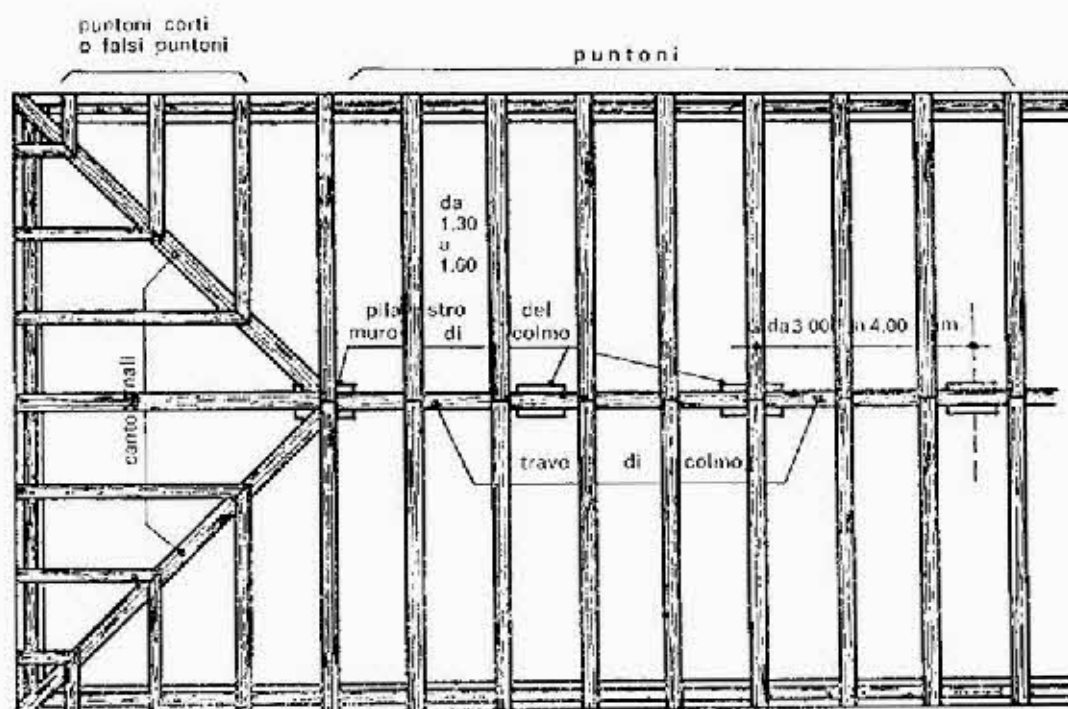


FIG. 109

GROSSA ARMATURA DI TETTO ALLA PIEMONTESE (alzata)

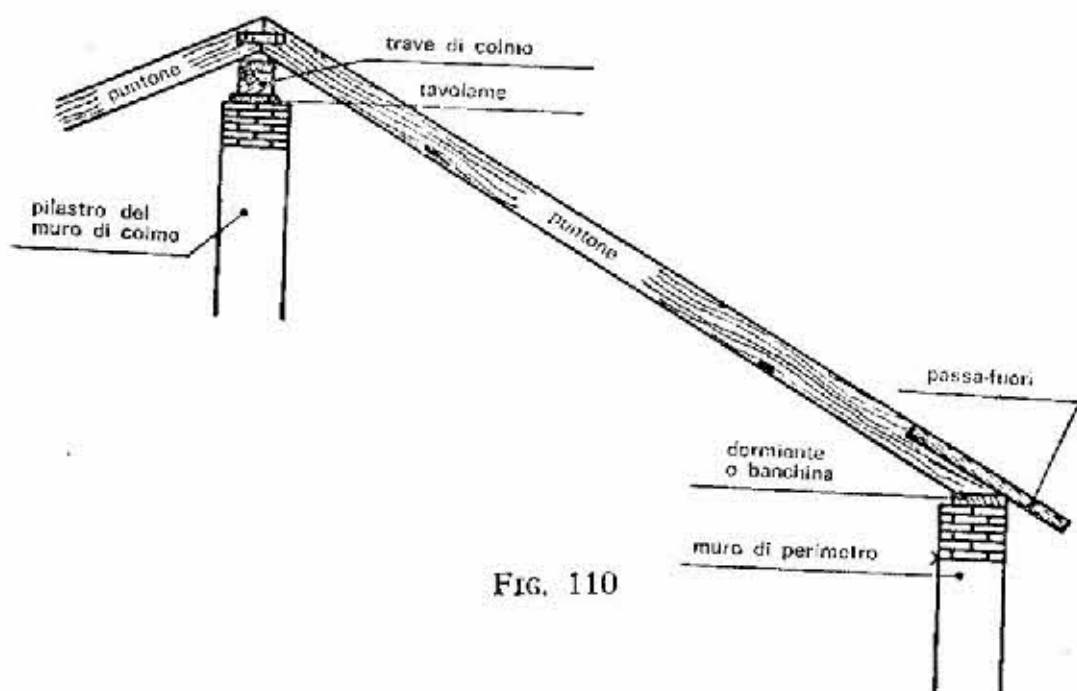


FIG. 110

L'armatura è completata da puntoni più lunghi che si mettono in corrispondenza degli angoli del fabbricato e si chiamano *cantonali*; su questi, e sui muri di perimetro, si appoggiano i puntoni più corti o falsi puntoni.

Per la buona distribuzione dei carichi si dispongono in generale dei tavoloni di legno dove le travi di colmo si appoggiano sui pilastri; così pure si dispone una trave, chiamata *dormiente o banchina*, sui muri di gronda dove appoggiano i puntoni.

La parte del tetto che sporge dai muri di facciata, viene sostenuta da tanti travetti, chiamati *passafuori*, che sono chiodati ai puntoni.

Un altro tipo di grossa armatura molto usato è quello chiamato alla *lombarda* (figg. 111 e 112).

In questo tipo i puntoni sono disposti a distanza di tre o quattro metri l'uno dall'altro e precisamente in corrispondenza dei pilastri di colmo, per cui appoggiano in alto sul pilastro di colmo ed in basso sul muro di gronda.

Sui puntoni vengono fissati delle travi orizzontali a distanza di m 1,30 a 1,60 che sono chiamate *terzere o arcarecci*. Per evitare il loro slittamento lungo la pendenza delle falde, sotto di essi si dispongono dei pezzi di legno chiamati *gattelli*.

La terza più alta costituisce il colmo del tetto.

GROSSA ARMATURA DI TETTO ALLA LOMBARDA (alzata)

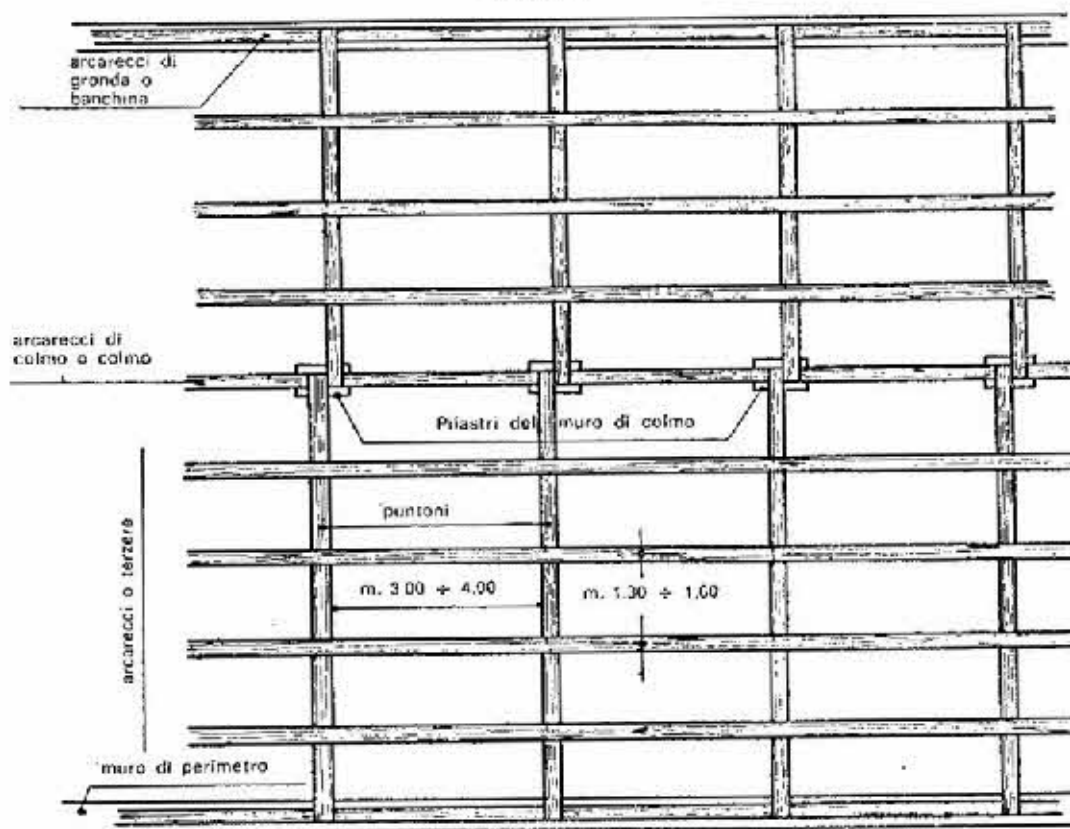


FIG. 111

GROSSA ARMATURA DI TETTO ALLA LOMBARDA (pianta)

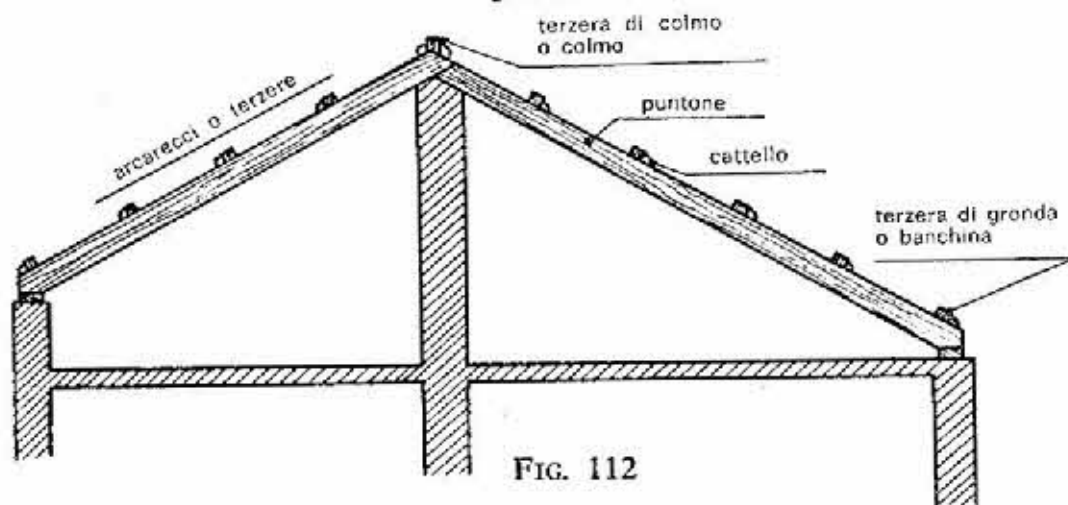


FIG. 112

INCAVALLATURE O CAPRIATE

Quando in un fabbricato non esiste il muro di colmo, come avviene per le tettoie, la grossa armatura del tetto si forma, con *incavallature* o *capriate*. Le capriate possono essere di legno, miste di legno e ferro, tutte di ferro e di cemento armato, e possono avere forme diverse a seconda della ampiezza dei locali che devono coprire.

Le capriate, in generale, sono formate da un triangolo isoscele i cui due lati uguali si chiamano *puntoni*, e la base prende il nome di *catena*.

Nelle capriate in legno i due puntoni si congiungono in alto con l'interposizione di una trave verticale chiamato *ometto* o *monaco*; questo presenta spesso una staffa di ferro che serve di sostegno alla catena nel suo punto di mezzo.

I puntoni risultano compressi e inflessi, la catena invece tesa.

Il monaco, se non sorregge la catena, non è altro che un pezzo di unione dei due puntoni.

Le capriate in legno di questo tipo (fig. 113) servono per portare luci non superiori ai 7 o 8 metri e si dispongono a m 3 - 4 l'uno dall'altra. Quando le luci sono maggiori si rinforzano le capriate con due travetti di legno chiamati *saette*, le quali, collegate in basso alla estremità inferiore del monaco, vanno in alto a sostenere in un punto intermedio i due puntoni (fig. 114).

Si può in questi casi usare anche capriate miste in legno e

CAPRIATA IN LEGNO DEL TIPO PIÙ SEMPLICE
(per luci fino a m. 8.00)

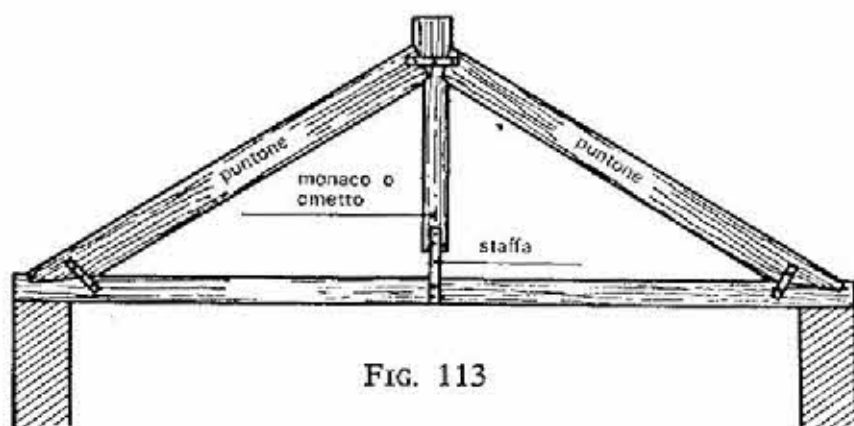


FIG. 113

CAPRIATA IN LEGNO RINFORZATA
(per luci da m. 8 a 12)

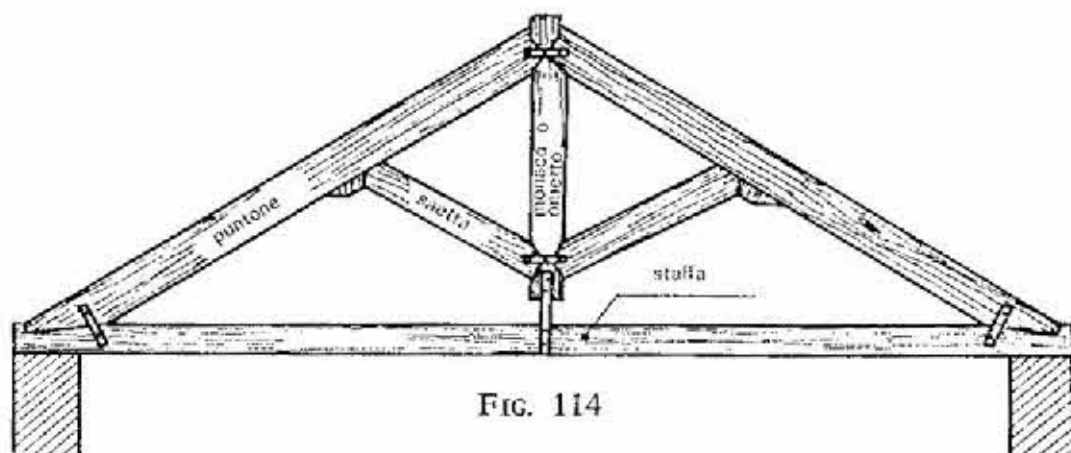


FIG. 114

CAPRIATA MISTA IN FERRO E LEGNO
(per luci da 10 a 12 m.)

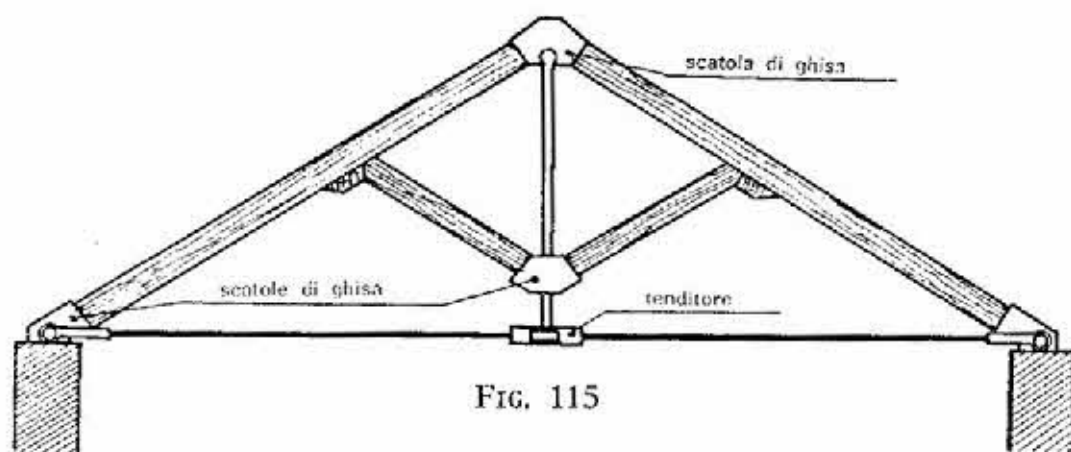


FIG. 115

in ferro, nelle quali sono di legno i puntone e le saette, e di ferro la catena e il tirante verticale che costituisce il monaco (fig. 115).

Il tirante presenta un tenditore per regolare la tensione della catena stessa.

Per portate maggiori si adottano altri tipi di capriate. Fra essi ricorderemo: la capriata con catena, controcatena e due ometti, chiamata alla *palladio* (fig. 116).

La capriata *polenceau* solitamente costruita in ferro (fig. 117).

Essa presenta i puntone rinforzati nel punto di mezzo da un contraffisso o saettone di ghisa collegato con due tiranti di ferro

CAPRIATA IN LEGNO ALLA PALLADIO
(per luci superiori al m. 12)

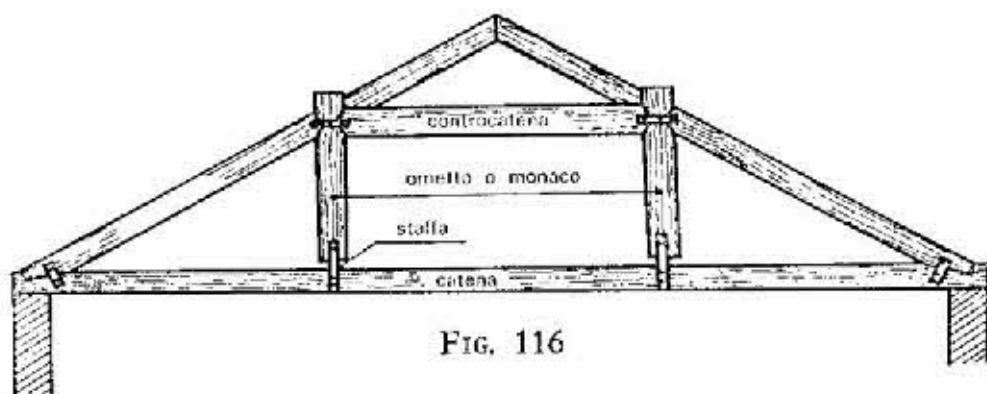


FIG. 116

CAPRIATA POLENCEAU
(mista in ferro e legno)

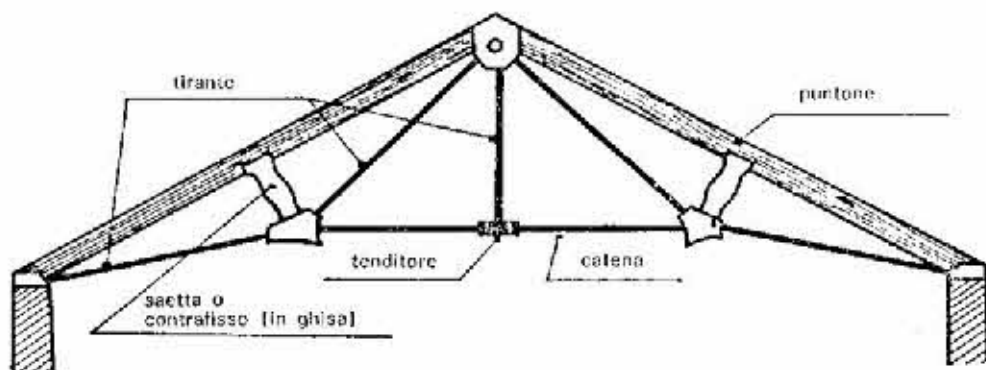


FIG. 117

alla estremità del puntone, ed una catena in ferro orizzontale, sostenuta nel mezzo da un tirante fissato al colmo.

La catena e il tirante verticale possono essere tesi o allentati per mezzo di tenditori.

Capriata all'inglese formata dai puntoni, dalla catena, da montanti verticali e saette inclinate (figg. 118-119).

Per saloni di lavorazione, quando si vuole una luce abbondante e diffusa che venga dall'alto, si fanno tetti speciali chiamati *a sega* (a sheds) i quali sono formati da una falda a inclinazione normale, e da un'altra molto inclinata riservata quasi completamente alle vetrate (fig. 120).

Anche i tetti a sheds si fanno in legno, in ferro e in cemento armato.

SCHEMA DI CAPRIATA IN FERRO ALL'INGLESE
CON CATENA ORIZZONTALE

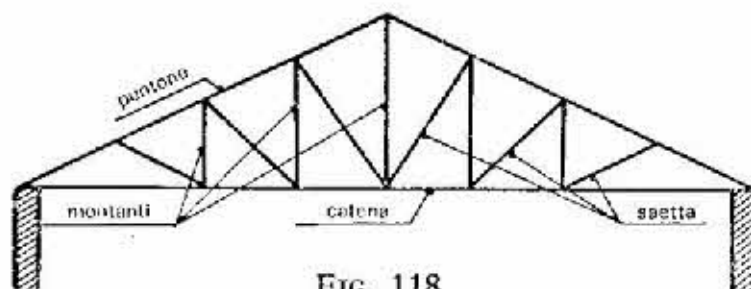


FIG. 118

SCHEMA DI CAPRIATA IN FERRO ALL'INGLESE
CON CATENA RIALZATA

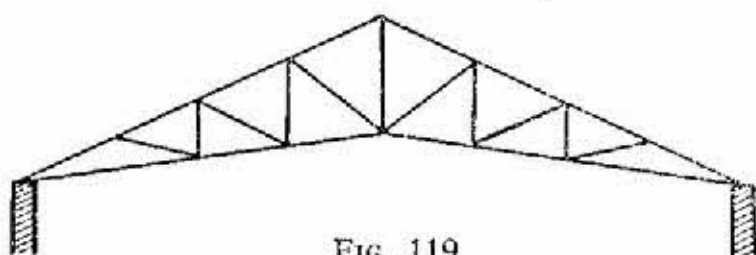


FIG. 119

SCHEMA DI COPERTURA A DENTI DI SEGA (sheds)
(usata per edifici industriali)

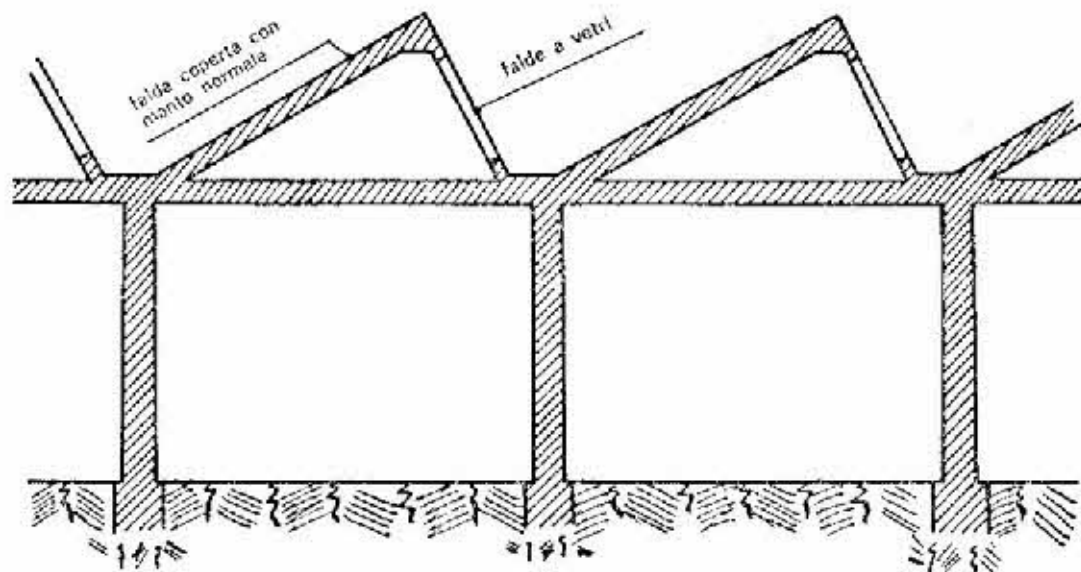


FIG. 120

ARMATURA MINUTA E MANTO

Sulla grossa armatura dei tetti viene fissata l'armatura minuta che serve per l'appoggio del manto.

L'armatura minuta è formata di travetti di piccola sezione e da listelli ancora più sottili.

Detti travetti o correnti vengono chiodati direttamente sui puntoni (se l'ossatura è alla piemontese) o sugli arcarecci (se l'ossatura è alla lombarda) (figg. 121 e 122).

I listelli, fissati sui correnti, si pongono a distanze diverse a seconda del materiale usato per la formazione del manto.

Il manto di copertura può essere costituito: da tegole curve, da tegole piane (marsigliesi), da lastre di pietra, da lastre di una pietra speciale chiamata ardesia, se si può avere in spessori molto piccoli, fino a 2 millimetri, con lastre di pietra artificiale, ottenute con la forte compressione di impasti di cemento e amianto (eternit, stabilite, ecc.) da lamiere metalliche (rame, zinco, ferro) piane o ondulate, da strati di asfalto ed anche da cartoni e feltri catramati.

I tetti in legno presentano notevole pericolo di incendio, specialmente perchè nei sottotetti vengono comunemente ammassati materiali diversi (mobili, casse, carte, ecc.) di natura combustibile.

TETTO ALLA PIEMONTESE CON ARMATURA MINUTA

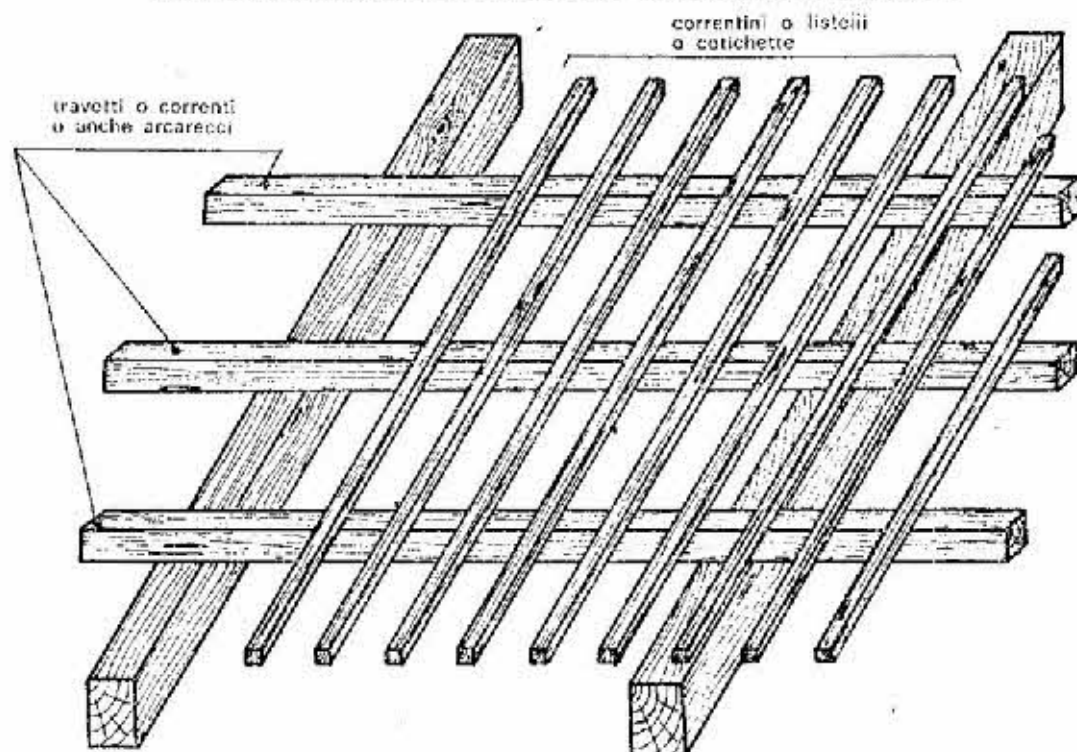


FIG. 121

TETTO ALLA LOMBARDA

(con armatura minuta)

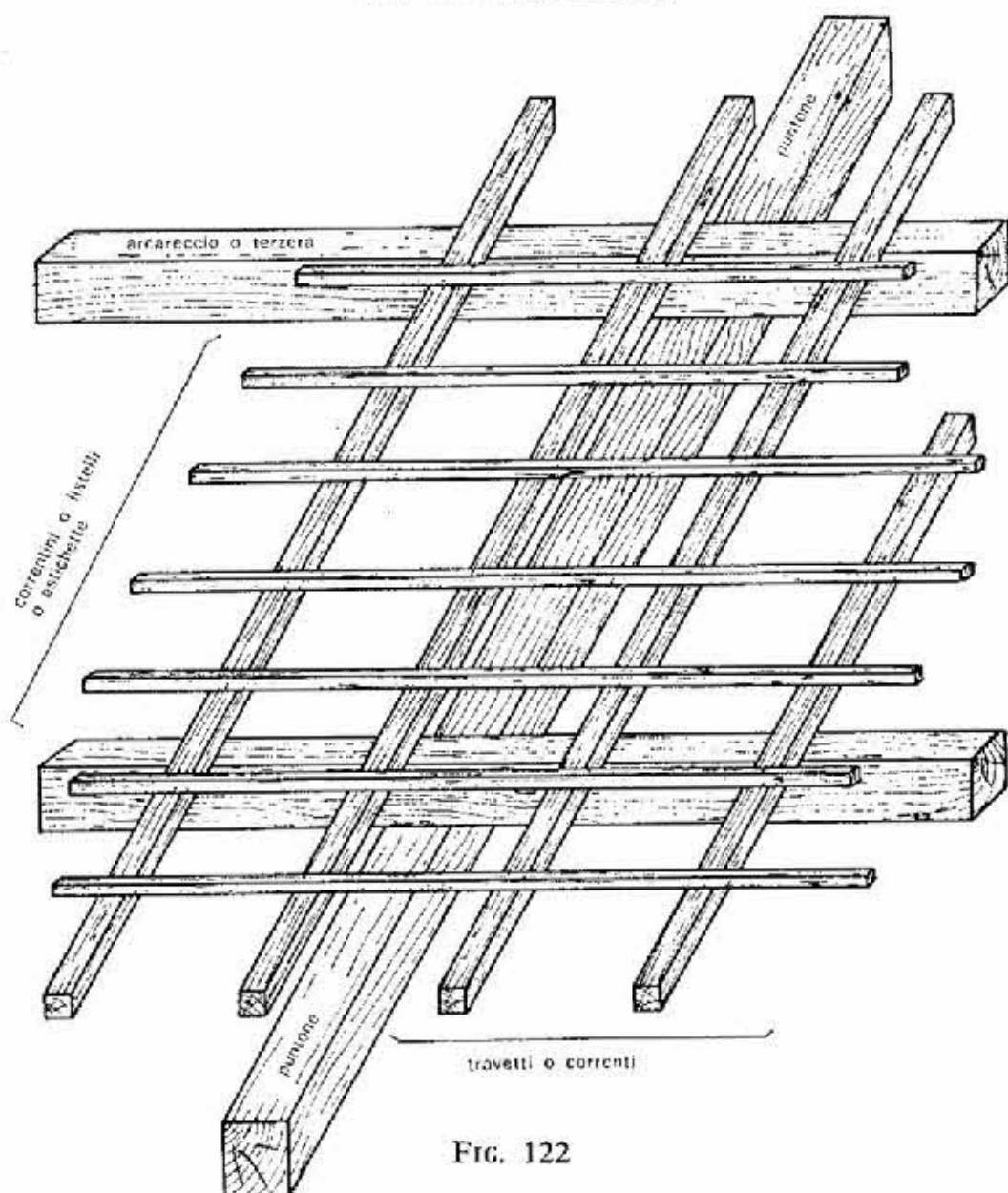


FIG. 122

È pertanto necessario, quando i tetti sono molto estesi creare dei muri tagliafuoco a intervalli che non dovrebbero superare i 25 o 30 metri. Certo che per eliminare il pericolo di incendio dei tetti, il mezzo più sicuro è quello di fabbricare il tetto in cemento armato.

LE SCALE

Le scale, che servono a mettere in comunicazione i diversi piani di un edificio, sono costruite in un vano formato da pareti in muratura che si chiama *gabbia di scale*.

Le scale sono costituite da scalini o gradini che si seguono senza interruzione (in numero non superiore a 15) a formare una *branca o rampa* di scala. Fra le rampe successive vi sono dei tratti orizzontali chiamati *pianerottoli o ripiani*.

I ripiani intermedi servono ai cambiamenti di direzione e di riposo tra una rampa e l'altra, i ripiani in corrispondenza dei vari piani dell'edificio si chiamano ripiani principali; da essi si entra negli appartamenti.

Lo spazio lasciato libero all'interno delle rampe e dei ripiani si chiama *pozzo di scala*. Se la scala si svolge intorno ad un pilastro si chiama *scala a chiocciola* (fig. 123).

Il primo o i primi gradini di una scala hanno in generale maggior larghezza degli altri e si chiamano gradini d'invito. Il gradino è formato da una faccia orizzontale chiamata *pedata* e da una verticale chiamata *alzata* (fig. 124).

SCHEMA DI SCALA
A CHIOCCIOLA IN FERRO

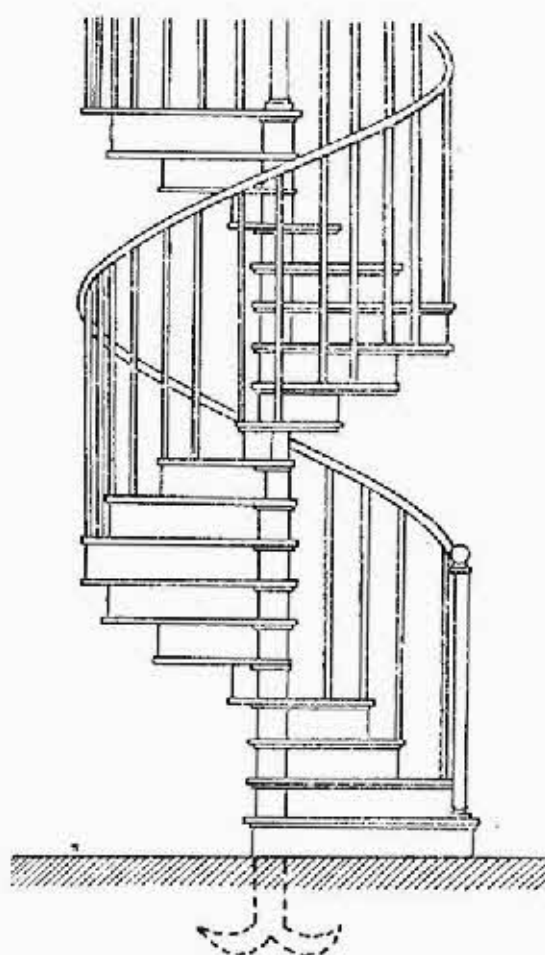


FIG. 123

La pedata e l'alzata si fanno di misure diverse a seconda dell'importanza della scala; comunemente però si proporzionano in modo che risulti: $\text{alzata} + \text{pedata} = \text{cm. 46}$ oppure $2 \text{ alzate} + \text{pedata} = \text{cm 62}$.

GRADINI

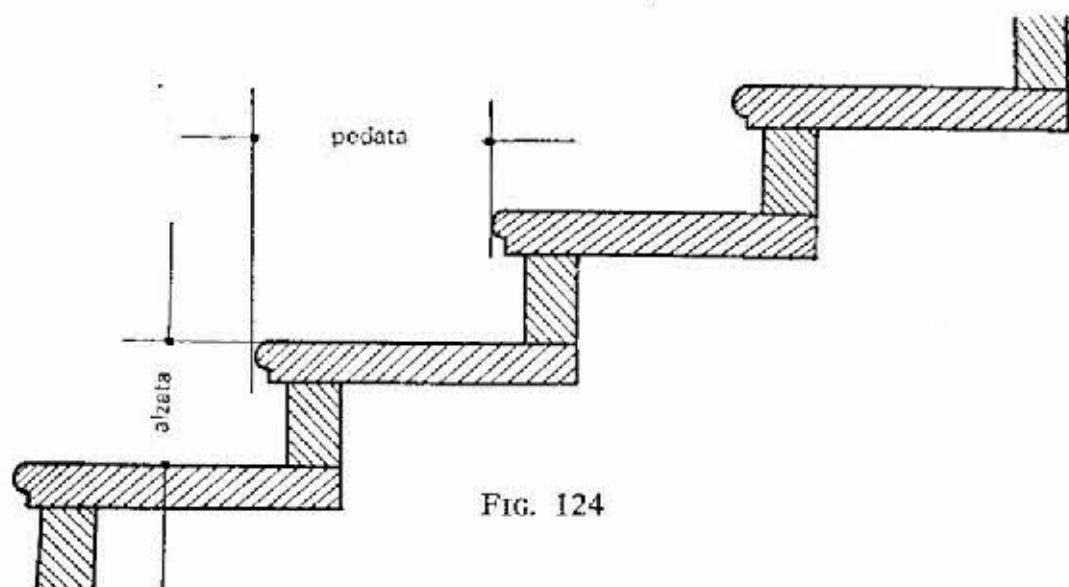


FIG. 124

Ad esempio le scale di cantina o di servizio, si fanno con alzate di 18 a 20 cm e la pedata di circa 25 cm.

Nelle scale di abitazione si tiene di solito: alzata cm 16, pedata cm 30.

La larghezza dei gradini varia a seconda della destinazione della scala. Scala di servizio o di cantina da 0,80 a 1 m; scale comuni di abitazione da m 1 a 1,20; scale signorili e per palazzi da 1,30 fino a 3 m e anche più.

I gradini sono solitamente rettangolari, nelle rampe in curva hanno forma trapezia, nelle scale a chiocciola sono triangolari.

STRUTTURE DELLE SCALE

Le scale possono essere fatte di legno, di ferro, di pietra o di cemento armato.

Le scale in legno presentano pericoli d'incendio; perciò se ne sconsiglia l'impiego in edifici adibiti ad abitazioni.

I gradini possono essere incastrati alle due estremità nella muratura (frequenti nelle scale di cantina); oppure incastrati da

una sola parte e quindi a *sbalzo*; o incastrati da una parte nella muratura e dell'altra estremità appoggiati su travi di ferro o di cemento armato.

I gradini di pietra (granito, beola, marmo, ecc.) possono essere massicci, in tal caso comprendono in un sol pezzo alzata e pedata, oppure formati da una lastra orizzontale (pedata) e da una lastra verticale (alzata); in questo caso per misura di sicurezza i gradini devono essere sostenuti da armature di ferro.

RAMPA DI SCALA

(Pedate di beola - alzate di mattoni messi in coltello con imbottitura inferiore)

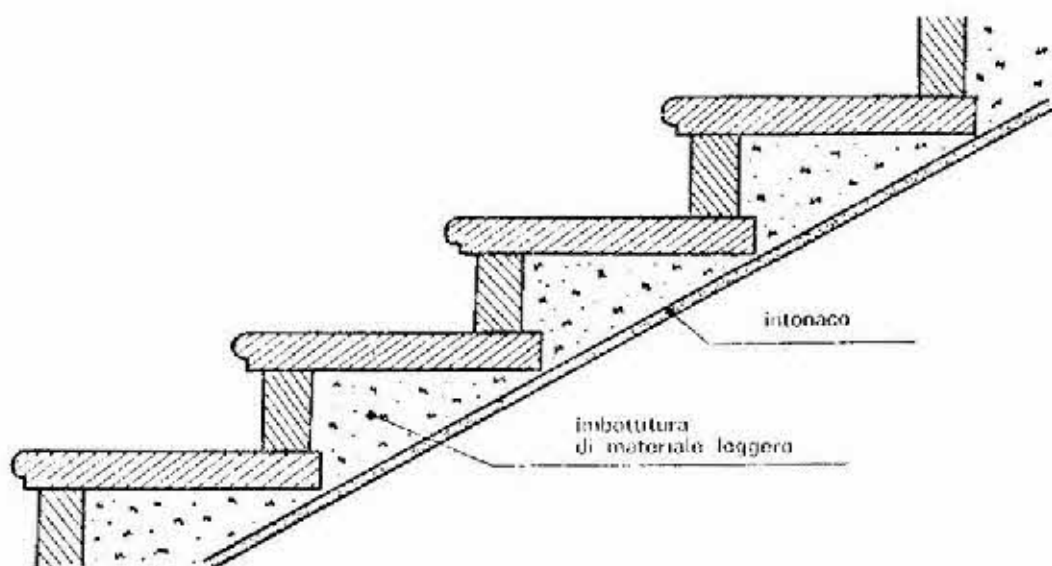


FIG. 125

In molti casi la pedata è in pietra e l'alzata in mattoni messi di coltello, allora i vuoti che risultano nella parte inferiore, vengono riempiti con materiale leggero e mascherati con un intonaco che costituisce una superficie piana sotto la rampa (fig. 125).

Quando la scala è costruita di cemento armato a scopo decorativo viene rivestita di piastrelle o di lastra di marmo di piccolo spessore. Nello stesso modo vengono rifiniti i ripiani.

PERICOLI CHE PRESENTANO LE SCALE E MISURE DI SICUREZZA

Le scale possono presentare essenzialmente i seguenti pericoli:

1) Rottura di gradini per la caduta su di esse di oggetti pesanti o perchè investiti dalle fiamme. I gradini di pietra non sono resistenti all'azione del fuoco e sono relativamente fragili alle azioni di urto.

La rottura di un gradino appartenente ad una rampa posta all'ultimo piano di un fabbricato, provoca la rottura di diversi gradini delle rampe immediatamente sottostanti e quindi il crollo di intere rampe ai piani più bassi.

2) Invasione di fiamme e di fumo nella gabbia di scala. Il verificarsi di un incendio in un appartamento posto ad un piano qualunque dello stabile o in altro locale che abbia comunicazione con la gabbia di scala, o nelle cantine, quando la scala di cantina sale direttamente nella gabbia di scala, può far sì che le fiamme e il fumo invadano la scala, specialmente per il tiraggio che essa esercita a guisa di un camino.

Per eliminare il pericolo che la gabbia di scale possa essere invasa da fiamme o da fumo, è necessario che siano rispettate alcune norme fondamentali di sicurezza:

1) Vietare che locali di rivendita, di magazzino o di deposito di materiali combustibili o infiammabili presentino aperture nelle gabbie di scale.

Creare, almeno per le case alte, una uscita diretta in cortile per la scala del sotterraneo, eliminando ogni comunicazione diretta fra cantine e gabbie di scala.

2) Creare, almeno per case alte, alla sommità della gabbia di scala una o più finestre che possano essere aperte dal cortile (con un comando meccanico) per favorire lo sfogo del fumo.

3) Installare nelle gabbie di scala delle case alte una tubazione di ferro verticale, che presenti delle derivazioni ad ogni piano per alimentare le bocche da incendio.

Dette bocche, corredate di tubi e lance, possono essere usate direttamente dagli inquilini in caso di incendio, e in un secondo tempo rendere più agevoli e sollecite le manovre di estinzione dei vigili del fuoco.

4) Costruire le scale dei fabbricati alti con strutture di cemento armato.

5) Per i fabbricati molto alti (in n. 8 o più piani) costruire le scale a prova di fumo e di fuoco. Si chiamano *scale a prova di fumo e di fuoco* quelle scale che non possono mai essere invase dalle fiamme o dal fumo qualunque sia il locale o i locali in cui si manifesti un incendio. Per ottenere simili risultati bisogna che i muri

che separano la scala dell'edificio siano muri pieni senza nessuna apertura. L'ingresso alle abitazioni ai diversi piani si deve realizzare mediante un passaggio aperto. In tal caso, manifestandosi un incendio in un locale qualunque del fabbricato, le fiamme ed il fumo non potranno raggiungere ed invadere la gabbia di scala in quanto, usciti dal locale stesso si disperderanno nella atmosfera superando quel passaggio aperto che, ad ogni piano, esiste fra la gabbia di scala e gli ingressi alle abitazioni. A evitare che un vento spirante

SCALA A PROVA DI FUMO

Dal pianerottolo di scala P si entra negli appartamenti A e B passando sul ballatoio esterno.

Il pianerottolo ed il ballatoio sono in comunicazione per mezzo delle porte C a chiusura automatica.

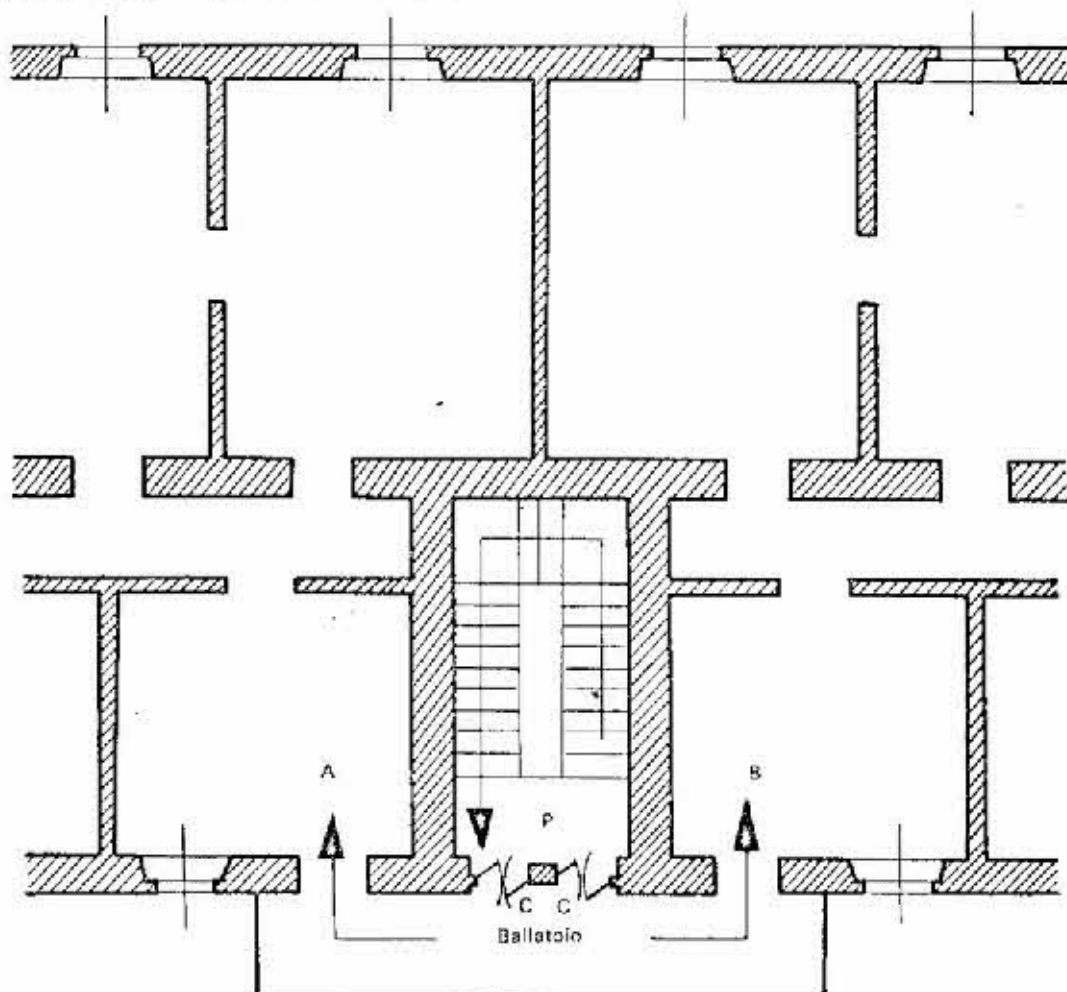


FIG. 126

verso la gabbia di scala possa convogliare il fumo nella scala stessa, le scale a prova di fumo e di fuoco presentano delle porte a chiusura automatica che separano la gabbia di scala dal passaggio aperto sopra ricordato (figg. 126 e 127).

Particolare importanza assume la sicurezza delle scale negli edifici utilizzati come teatri, cinematografi, locali di pubblico spettacolo o di riunioni in genere.

Le scale di questi edifici devono essere come numero, ubicazione e larghezza di gradini, proporzionate al numero di persone che i locali sopra citati sono destinati a contenere.

SCALA A PROVA DI FUMO

Dal pianerottolo di scala P si entra negli appartamenti A e B attraverso il passaggio coperto ma aperto verso l'esterno.

Il pianerottolo e il passaggio coperto sono in comunicazione per mezzo delle porte C a chiusura automatica.

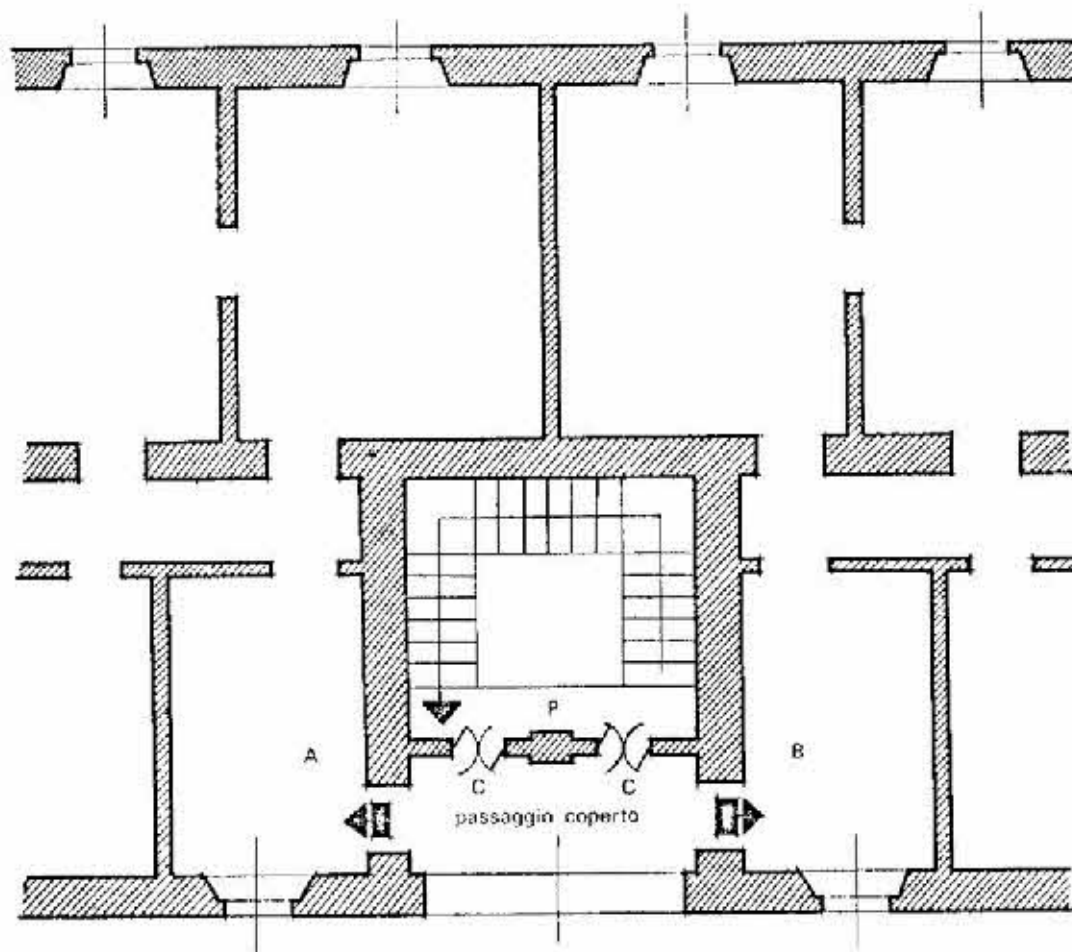


FIG. 127

PARTE SESTA

MOTORI E POMPE

8

11

15

16

24 22

M O T O R I

Definizione e classificazione delle macchine.

Dicesi *macchina* il complesso di organi, rigidi ed elastici, opportunamente collegati e disposti in modo da raggiungere un dato scopo.

In base alla loro finalità, le macchine si dividono in:

a) *macchine motrici*: se trasformano l'energia contenuta in dato fluido, trasferendola su un organo rigido in movimento: esse, cioè, forniscono un'energia meccanica a spese dell'energia del fluido. Queste macchine, normalmente, sono dette *motori*; per esempio: motori termici, motori idraulici, ecc.;

b) *macchine operatrici*: se trasformano l'energia meccanica disponibile su un organo rigido in movimento, in energia di un fluido. In questo caso, cioè, è l'energia meccanica che si trasferisce al fluido sotto forma di energia elastica o di movimento. Es.: pompe, ventilatori, ecc.;

c) *macchine trasformatrici*: se trasferiscono l'energia da un fluido in moto, su un altro fluido. Es.: eiettori, trasformatori elettrici, ecc.

In base all'energia di partenza o del fluido in esse operante, le macchine si distinguono in macchine termiche, idrauliche, elettriche, a vapore, a gas, ecc.; a secondo che nell'interno di esse opera il calore, l'acqua, l'elettricità, il vapore, un gas, ecc.

Motrici termiche sono dette, pertanto, quelle macchine che utilizzano il *calore* per trasformarlo in lavoro meccanico. I motori per autoveicoli sono particolari motrici termiche dette *endotermiche* o *a combustione interna*, perchè il calore viene generato in seno allo stesso fluido operante (motori a carburazione, Diesel, ecc.). In essi, l'*energia chimica* contenuta nel combustibile viene prima trasformata in *calore* in seno allo stesso fluido operante e poi in energia meccanica disponibile sull'albero motore.

Altra classificazione viene fatta in base al moto degli organi trasformatrici dell'energia e i complessi sono denominati: *motori rotativi*, quando l'organo trasformatore è animato da un moto rota-

torio, es.: le turbine; motori *alternativi*, quando l'organo trasformatore è animato da un moto alternato di va e vieni.

Infine, in funzione del sistema con cui sono alimentati, i motori endotermici alternativi sono detti:

- a *carburazione*, se il combustibile è aspirato, nel cilindro, sotto forma di miscela infiammabile;
- ad *iniezione*, se il combustibile viene introdotto a pressione nella camera di combustione.

Costituzione schematica di un motore a carburazione.

Un motore a carburazione, nella sua forma più schematica, è costituito da uno più *cilindri* cavi e aventi una delle estremità chiusa da una *testata* o *testa*. In ciascuno dei cilindri si muove assialmente uno *stantuffo* provvisto di *anelli elastici* atti ad assicurare la tenuta tra lo stantuffo e le pareti del cilindro. Ogni stantuffo è articolato ad una *biella* mediante un *perno* o *spinotto* e questa, a sua volta, è articolata alla *manovella* dell'*albero motore*.

L'albero motore, detto anche albero a gomiti, è sopportato dai *cuscinetti di banco* disposti in un *basamento* chiuso inferiormente da una vasca detta *coppa*.

Quando lo stantuffo è nella posizione più prossima alla testa del cilindro, tra questa e il cielo dello stantuffo, rimane uno spazio detto *camera di combustione*; in esso infatti avviene l'accensione e la combustione della miscela carburata. Nella camera di combustione si aprono due luci: una collegata attraverso opportuni condotti al *carburatore* (organo che provvede alla formazione della miscela carburata) e l'altra comunicante con l'esterno per permettere l'espulsione dei gas combusti. Il passaggio attraverso questi luci è regolato da *valvole* comandate da una serie di organi detti *organi della distribuzione*. La valvola che permette l'immissione della miscela dicesi *valvola di aspirazione*; quella comunicante con l'esterno, *valvola di scarico*.

Ciascuna camera di combustione è corredata da una o più *candele di accensione*, sugli elettrodi delle quali il complesso di organi costituente il *sistema di accensione* fa scoccare una scintilla elettrica che incendia la miscela carburata, preventivamente compressa dallo stantuffo.

La posizione dello stantuffo più prossima alla testata del cilindro, dicesi *punto morto superiore* (p.m.s.); quella più lontana, *punto morto inferiore* (p.m.i.). La denominazione di punto morto deriva dal fatto che in questi punti, lo stantuffo, dovendo, per tornare indietro, invertire il suo moto, è costretto a fermarsi e quindi non è più animato da velocità alcuna.

La distanza tra i due punti morti dicesi *corsa* dello stantuffo ed è uguale a due volte la lunghezza della manovella.

Si chiama *cilindrata* il volume generato dallo stantuffo durante un'intera corsa; se il motore è a più cilindri, si dice *cilindrata totale* il prodotto del numero dei cilindri per la cilindrata di uno di essi.

Si dice *rapporto di compressione* il rapporto tra il volume totale del cilindro (somma della cilindrata e del volume della camera di combustione) e il volume della camera di combustione.

$$\text{Rapp. di compressione} = \frac{\text{cilindrata} + \text{vol. camera di combustione}}{\text{volume della camera di combustione}}$$

nei motori moderni esso varia da 6 a 8,5.

Poichè in pratica nel cilindro entra meno miscela di quanto esso ne potrebbe contenere, si chiama *rendimento volumetrico* il rapporto tra il volume della miscela che effettivamente entra nel cilindro e quello del volume totale del cilindro. Il rendimento volumetrico varia normalmente da 0,75 a 0,85; ma può raggiungere più alti valori mediante l'impiego di compressori.

Ciclo di funzionamento teorico di un motore a carburazione a 4 tempi.

Prima di passare all'esame del ciclo, si richiamano quei principi fisici che interessano le fasi del ciclo stesso e che regolano le variazioni di pressione, volume e temperatura nell'evoluzione dei gas.

a) Fase di aspirazione: un gas si muove sempre da un campo di alta pressione verso un campo di bassa pressione.

b) Fase di compressione: la compressione di un gas, genera in esso un riscaldamento.

c') Fase di combustione (motore a carburazione): riscaldando un gas contenuto in un recipiente ermeticamente chiuso e di volume costante, si genera in esso un aumento di pressione.

c'') Fase di combustione (motore ad iniezione): riscaldando un gas sottoposto a una pressione costante, esso si espande occupando un maggior volume.

d) Fasi di espansione e di scarico: un gas espandendosi liberamente, si raffredda e diminuisce di pressione.

Ciò premesso, esaminiamo le fasi che il fluido (miscela carburata o gas combusto) compie nell'interno del cilindro durante i vari spostamenti dello stantuffo. Per semplificare le cose, si consideri un motore ad un solo cilindro e si supponga che lo stantuffo si trovi al punto morto superiore.

1^a fase: *Aspirazione* — Lo stantuffo è al p.m.s.; la valvola di scarico, chiusa. La valvola di aspirazione si apre istantaneamente e mette in comunicazione la camera di combustione con il carburatore.

Spostando lo stantuffo dal p.m.s. al p.m.i. facendo, cioè, ruotare di mezzo giro la manovella, la miscela carburata entra nel cilindro, riempiendo sia la camera di combustione che il volume della cilindrata. Esaurita la sua corsa, la valvola di aspirazione si chiude istantaneamente ed ha termine la prima fase.

La temperatura del fluido, al termine di questa prima fase, è dell'ordine degli 80°C (temperatura di regime degli organi del motore); la pressione è quella atmosferica.

2ª fase: Compressione — Lo stantuffo si sposta dal p.m.i. verso il p.m.s. (la manovella ruota di un altro mezzo giro) e poichè, con il graduale spostamento dello stantuffo, la miscela entrata nel cilindro viene ad occupare un volume sempre minore, fino a ridursi al volume della camera di combustione, la pressione di essa cresce gradualmente fino a raggiungere il massimo quando lo stantuffo arriva al p.m.s.; proporzionalmente alla pressione, aumenta anche la temperatura. Per un rapporto di compressione uguale a 5, la pressione raggiunge gli 8 kg/cm^2 e la temperatura i 250°C circa.

3ª fase: Combustione — Quando lo stantuffo, al termine della fase di compressione, giunge al p.m.s., si fa scoccare la scintilla tra gli elettrodi della candela e si determina l'accensione della miscela. Supponendo che la miscela bruci istantaneamente, i gas combusti, non essendosi lo stantuffo spostato dal p.m.s., conservano, in così breve spazio, tutto il calore sviluppato dalla combustione e siccome il volume è restato costante, quello della camera di combustione, è come se si riscaldasse un gas in un recipiente ermeticamente chiuso, per cui la pressione aumenta istantaneamente. Con un rapporto di compressione uguale a 5, alla fine di questa fase, si raggiunge una pressione di 36 kg/cm^2 circa e una temperatura intorno ai 2.200°C .

È in questa fase che l'energia chimica, contenuta nel combustibile, si trasforma in energia termica.

4ª fase: Espansione — Lo stantuffo, spinto dalla pressione dei gas combusti, si sposta fino a raggiungere il p.m.i. (la manovella ruota cioè di un altro mezzo giro) mettendo a disposizione dei gas un volume sempre maggiore, per cui la pressione corrispondente diminuisce e diminuisce anche la temperatura. Al termine di questa fase la pressione si abbassa fino alle 5 o 4 atmosfere e la temperatura scende fino ai 1.000°C circa.

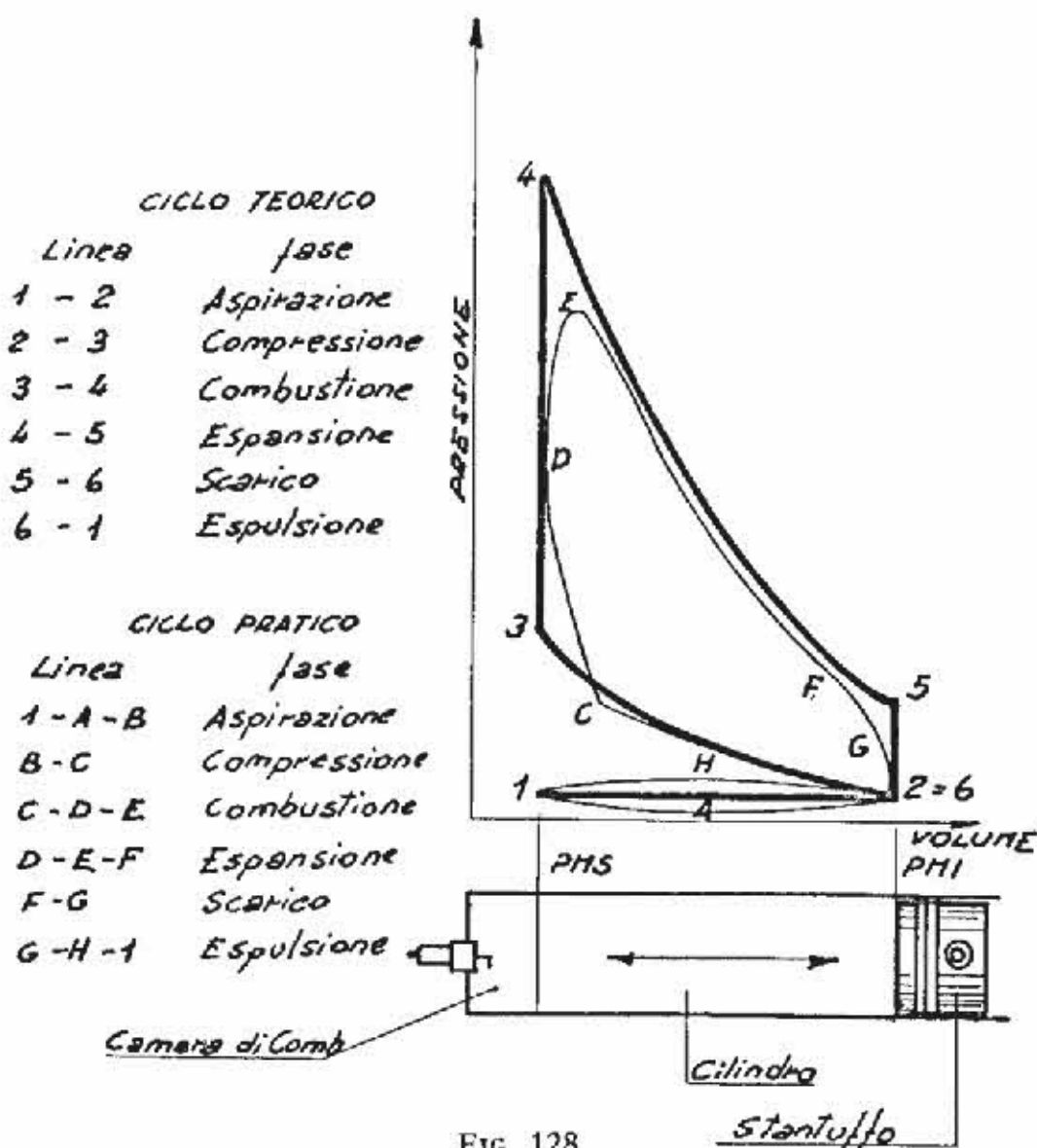
È questa la fase in cui l'energia termica si trasforma prima in energia elastica e poi in energia meccanica.

5ª fase: Scarico — Al termine della fase di espansione, stantuffo al p.m.i., si fa aprire la valvola di scarico e i gas combusti, trovandosi ad una pressione maggiore di quella esterna, fuoriescono istantaneamente, lasciando però il cilindro pieno di gas a pressione atmosferica; la temperatura scende a 80°C (temperatura di regime del motore).

6ª fase: *Espulsione* — La manovella ruota di un altro mezzo giro e lo stantuffo, spostandosi dal p.m.i. verso il p.m.s., espelle, attraverso la valvola di scarico, la maggior parte dei gas residui mentre la pressione rimane costante ed uguale alla pressione atmosferica.

Quando lo stantuffo raggiunge il p.m.s., la valvola di scarico si chiude e ricomincia un nuovo ciclo di lavoro.

Delle sei fasi ora descritte, una sola è quella che genera lavoro: la fase di espansione; essa viene detta *fase attiva* mentre le altre, che addirittura assorbono lavoro, sono dette *passive*.



Ogni corsa dello stantuffo dall'uno all'altro dei suoi punti morti, si dice anche *tempo* e poichè il ciclo sopra esaminato si è compiuto durante 4 corse dello stantuffo, esso si dice *ciclo a 4 tempi*.

Ricordando, inoltre, che ad ogni corsa dello stantuffo la manovella dell'albero motore ruota di mezzo giro, risulta che il ciclo a 4 tempi si completa nella rotazione di *due giri* dell'albero motore.

Le sei fasi sopra descritte si ripartiscono nelle varie corse o tempi, come appresso:

- 1° tempo - Fase di aspirazione ;
- 2° tempo - Fase di compressione;
- 3° tempo - Fase di combustione, fase di espansione e fase di scarico;
- 4° tempo - Fase di espulsione.

Diagramma pressione-volume di un ciclo a 4 tempi con combustione a volume costante.

Esprimendo la pressione in kg/m^2 e il volume in m^3 , il prodotto della pressione per il volume, dà come risultato *kilogrammetri*, grandezza questa con la quale si misura il *lavoro*. Ne discende allora che se si fa uso di un piano in cui l'altezza si misura con la pressione e la lunghezza di base, con il volume, l'area compresa in una figura a contorno chiuso, misurerà il lavoro necessario ad eseguire la figura. Riportati quindi i valori, delle pressioni e dei volumi del gas operante, relativi alle successive posizioni dello stantuffo nelle sue 4 corse, si ottiene il diagramma del ciclo, in cui l'area racchiusa nella figura, rappresenta il lavoro fornito durante un intero ciclo.

Nella figura: con linea spessa è rappresentato il ciclo teorico; con linea sottile, il ciclo reale. Si vede subito che la figura a linea sottile è tutta interna a quella a linea spessa, ovvero che l'area e quindi il lavoro del ciclo pratico è minore di quello del ciclo teorico.

Ciclo pratico del motore a 4 tempi

Nell'esame del ciclo teorico, analizzando le diverse fasi, ha fatto comodo usare la parola « istantaneamente » per condensare, in un tempo pressoché nullo, un determinato fenomeno, o un determinato movimento. Nel ciclo pratico, purtroppo, la parola istantaneamente non può essere più usata, perchè il fenomeno o il movimento di cui si tratta, per realizzarsi, ha bisogno di un certo tempo, nella durata del quale, lo stantuffo percorre una parte della sua corsa, variando il volume a disposizione del fluido operante e di conseguenza le con-

dizioni iniziali, di pressione e di temperatura della fase successiva.

I fenomeni che differenziano il ciclo pratico da quello teorico sono principalmente:

1) *Tempo necessario per l'apertura delle valvole.* Lo spostamento assiale della valvola è ottenuto dalla rotazione di tutto l'angolo della zona attiva di un eccentrico collegato all'albero motore; nel tempo occorrente per detta rotazione, però, lo stantuffo si sposta lungo la sua corsa, variando il volume a disposizione del fluido e provocando di conseguenza un abbassamento del rendimento volumetrico.

2) *Inerzia dei gas.* Tanto la miscela carburata, che i gas combusti, a causa della loro elasticità, hanno bisogno di un certo tempo per variare il loro stato di quiete o di moto, cosa che aggrava lo abbassamento del rendimento volumetrico.

3) *Durata della combustione.* Nel cilindro, la combustione della miscela aria-benzina, per ogni tipo di motore, si completa in un tempo fisso e compreso fra 1/600 e 1/1000 di secondo. Questo tempo che a tutta prima può sembrare brevissimo, provoca invece ragguardevoli spostamenti dello stantuffo a tutto danno della fase di espansione, fase questa, direttamente legata alla potenza del motore. La durata della combustione, come anche l'inerzia dei gas, trattandosi di fenomeno a tempo fisso, provoca più forti variazioni alle alte velocità di rotazione che non alle basse, come si può facilmente constatare nello specchio sotto riportato, dove sono stati calcolati i valori dell'angolo di rotazione della manovella e degli spostamenti dello stantuffo in % della corsa per diversi regimi di giri, nel caso di un motore ideale nel quale la combustione inizi quando lo stantuffo si trova al p.m.s. e si completi nel tempo di 1/600 di secondo.

— regime di giri/minuto	4500	4800	5100	5400
— angolo di rotazione della manovella	45°	48°	51°	54°
— spostamento dello stantuffo dal p.m.s. in % della corsa	14,7	15	18,5	21

I ritardi analizzati portano tutti a variazioni delle condizioni iniziali delle fasi e si tramutano quindi in una perdita di potenza. Le perdite, però, sono contenute in più ristretti limiti adottando come correttivo l'*anticipo* dell'apertura delle valvole e dell'inizio della fase di combustione. Con questo accorgimento i fenomeni si fanno iniziare poco prima che lo stantuffo arrivi al punto morto, il funzionamento del motore non subisce rilevanti contraccolpi, perchè in

questa zona lo stantuffo non possiede più tanta velocità e le condizioni pratiche di pressione e volume, all'inizio delle fasi, non si discostano troppo da quelle teoriche.

1ª Fase - Aspirazione. La valvola di aspirazione si apre prima che lo stantuffo arrivi al p.m.s. (anticipo all'aspirazione), per coprire il tempo necessario alla sua apertura ed eliminare lo *strozzamento* della miscela tra le sue pareti. La miscela carburata, per introdursi nel cilindro, deve essere ivi richiamata da una sensibile depressione generata dallo stantuffo nel suo spostamento verso il p.m.i.; questa, però, determina un riempimento incompleto del cilindro e un conseguente abbassamento del rendimento volumetrico. Il riempimento del cilindro e il rendimento volumetrico possono essere migliorati, se la valvola di aspirazione non si chiude appena che lo stantuffo raggiunge il p.m.i., ma rimane ancora aperta per un certo tempo (ritardo alla chiusura della valvola di aspirazione) durante la prima parte della fase di compressione, per permettere alla miscela, ormai avviata, che per inerzia continui la sua entrata nel cilindro.

Nella fig. 128 la fase pratica è rappresentata con la linea 1AB che rimane tutta al di sotto della linea spessa 1-2 rappresentante la fase di ammissione teorica.

2ª Fase - Compressione. Chiusa la valvola di aspirazione al tempo giusto, quando cioè, per effetto dell'avanzamento dello stantuffo, la miscela tenderebbe ad uscire dal cilindro, si comprime il fluido. La pressione che si registra, durante tutta la fase, risulta inferiore a quella calcolata nel ciclo teorico e ciò è dovuto alla minore quantità di miscela compressa e alle perdite di calore che si verificano attraverso le pareti del cilindro.

Nella fig. 128 la fase di compressione pratica è rappresentata dalla linea B-C che rimane tutta al di sotto della linea 2-3 corrispondente alla fase teorica.

3ª Fase - Combustione. La combustione, come già detto, non è istantanea, ma tra lo scoccare della scintilla e la fine della combustione, trascorre un tempo sufficiente a consentire un sensibile spostamento dello stantuffo a danno della successiva fase di espansione. Per realizzare una fase attiva (espansione) la più lunga possibile, si fa iniziare la combustione, prima che lo stantuffo giunga al p.m.s. (anticipo all'accensione). Esso anticipo, per quanto detto all'inizio del capitolo, sarà tanto maggiore, quanto più alto è il regime di giri del motore e si compone di due parti: una fissa o iniziale, riducibile con manovra a mano e una automatica, autovariabile in funzione delle variazioni del regime di giri.

Nella figura 128 la combustione è rappresentata dalla linea C-D-E, che si discosta di molto dalla linea 3-4 della combustione a volume costante e rimane tutta interna al ciclo, con evidenti perdite.

4ª Fase - *Espansione*. Anche in questa fase, per effetto della minore pressione di partenza e dello scambio di calore attraverso le pareti del cilindro, la pressione, durante tutto lo svolgimento della fase, risulta sempre minore (linea D-E-F, della fig. 128) di quella teorica (linea spessa 4-5), riducendo l'area del ciclo e quindi la potenza del motore.

Teoricamente la fase di espansione dovrebbe terminare quando lo stantuffo arriva al p.m.i.; ma poichè la valvola di scarico dei gas combusti abbisogna di un certo tempo per aprirsi, occorre iniziarne l'apertura col dovuto anticipo (anticipo allo scarico).

5ª Fase - *Scarico*. Come innanzi detto, questa fase inizia con un discreto anticipo, rispetto al p.m.i., causando una sensibile perdita di potenza.

6ª Fase - *Espulsione*. La fase di espulsione dei gas combusti, nel ciclo pratico, non avviene a pressione atmosferica, ma si realizza con una leggera soprapressione (linea G-H-I) creata dal ritorno dello stantuffo; nè la valvola di scarico si chiude appena che lo stantuffo raggiunge il p.m.s.

Il ritardo alla chiusura della valvola di scarico si rende necessario per sfruttare positivamente l'inerzia dei gas, diretti ora verso l'uscita e realizzare così la massima espulsione dei prodotti della combustione.

Considerando l'anticipo all'apertura della valvola di aspirazione e il ritardo alla chiusura della valvola di scarico, risulta che, per un arco di circa 20° a cavallo del p.m.s., le due valvole sono *contemporaneamente aperte*; ciò, praticamente, non porta ad inconvenienti di sorta, perchè le due vene fluide, in virtù dell'inerzia posseduta, proseguono nelle proprie direzioni, senza disturbarsi.

Diagramma della distribuzione e sue caratteristiche.

I valori degli anticipi e dei ritardi possono essere misurati sia con gli angoli che la manovella forma con la direzione dei punti morti, che con le posizioni dello stantuffo lungo la sua corsa. La scelta è indifferente, esistendo una precisa corrispondenza tra le singole posizioni dello stantuffo e quelle della manovella. In pratica, tuttavia, gli anticipi sono misurati in angoli, che riuniti in un diagramma circolare, formano il diagramma della distribuzione.

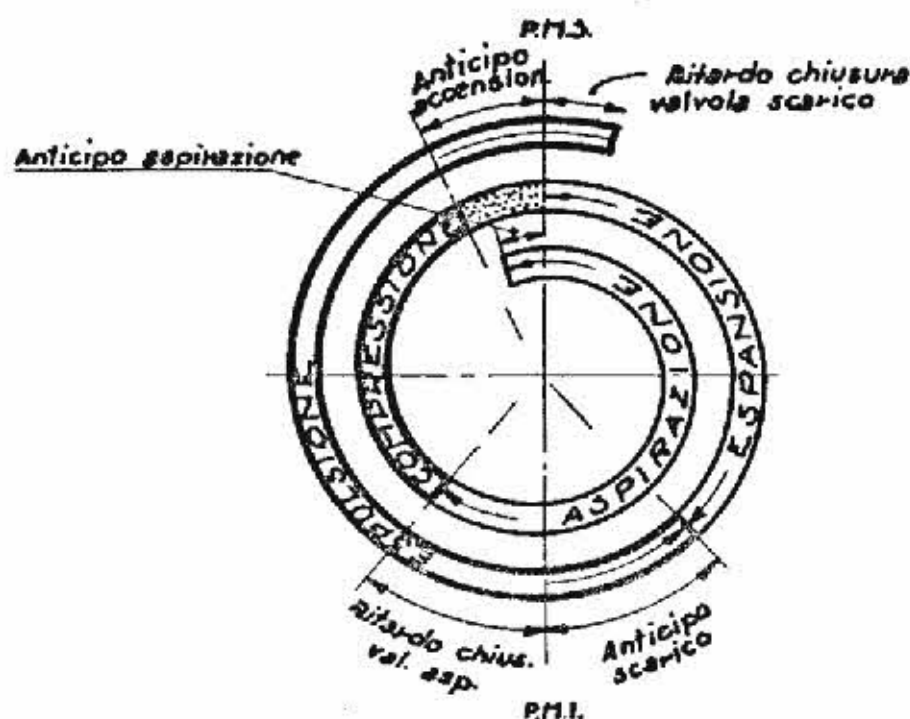


FIG. 129

Per i normali motori di autoveicoli, gli anticipi ed i ritardi sono compresi nei seguenti valori:

— apertura della valvola di aspirazione	da 2° a 12° prima del p.m.s.
— chiusura della valvola di aspirazione	da 20° a 60° dopo il p.m.i.
— accensione anticipo iniziale	da 5° a 15° prima del p.m.s.
— accensione anticipo automatico	da 0° a 25° prima del p.m.s.
— accensione anticipo totale	da 5° a 40° prima del p.m.s.
— apertura della valvola di scarico	da 40° a 60° prima del p.m.i.
— chiusura della valvola di scarico	da 10° a 25° dopo il p.m.s.

Bilancio termico e Rendimento globale.

Di tutta l'energia posseduta dal combustibile, solo una piccola parte: dal 19 al 30%, viene trasformata dagli organi del motore in energia meccanica e trasmessa al giunto di accoppiamento dell'albero motore. La rimanente parte: 81-70%, viene dispersa nelle seguenti forme:

dal 25 al 40% per il raffreddamento degli organi del motore;

dal 30 al 42% come calore perduto con i gas di scarico;

dal 5 al 10% per attrito e comando degli organi indispensabili al funzionamento del motore.

Si dice rendimento globale di un motore, il rapporto tra l'energia utilizzata e quella introdotta nel motore:

$$\text{Rendimento globale} = \frac{\text{Energia disponibile sull'albero motore}}{\text{Energia introdotta nella macchina}}$$

In fig. 130 è visualizzato il bilancio termico di un motore avente un rendimento globale del 28%.

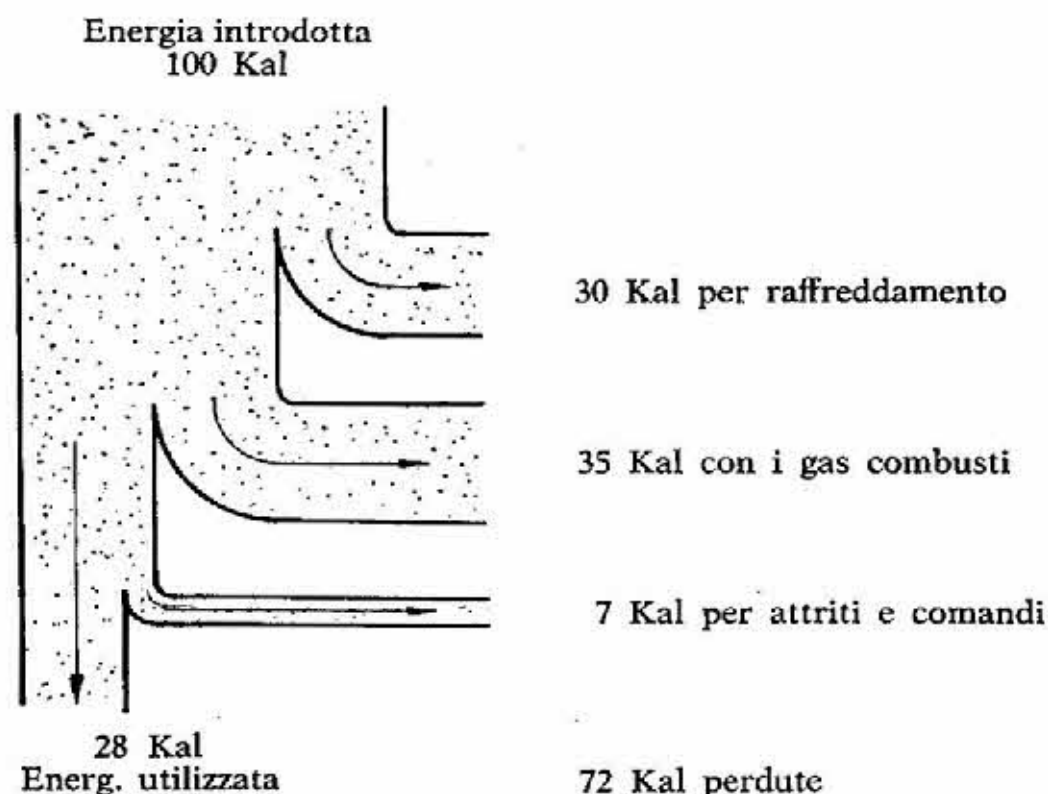


FIG. 130

Motore a due tempi.

Prendono questo nome quei motori nei quali le sei fasi del ciclo vengono realizzate in due corse dello stantuffo, ovvero in un solo giro dell'albero motore.

Nel tipo classico, il motore a due tempi non ha valvole; il cilindro, verso la sua base, presenta tre serie di luci, a diverso livello, che permettono: l'*aspirazione* della miscela nella camera del basamento; la sua *immissione* in cilindro; lo *scarico* dei gas combusti.

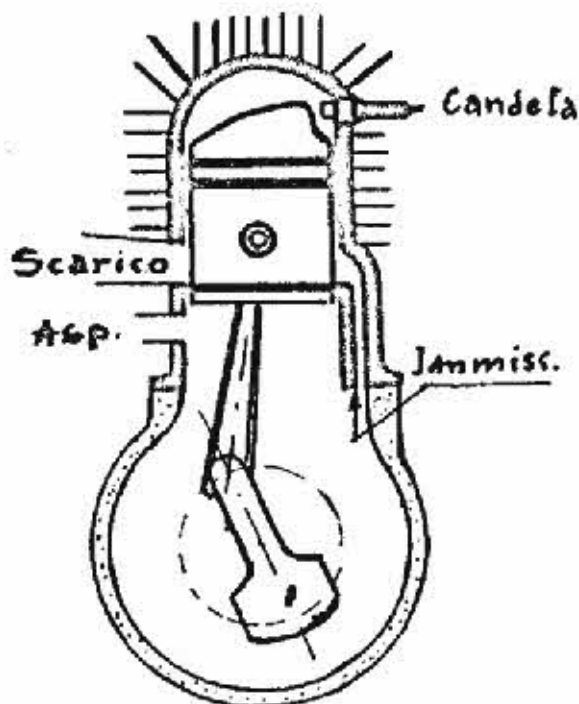


FIG. 131

L'apertura e chiusura delle luci è affidata allo stantuffo, che col suo moto regola e controlla il succedersi delle fasi del ciclo, chiudendo ed aprendo al momento opportuno le tre serie di luci.

L'immissione della miscela in cilindro avviene in virtù di una leggera compressione preventiva, che si ottiene:

- utilizzando la pressione che lo stantuffo crea, nella corsa dal p.m.s. al p.m.i., nella camera del basamento per i motori di piccola potenza;
- con pompa separata, per i motori di una certa potenza.

La testa dello stantuffo, nella sua parte prospiciente la luce di immissione, porta una sporgenza chiamata *deflettore*, che ha il compito di convogliare verso la testa del cilindro il flusso della miscela e di impedirne la dispersione attraverso la luce di scarico.

Le sei fasi del ciclo si ripartiscono nei due tempi, come appresso:

1° Tempo: Accensione, Combustione ed Espansione.

La miscela, precedentemente compressa nel cilindro, viene accesa dalla scintilla fatta scoccare tra gli elettrodi di una candela al momento dovuto (anticipo all'accensione), segue la fase di espansione dei prodotti della combustione (fase utile) fino a che lo stantuffo, nel suo moto verso il p.m.i., non scopre le luci di scarico.

2° Tempo: Scarico, Immissione, Compressione ed Aspirazione.

Lo stantuffo, prima di giungere al p.m.i., scopre prima la luce di scarico, attraverso la quale vengono espulsi, per differenza di pressione, i gas combusti, poi la luce di immissione, attraverso la quale si immette nel cilindro la miscela carburata, preventivamente compressa nella camera del basamento.

Queste due fasi si sovrappongono per un arco di oltre 100° , a cavallo del p.m.i., e costituiscono la fase di *lavaggio*, così detta, per-

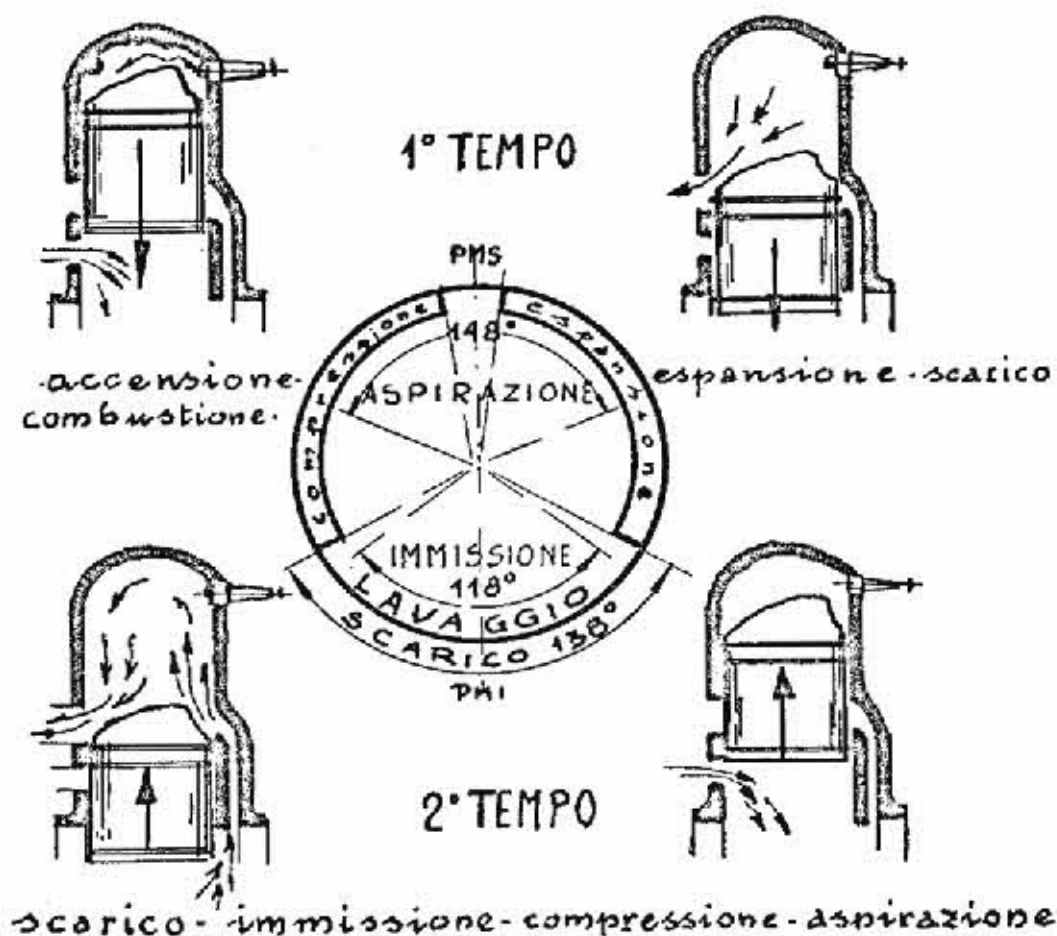


FIG. 132

chè in essa il cilindro si libera dai gas combusti e si riempie di miscela fresca. Le luci di scarico e di immissione sono contemporaneamente aperte, ma non si verificano fughe di miscela attraverso la luce di scarico per la presenza del deflettore, che come innanzi detto, ha il compito di deviare verso la camera di combustione la vena fluida della miscela carburata, vietando il rimescolamento tra essa e i gas combusti.

Ritornando lo stantuffo verso il p.m.s. chiude la luce di immissione, poi quella di scarico ed esegue la fase di compressione. Nello stesso tempo, con la faccia inferiore crea una depressione nella camera del basamento, sicchè, quando con il lembo inferiore del suo mantello scopre la luce di aspirazione, la miscela, dal carburatore, viene aspirata nella camera del basamento.

A fine della fase di compressione, e col dovuto anticipo, scocca la scintilla, la miscela si infiamma ed ha inizio un nuovo ciclo di lavoro.

Confronto tra i motori a 2 tempi e quelli a 4 tempi.

Rispetto al motore a 4 tempi, quello a 2 tempi presenta i seguenti vantaggi:

- maggiore semplicità costruttiva per la mancanza degli organi della distribuzione e conseguente minor costo;
- migliore rendimento meccanico;
- maggiore potenza a parità di cilindrata e di numero di giri;
- maggiore regolarità della coppia motrice, in quanto si ha una fase utile per ogni giro.

Per contro presenta i seguenti svantaggi:

- minore rendimento volumetrico per la presenza delle luci sulla superficie del cilindro e per la imperfetta espulsione dei gas combusti;
- maggiore difficoltà di raffreddamento e di lubrificazione;
- maggiore difficoltà nella costruzione di motori policilindrici.

I motori a carburazione a due tempi trovano impiego, quasi esclusivo, nel campo motociclistico e motonautico; la loro applicazione in generale, è limitata alle piccole cilindrata.

Motori ad accensione spontanea.

I motori a combustione spontanea, detti anche motori Diesel, non hanno bisogno del complesso di accensione e nella fase di compressione, comprimono solo aria. La mancanza di combustibile, in questa fase, permette di realizzare notevoli rapporti di compressione e di riscaldare l'aria, per effetto della compressione, a temperature tanto elevate da superare di molto la temperatura di accensione del

combustibile, tanto che questo, a misura che viene iniettato nel cilindro, si infiamma spontaneamente.

L'iniezione del combustibile è realizzata mediante l'impiego di *polverizzatori* od *iniettori*, dai quali l'olio combustibile è polverizzato o per azione dell'aria compressa (iniezione pneumatica) o per azione di una pompa (iniezione meccanica).

I motori ad accensione spontanea si classificano in motori:

- *lenti*: se hanno un basso regime di giri (fino a 400 giri al minuto);
- *veloci*: se hanno un elevato regime di giri (1.500÷2.200 giri/1').

I motori lenti, specificamente più pesanti, possono bruciare nafta pesanti e sono impiegati in installazioni industriali e marine; i motori veloci, specificamente più leggeri, bruciano solamente gasoli leggeri e sono impiegati nella locomozione terrestre e marittima.

Molti sono i sistemi proposti per la costruzione dei motori ad accensione spontanea; attualmente quelli più in uso sono o a quattro tempi a semplice effetto oppure a due tempi a stantuffi contrapposti.

Ciclo pratico di funzionamento dei motori Diesel veloci a 4 tempi.

Lo stantuffo inizi il suo moto dal p.m.s.: aperta, col dovuto anticipo la valvola di aspirazione, il cilindro, durante tutta la corsa dello stantuffo verso il p.m.i., viene riempito di *sola aria*. Chiusa la valvola di aspirazione al tempo giusto, lo stantuffo, dopo aver invertito il suo moto, effettua la compressione della sola aria. Con un anticipo di circa 30° , rispetto al p.m.s., si dà l'avvio all'iniezione del combustibile e questo, appena a contatto dell'aria riscaldata per effetto della compressione, evapora e si incendia determinando, contemporaneamente, un rapido aumento di temperatura e di pressione. Questa prima parte della combustione si effettua come nel ciclo del motore a carburazione e pertanto è detta a *volume costante*.

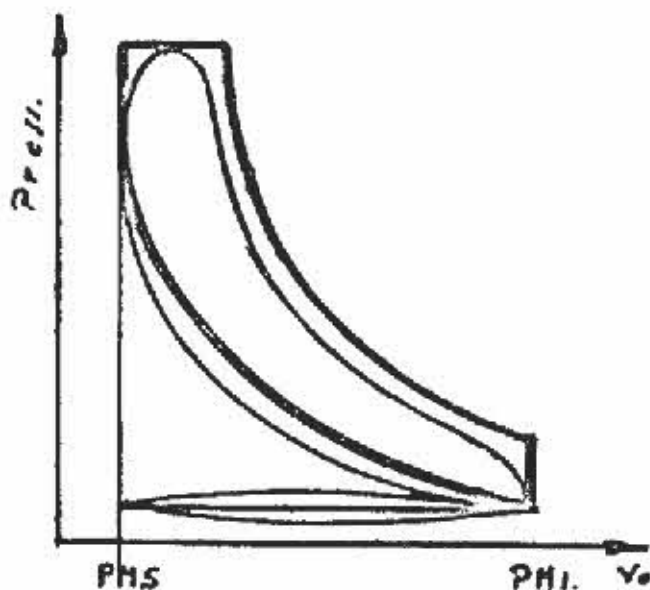


FIG. 133

La combustione prosegue, però, per tutta la durata dell'iniezione (corrispondente ad un angolo di manovella di circa 30°) e le particelle di olio che di seguito continuano a sgorgare dall'iniettore, bruciano man mano che entrano nel cilindro. La combustione di esse particelle, pur apportando altro calore, non determinano ulteriori aumenti di pressione, perchè lo stantuffo, spostandosi verso il p.m.i. lascia dietro di sé nuovi volumi a disposizione dell'espansione dei gas. Questa seconda parte della combustione avviene a *pressione costante*.

Le successive fasi di: espansione, scarico ed espulsione dei gas, si susseguono come già visto nei motori a carburazione.

Gli anticipi e i ritardi, nei motori Diesel veloci, sono quelli sotto riportati:

— Anticipo aspirazione	da 15° a 25° prima del p.m.s.
— Ritardo chiusura aspirazione	» 20° » 40° dopo il p.m.i.
— Anticipo iniezione	» 15° » 30° prima del p.m.s.
— Fine iniezione	» 0° » 10° dopo il p.m.s.
— Anticipo scarico	» 40° » 60° prima del p.m.i.
— Ritardo chiusura scarico	» 10° » 15° dopo il p.m.s.

Nei motori ad accensione spontanea, il rapporto di compressione si aggira da 14 a 20; le pressioni a fine della compressione raggiungono i valori tra 35 e 45 kg/cm²; quelle raggiunte a fine combustione variano tra i 55 e 75 kg/cm².

Il rendimento globale risulta più elevato di quello dei motori a carburazione e può raggiungere valori fino al 38%.

Nella tabella seguente si riportano, per un confronto diretto, alcuni dati caratteristici dei motori a carburazione o a scintilla e a quelli corrispondenti nei motori Diesel veloci per autoveicoli.

Dati caratteristici		Motori ad accensione	
		a scintilla	spontanea
Pressione in Kg/cm ²	di aspirazione di compressione di combustione	0,9	0,95
		8,5 ÷ 13	35 ÷ 45
		38 ÷ 52	55 ÷ 70
Rapporto di compressione		6 ÷ 8,5	14 ÷ 20
Temperatura in gradi °C	inizio compressione fine compressione di combustione del gas di scarico	80° ÷ 160°	80° ÷ 100°
		600° ÷ 650°	850° ÷ 1000°
		2000° ÷ 2500°	1800°
		650° ÷ 750°	450° ÷ 600°
Rendimento globale		0,19 ÷ 0,30	0,28 ÷ 0,38

ORGANI DEL MOTORE

Gli organi principali del motore sono: il basamento, i cilindri, gli stantuffi con anelli elastici, le bielle, l'albero motore e i meccanismi della distribuzione, di accensione di raffreddamento, ecc.

Basamento.

Il basamento o carter costituisce il supporto degli organi del motore, sostiene i cilindri e l'albero motore, collega i vari gruppi meccanici e racchiude e protegge i manovellismi e l'olio di lubrificazione; si realizza per fusione in ghisa o in lega di alluminio. Nel suo interno presenta piani e flange di attacco, fori per il passaggio dell'olio lubrificante, per le guide delle valvole e delle punterie, mentre sulla superficie esterna porta nervature di rinforzo e le zampe per il fissaggio del motore alle strutture di sostegno. Inferiormente è chiuso dalla *coppa*, che serve anche a contenere l'olio di lubrificazione.

Cilindri.

I cilindri sono delle canne d'acciaio che hanno una superficie interna accuratamente rettificata in modo da risultare levigatissima e di egual diametro in tutti i punti. Nei motori raffreddati ad aria, i cilindri sono costruiti separatamente l'uno dall'altro, portano esternamente alette di raffreddamento e in basso la flangia per l'accoppiamento col basamento.

Nei motori per autoveicoli, i cilindri sono riuniti insieme e formano il così detto *monoblocco* che comprende, fusi in un sol getto, i cilindri, le intercapedini per la circolazione dell'acqua di raffreddamento, le sedi dei cuscinetti dell'albero motore e le zampe di sostegno costituendo ad un tempo l'incastellatura-basamento del motore.

Le canne, ossia i vani cilindrici entro cui scorrono gli stantuffi, possono far parte dello stesso monoblocco oppure essere costituite da sottili tubi di ghisa centrifuga o di acciaio nitruato, pressate a freddo negli appositi vani del monoblocco. Le canne riportate, che hanno il grande vantaggio di poter essere sostituite quando non sono più alesabili, consentono di costruire il monoblocco con materiale di minore resistenza e addirittura in lega di alluminio.

La *testa* o *testata* del monoblocco, che chiude ermeticamente le camere dei cilindri, è ottenuta per fusione in ghisa o in lega di alluminio, è normalmente in un sol pezzo e si accoppia al monoblocco, mediante bulloni prigionieri, con l'interposizione di una guarnizione, resistente al calore, che garantisce la tenuta dei gas e dell'acqua di raffreddamento. Nello spessore della testata sono ricavate: le camere di combustione, le sedi delle candele, i vani ed il bocchettone

per la circolazione dell'acqua di raffreddamento e, nei motori con valvole in testa, anche le sedi delle valvole e i condotti di aspirazione e di scarico.

Stantuffo con anelli elastici.

Lo stantuffo, detto anche *pistone*, è ottenuto per fusione in lega di alluminio, costituisce la parete mobile della camera di espansione, trasmette alla biella la forza prodotta dalla pressione dei gas e guida il piede di biella lungo l'asse del cilindro.

Lo stantuffo è costituito da:

- la *testa*, che deve resistere alla pressione dei gas e far tenuta mediante gli anelli elastici;
- il *mantello*, di altezza tale da ben distribuire la spinta trasversale della biella;
- due *mozzi*, che alloggianno e sopportano il *perno* o *spinotto* di articolazione della biella.

Lo spinotto è un perno di acciaio cementato e rettificato che accoppia lo stantuffo al piede di biella, permettendo una libera rotazione tra loro.

Lo stantuffo porta, alloggiati in scanalature ricavate sul suo mantello, due o tre *anelli* o *fasce elastiche* al di sopra dello spinotto e una o due anelli *raschia olio* al di sotto di esso. Gli anelli elastici, premendo contro la parete interna del cilindro, garantiscono la tenuta dei gas in pressione; quelli raschia olio hanno inoltre il compito di ripulire la superficie interna del cilindro dall'olio di lubrificazione. Gli anelli elastici sono di ghisa malleabile ed hanno sezione rettangolare; quelli raschia olio hanno una sezione a C con fori per la raccolta dell'olio.

Biella.

La biella serve a trasmettere al perno di manovella la forza motrice fornita dallo stantuffo e trasformare il moto rettilineo alternato di questo, in moto rotatorio continuo dell'albero motore.

La biella è costituita da:

- il *piede*, che abbraccia lo spinotto;
- la *testa*, che si articola sul perno di manovella;
- il *corpo* o *fusto*, che collega testa e piede.

La testa è composta da due parti, una asportabile, il *cappello*, e l'altra di pezzo col fusto, tenute insieme con due o quattro bulloni con dado e controdado. Tanto la testa che il piede portano nella loro cavità un cuscinetto in bronzo rivestito di metallo antifrizione; il cuscinetto della testa è diviso anch'esso in due metà o *gusci*, cia-

scuno dei quali porta un grano di fermo per evitare la rotazione per trascinamento. La biella è di acciaio speciale ad alta resistenza ed ha sezione a doppio T.

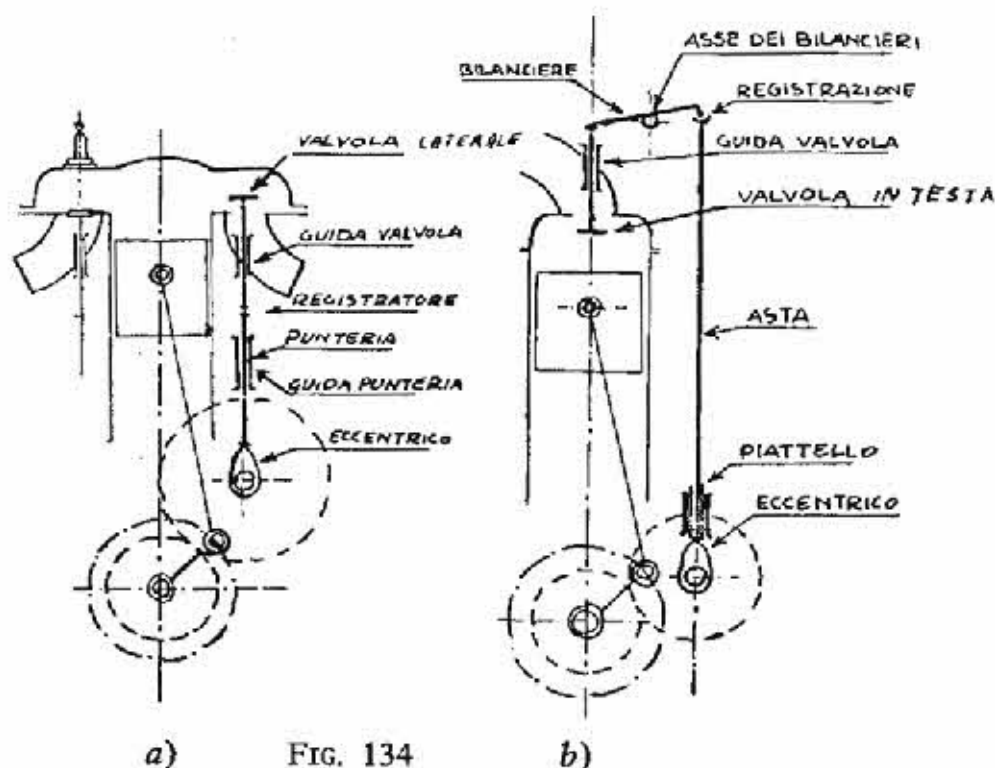
Albero motore.

L'albero motore è costituito dai *perni di banco*, che ruotano su appositi cuscinetti sopportati dal basamento, dai *perni o bottoni di manovella*, sui quali si articolano le teste di biella e dai *bracci di manovella*, che uniscono i perni di banco con quelli di manovella.

Questo albero, detto anche per la sua forma, *albero a gomiti*, è costruito in acciaio ad alta resistenza, stampato o fucinato in un sol pezzo ed accuratamente lavorato e rettificato; esso è forato per tutta la sua lunghezza, bracci compresi, affinché l'olio di lubrificazione possa giungere fino ai perni. I cuscinetti di banco, sui quali ruota l'albero motore, sono anch'essi a due gusci ricavati da un sottile tubo di acciaio o di bronzo, rivestito internamente da metallo antifrizione.

Meccanismo della distribuzione.

Il meccanismo della distribuzione è il complesso di organi che assicura la regolare successione delle fasi, ossia provvede, al tempo



giusto, ad introdurre la miscela carburata nei cilindri e ad espellere da essi i gas combusti.

Nei motori a quattro tempi, il meccanismo della distribuzione comprende le *valvole di aspirazione e di scarico* e l'*albero degli eccentrici* o *albero di distribuzione* comandato, con opportuno rapporto, dall'albero motore. Dello stesso meccanismo fanno parte anche gli eventuali organi intermedi quali le *punterie* ed i *bilancieri*.

Le valvole di aspirazione e di scarico possono essere disposte o su una espansione laterale del cilindro: *valvole laterali* (fig. 134_a) o sulla testata: *valvole in testa* (fig. 134_b). Nel primo caso l'albero della distribuzione è situato nel basamento del motore e riceve il moto dall'albero motore, mediante ruote dentate e catena silenziosa e co-

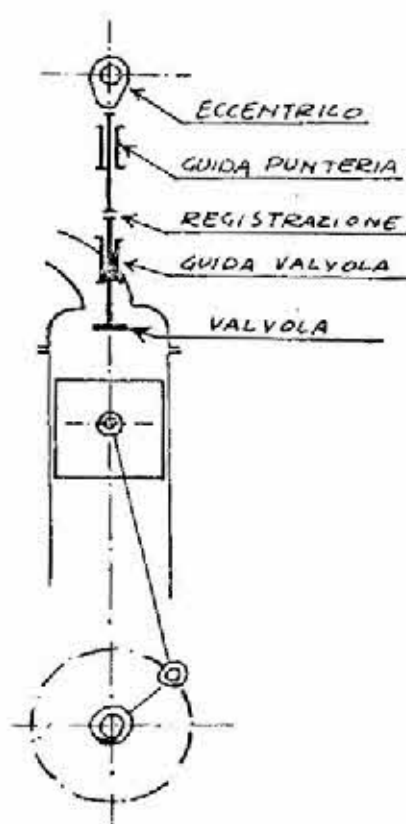


FIG. 135

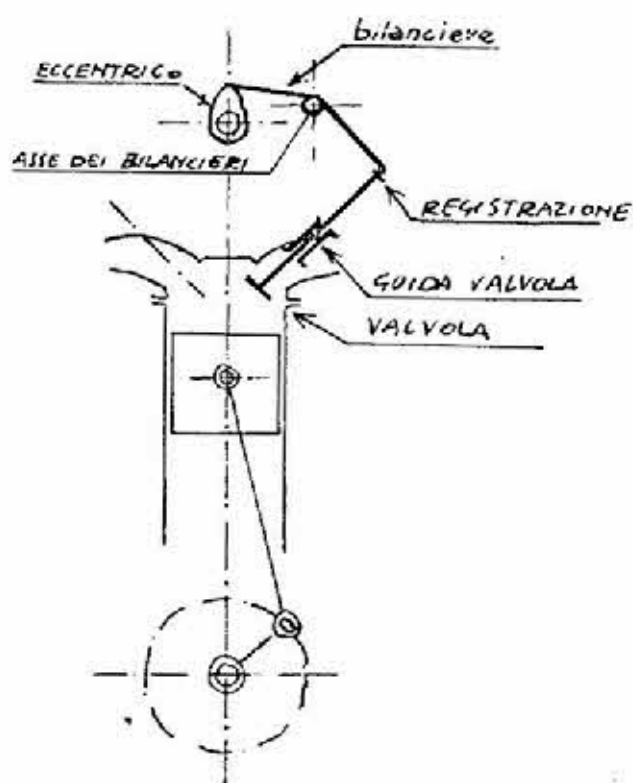


FIG. 136

manda le valvole a mezzo di aste e bilancieri; nel secondo caso, esso può essere situato sia nel basamento che sulla testata, esso riceve, allora, il moto dall'albero motore mediante catena ed albero verticale munito di ingranaggi conici e comanda le valvole a mezzo di bilancieri o direttamente (135 e 136).

Valvole a fungo.

Le valvole hanno la forma di un fungo a gambo lungo e sono costituite dalla *testa* e dal *gambo* o *stelo* (fig. 137). La testa presenta un bordo tronco-conico, accuratamente rettificato e cementato, con il quale la valvola si appoggia sulla corrispondente sede ricavata nel cilindro. Il gambo serve a guidare il moto alterno della valvola e a trasmettere alla testa l'azione della molla di richiamo. Le sedi delle valvole, ricavate sul cilindro, presentano superfici tronco-coniche leggermente più strette delle corrispondenti superfici delle valvole per consentire, con tale soprametallo, la smerigliatura di esse che di tanto in tanto è richiesta per conservare la dovuta tenuta.

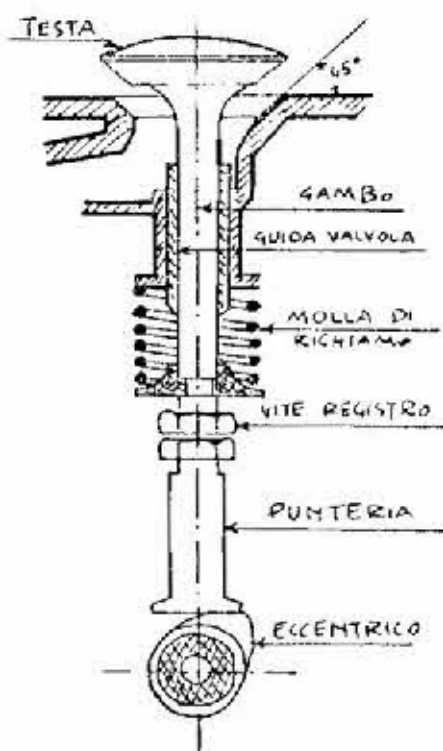


FIG. 137

L'apertura delle valvole è *sempre comandata* ed avviene verso l'interno della camera di combustione (in modo che la pressione del fluido concorra a tenerle chiuse); la chiusura avviene invece per l'azione di una o due molle a spirale, che richiamano la valvola contro la sua sede, non appena che viene a cessare l'azione dell'organo che la tiene aperta.

Le valvole di scarico, generalmente, hanno diametro minore di quelle di aspirazione, ciò anche per presentare ai gas combusti, ancora troppo caldi, una minore superficie di riscaldamento.

Chiamasi *alzata* il massimo spostamento compiuto dalla valvola durante la sua apertura.

Punterie e bilancieri.

Le punterie i bilancieri sono organi intermeri tra l'albero della distribuzione e lo stelo della valvola e determinano, per effetto della rotazione dell'eccentrico, l'alzata della valvola.

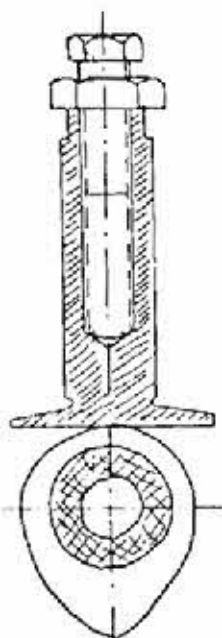


FIG. 138

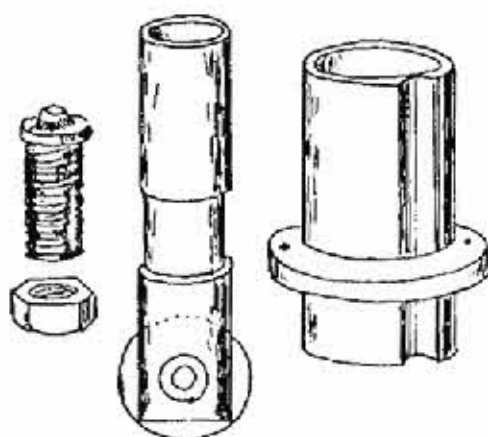


FIG. 139

Una punteria è costituita (fig. 138) da un cilindretto d'acciaio, cavo ed internamente filettato, recante, all'estremità a contatto con l'eccentrico, un rullino d'acciaio (fig. 139) che serve a ridurre l'attrito tra la punteria e la superficie dell'eccentrico. L'altra estremità è a

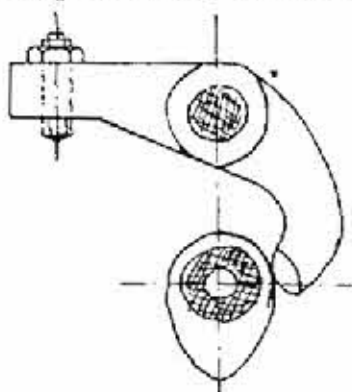


FIG. 140

contatto con lo stelo della valvola e porta la vite di regolazione del gioco della punteria.

Il bilanciere è costituito da una leva di acciaio, imperniata in un suo punto intermedio, comandata direttamente dall'eccentrico (fig. 140) o per mezzo di una punteria.

Albero della distribuzione o ad eccentrici o a camme.

L'albero della distribuzione è costituito da un asse di acciaio su cui sono ricavati tanti eccentrici quante sono le valvole (fig. 141). La posizione angolare degli eccentrici sull'asse e il loro profilo, sono disposti in modo da consentire l'apertura delle valvole, al momento voluto e per il solo tempo necessario, e realizzare una chiusura molto rapida.

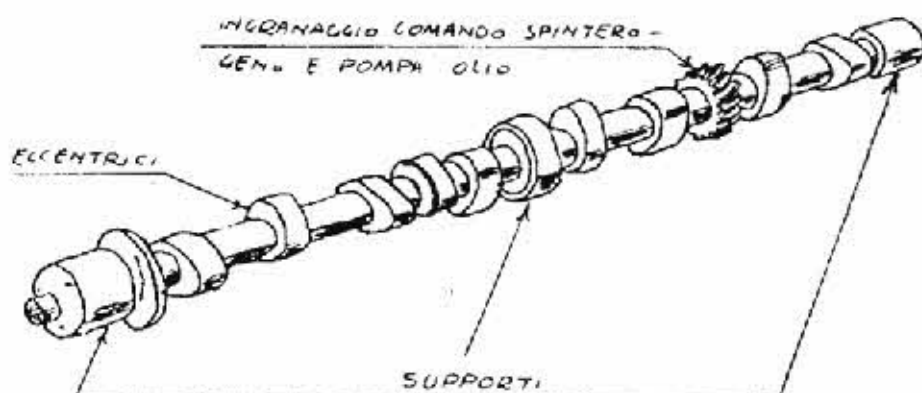


FIG. 141

Nei motori a quattro tempi, l'albero della distribuzione ha una velocità di rotazione metà di quella dell'albero motore, giacchè, per ogni ciclo di funzionamento, che si completa in due giri dell'albero motore, ogni valvola opera il suo movimento una sola volta.

Una volta messo a punto la distribuzione, stabilita cioè la posizione relativa tra l'albero motore e l'albero degli eccentrici, questa posizione deve essere *sempre* rigorosamente rispettata ed è per eseguire l'esatto montaggio degli ingranaggi destinati all'accoppiamento albero motore-albero della distribuzione, che essi ingranaggi portano punzonate sui loro denti le *tacche di riferimento*.

Alimentazione dei motori a carburazione.

Miscela combustibile e sue caratteristiche.

La carburazione è il processo mediante il quale, il combustibile liquido, suddiviso in minutissime particelle ed in parte vaporizzato, viene intimamente mescolato con aria in determinate proporzioni.

Le composizioni più favorevoli alla combustione, si ottengono con miscele aventi proporzioni in peso di 1 g di benzina e 16 o 18 g di aria; la miscela così farmata dicesi *dosata*. Quando il peso della benzina rispetto all'aria è maggiore di quello ora indicato, la miscela si dice *ricca*; quando è minore, si dice *povera*.

Affinchè la combustione sia completa ed avvenga nel più breve tempo possibile, è necessario che la miscela, oltre che dosata, sia anche omogenea, ossia che i vapori di benzina siano uniformemente diffusi in tutta la massa di aria.

Carburatore.

Il carburatore è l'organo destinato a fornire miscela, dosata ed omogenea, nelle misure richieste dal motore.

Nella forma più schematica, un carburatore è costituito (figg. 142-147) da una vaschetta contenente il carburante, da uno spruzzatore o gicleur, dalla camera di carburazione con diffusore e dalla valvola del gas.

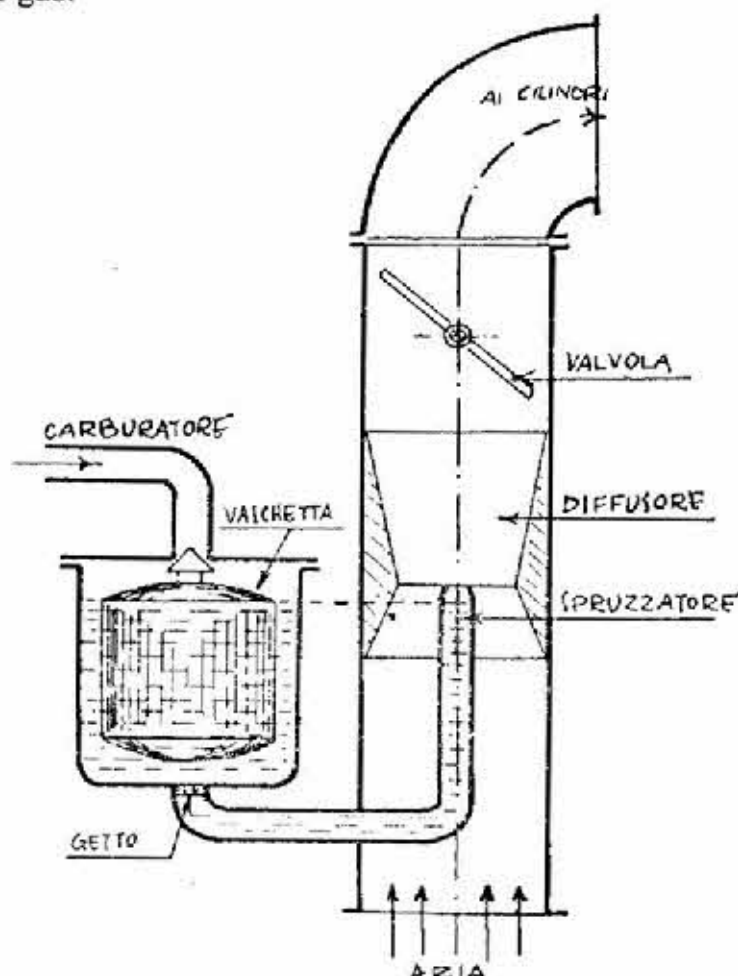
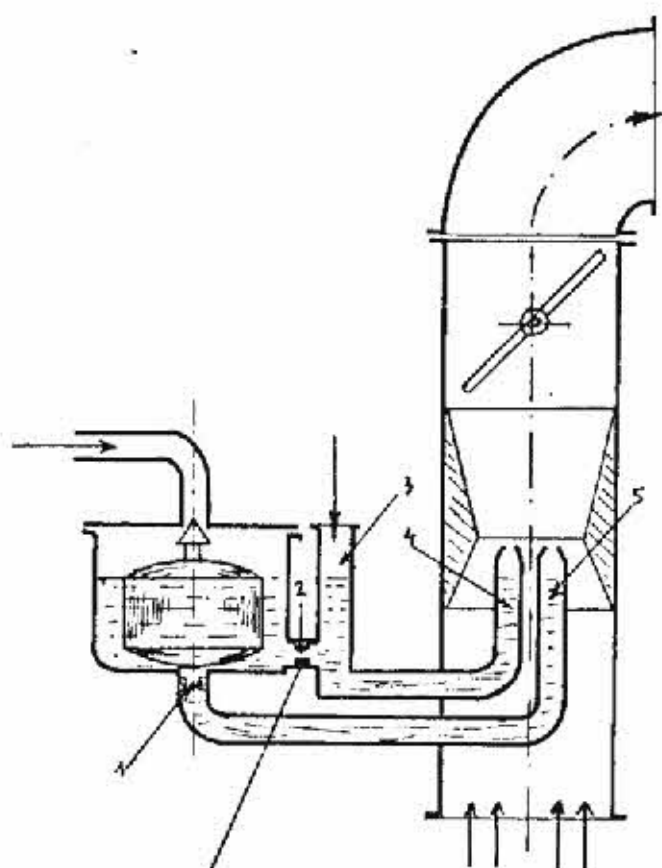
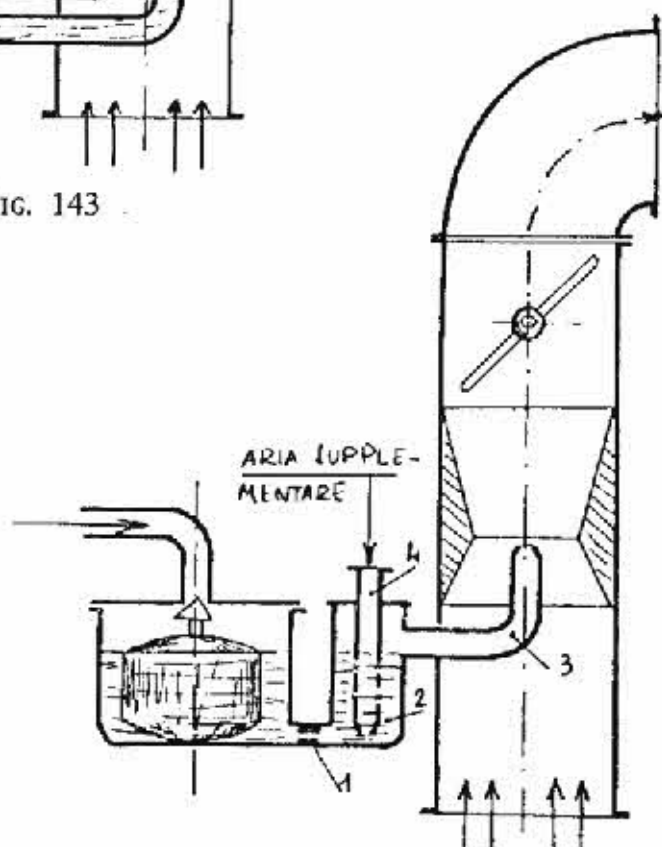


FIG. 142



EROGAZIONE
COSTANTE

FIG. 143



ARIA SUPPLE-
MENTARE

FIG. 144

Nella vaschetta il livello del carburante è mantenuto a *livello costante* per l'azione di un galleggiante, che, agendo direttamente o mediante bilancieri e contropesi su una spina conica, regola l'apertura e la chiusura del rubinetto di efflusso.

Lo *spruzzatore* è costituito da un tubicino in comunicazione con la vaschetta e terminante con una vite avente un foro assiale calibrato, il diametro del quale viene indicato in centesimi di millimetro. Per evitare che, a motore fermo, il carburante esca spontaneamente dallo spruzzatore, questo è due o tre millimetri più alto del livello del carburante contenuto in vaschetta.

Il *diffusore*, costituito da due tronchi di cono aventi in comune le basi minori (tubo Venturi), serve a creare in corrispondenza dello spruzzatore, la depressione necessaria per l'aspirazione del carburante.

La *valvola del gas* è, generalmente, del tipo a farfalla, costituita da un sottile diaframma ruotante attorno ad un asse orizzontale. Essa regola la quantità di miscela da introdurre nei cilindri in relazione alla potenza che il motore deve sviluppare.

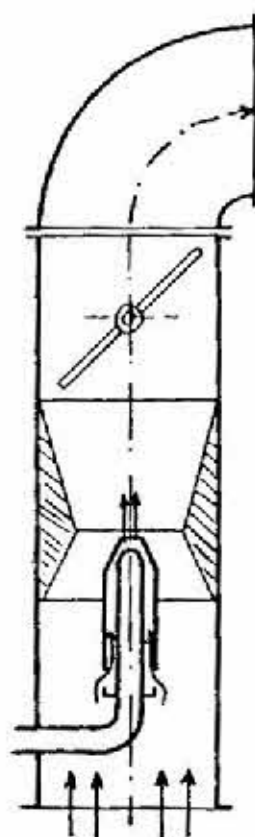


FIG. 145

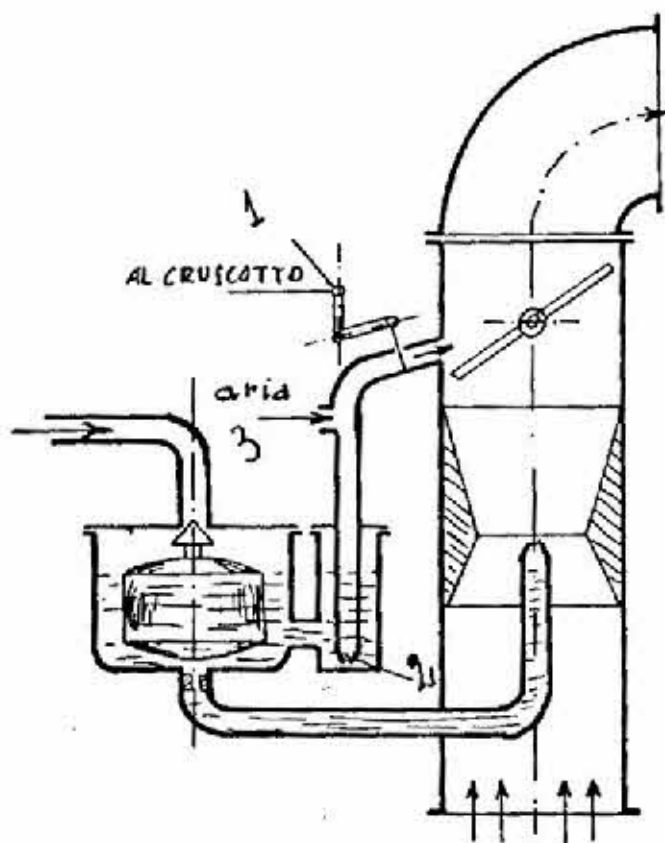


FIG. 146

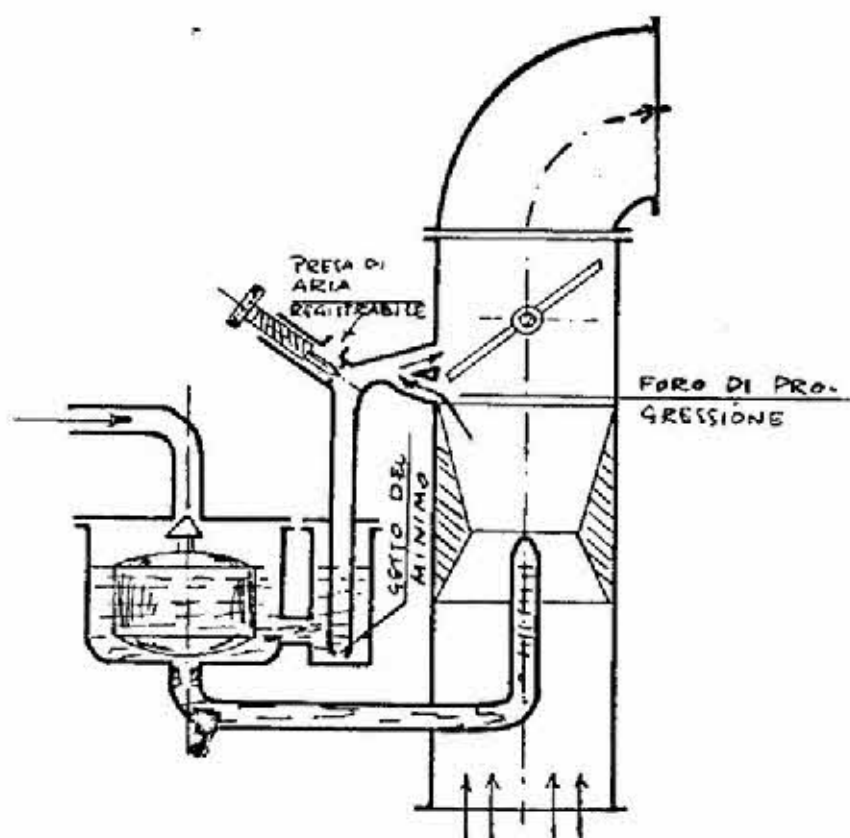


FIG. 147

La carburazione avviene nel modo seguente: lo stantuffo, durante la fase di aspirazione, crea nella camera di carburazione una depressione che oltre a richiamare aria nel diffusore, procura, dallo spruzzatore, l'efflusso di un getto di carburante sotto forma di minutissima pioggia. Le goccioline, a causa della depressione, evaporano rapidamente ed il vapore prodotto, mescolandosi intimamente con l'aria ivi aspirata, forma la miscela infiammabile. Questa, sempre in conseguenza della depressione creata dallo spostamento dello stantuffo, si avvia verso il cilindro e lo riempie. Siccome il peso di miscela inviato in cilindro varia col valore della depressione, esso peso è minimo quando la valvola è completamente chiusa, e massimo, quando la valvola è tutta aperta.

I carburatori in uso, oltre a garantire la precisa dosatura a qualsiasi regime di giri e di potenza del motore, sono corredati anche di dispositivi quali quello di avviamento, di marcia al minimo e di ripresa. Tra i carburatori più in uso si ricordano i seguenti:

- carburatori a getto compensato (Zenit);
- carburatori ad aria supplementare (Weber);
- carburatori a frenatura d'aria (Solex).

Filtri ed alimentazione del carburatore.

Poichè le impurezze contenute in sospensione sia nell'aria che nel carburante (polvere, sabbia, sedimenti, ecc.) recano disturbo al normale funzionamento del carburatore, è necessario inserire sulla presa dell'aria e nel circuito del carburante appositi filtri. I filtri per l'aria sono generalmente ad elementi filtranti metallici o di feltro; quelli per il carburante sono quasi sempre due, uno a bicchiere (fig. 149), funzionante secondo il principio della sedimentazione, l'altro a reticella di ottone.

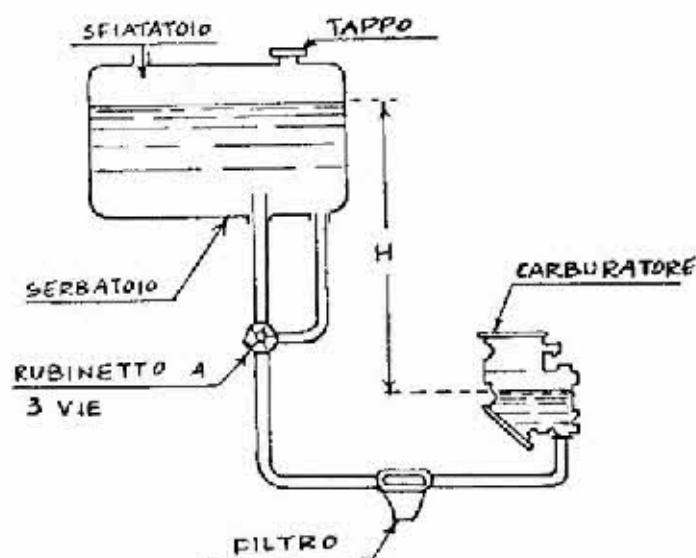


FIG. 148

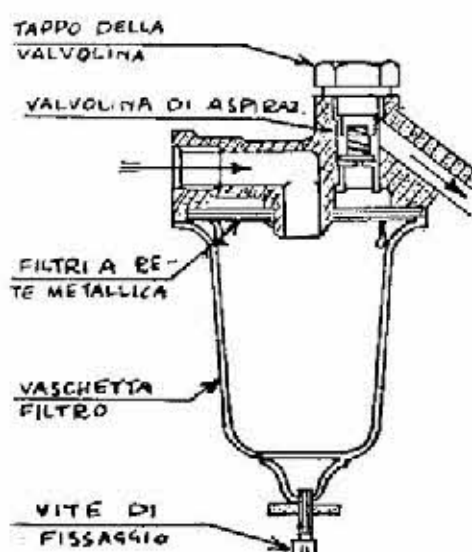


FIG. 149

Il carburante può affluire al carburatore o per caduta (gravità) oppure a pressione; nel primo sistema il serbatoio è collocato in posizione più alta rispetto al carburatore (fig. 148), nel secondo, è collocato in posizione qualsiasi e l'afflusso del carburante è assicurato da una pompa (fig. 150), che aspira il carburante nella quantità richiesta e lo invia, a pressione, al carburatore. Il tipo di pompa più usato nei motori per autoveicoli, è quello a *membrana metallica* o di *tessuto speciale*, azionata meccanicamente per mezzo di un *eccentrico* (fig. 151).

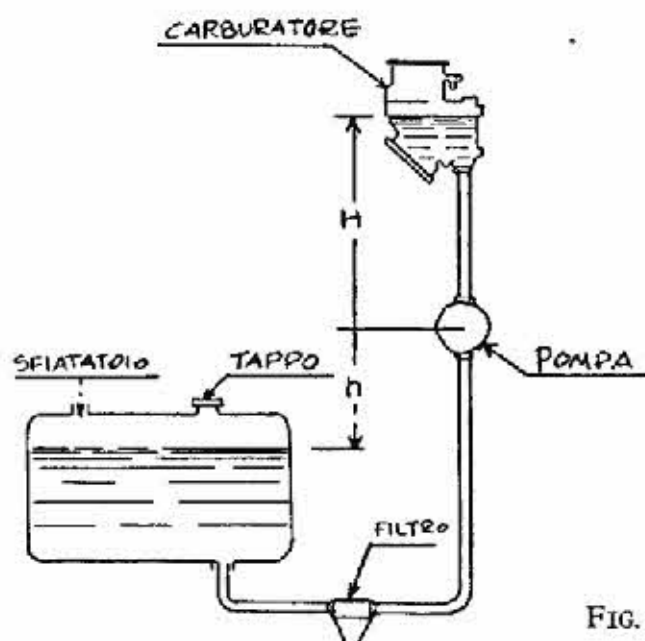


FIG. 150

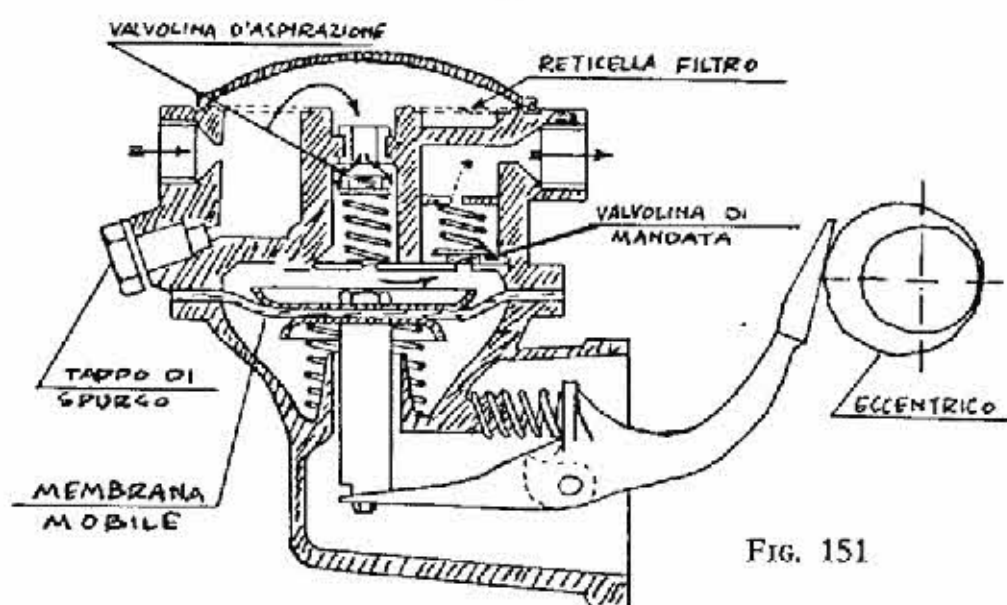


FIG. 151

Alimentazione dei motori Diesel veloci.

Per realizzare una corretta iniezione, occorre soddisfare le seguenti condizioni:

- dosare esattamente la quantità di combustibile da introdurre ad ogni ciclo;
- introdurre il combustibile all'istante dovuto;
- polverizzare minutamente il combustibile affinché esso, presentando all'aria calda una più estesa superficie di contatto, possa bruciare nel più breve tempo;
- diffondere il combustibile uniformemente in tutta la camera di combustione, affinché tutto l'ossigeno, in essa presente, partecipi alla combustione.

Iniezione meccanica.

La pompa preleva il combustibile dal serbatoio e lo invia sotto pressione ai *polverizzatori* o *iniettori*. Il liquido, fatto uscire sotto forte pressione da un piccolo foro, produce un getto polverizzato e la polverizzazione è tanto più fina, quanto più è elevata la pressione con la quale il liquido viene spinto. La pressione di iniezione è inoltre controllata dall'azione di una robusta molla che mantiene chiusa la spina dell'iniettore, per cui il liquido, per raggiungere la camera di combustione, è costretto a vincere la resistenza della molla e pertanto arriva ai forellini di polverizzazione con la pressione voluta.

Pompa di iniezione.

Ricordando che la potenza fornita dal motore dipende dalla quantità di combustibile iniettato nella camera di combustione, si deduce che la pompa, oltre a creare la necessaria pressione, deve poter variare la portata di combustibile ogni qualvolta varia il carico sul motore. Nella pompa di iniezione, questa variazione di portata è ottenuta mediante due movimenti del pistoncino: uno rettilineo alterno a corsa costante, comandato da un eccentrico e l'altro di rotazione intorno al proprio asse comandato da un'asta a cremagliera.

La pompa generalmente impiegata è quella tipo Bosch a riflusso variabile, capace di comprimere il combustibile dopo averlo dosato. Ogni elemento della pompa è composto da un cilindretto (fig. 152) avente due fori trasversali che costituiscono rispettivamente la luce di alimentazione e quella di deflusso, con la prima leggermente più alta della seconda. Nell'interno del cilindretto scorre, a tenuta, un pistoncino, nella parte superiore del quale è scavato un triangolo avente un lato verticale, l'altro a contorno elicoidale e la base su una scanalatura anulare.

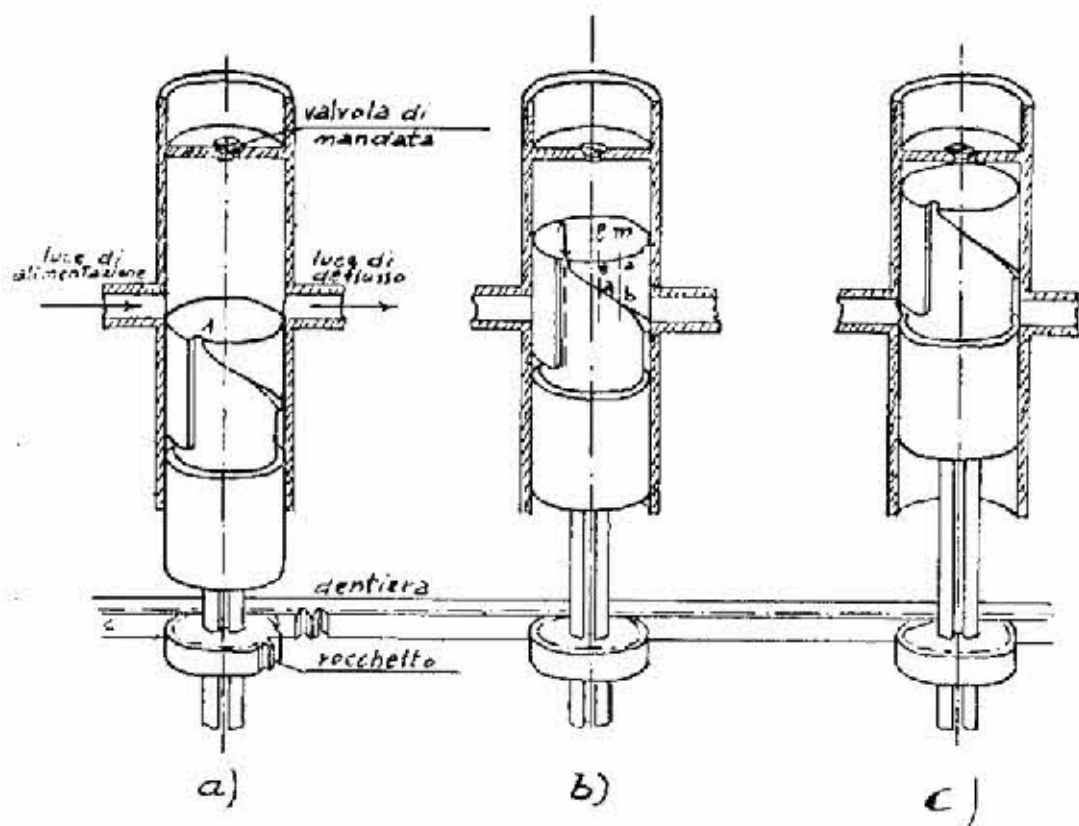


FIG. 152

Il combustibile, giunto alla luce di alimentazione, riempie il cilindretto e, passando lungo la fenditura verticale (1) del triangoletto, raggiunge la scanalatura anulare del pistoncino. Questo, nella sua corsa verso l'alto, chiude le luci del cilindretto e spinge sul combustibile imprigionato, che è costretto a passare attraverso la valvola di mandata e pervenire all'iniettore. Appena nella detta corsa la costola elicoidale del triangoletto scopre la luce di deflusso, il combustibile che ancora si trova nel cilindretto, invece di spingere contro la valvola di mandata, scorre lungo la fenditura verticale e passando per la luce di deflusso, perviene al serbatoio di raccolta.

Agendo sull'asta a cremagliera C, il pistoncino gira intorno al suo asse e variando l'altezza della costola prospiciente alla luce di deflusso, varia la quantità di combustibile spinto attraverso la valvola di mandata. La variazione di portata della pompa avviene quindi a causa della forma elicoidale della costola, che scopre la luce di deflusso dopo una corsa più o meno lunga del pistoncino. In conseguenza di quanto ora detto, discende che: si ha portata massima quando il pistoncino presenta contro la luce di deflusso la massima altezza della costola; portata minima, quando il tratto di costola che scorre contro la detta luce ha la minima altezza.

Facendo coincidere la luce di deflusso con la scanalatura verticale, il combustibile non potrà attraversare la valvola di mandata, perchè esso può più facilmente raggiungere la luce di deflusso scorrendo lungo la fenditura stessa. Questa è quindi la posizione di portata nulla.

Regolazione dell'anticipo.

Il ritardo dell'accensione e la durata della combustione creano la necessità di anticipare l'iniezione rispetto al p.m.s. e siccome essi fenomeni sono costanti nel tempo, l'anticipo dell'iniezione deve essere proporzionata al numero dei giri del motore e precisamente deve aumentare o diminuire parallelamente alla velocità del motore.

La variazione di anticipo si ottiene a mezzo di uno dei numerosi congegni che permettono spostamenti angolari tra l'albero ad eccentrici della pompa e l'albero motore.

Iniettore.

In fig. 153 è rappresentato schematicamente un iniettore tipo: il corpo (1) termina nella parte inferiore con lo spruzzatore (2). Nel corpo è ricavato un cilindro nel quale scorre, a tenuta, la spina (3) che con la sua punta chiude lo spruzzatore; la spina è sollecitata dall'azione di una molla tarata (4) che è tenuta in sede dal tappo filettato (5) dell'iniettore. Il combustibile, proveniente a pressione dalla pompa per mezzo del tubo (6), sbocca nella parte bassa del cilindretto (7), preme in tutte le direzioni e quindi anche contro la battuta della spina, spingendola verso l'alto. Quando la pressione del combustibile è tale da vincere la reazione della molla (4), la spina

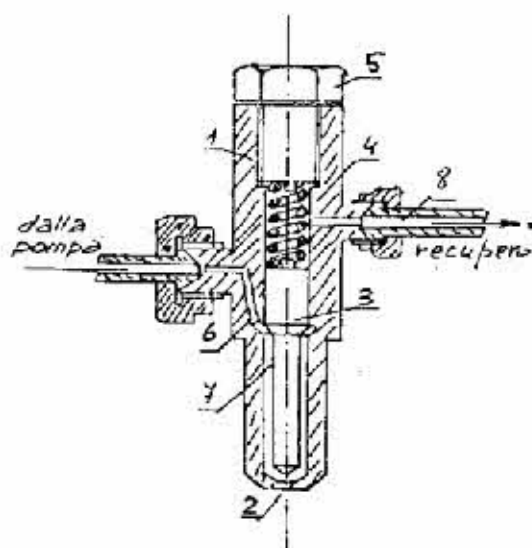


FIG. 153

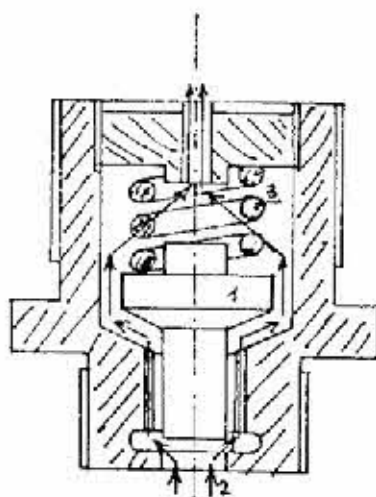


FIG. 154

si solleva ed il combustibile fuoriesce dallo spruzzatore con violenza e quindi finemente polverizzato. La piccola parte di combustibile che, sempre, trafila tra la spina e il cilindretto, viene recuperata attraverso il canale (8).

Valvola di mandata.

Questa valvola (fig. 154), situata all'uscita della pompa, ha due scopi importantissimi: il primo è quello di evitare che il combustibile, cessata la spinta dalla pompa, possa tornare indietro; il secondo è quello di evitare che la pressione sulla tubazione di collegamento tra la pompa e l'iniettore, resti elevatissima anche nell'intervallo di tempo tra una mandata e l'altra. Questo accorgimento è indispensabile se si vuole evitare lo scocciamento del combustibile nell'interno della camera di combustione.

Regolatore.

Per mantenere pressochè costante il numero di giri del motore al variare del carico, è necessario disporre di un congegno capace di variare automaticamente la quantità di combustibile da iniettare nella camera di combustione ad ogni ciclo. La fig. 155 rappresenta schematicamente un tipo di regolatore molto diffuso. La posizione

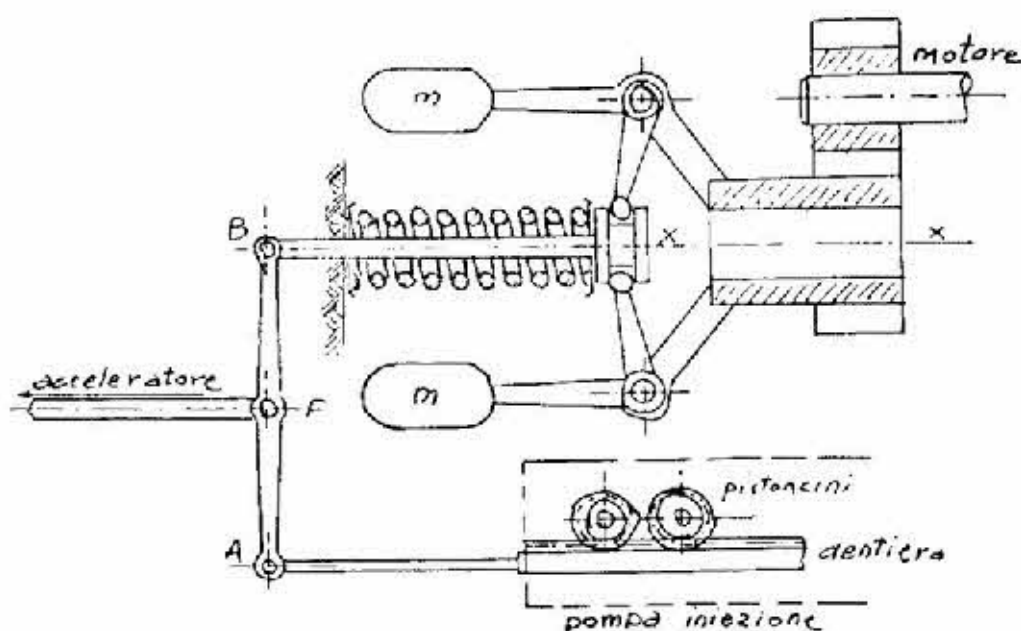


FIG. 155

dell'acceleratore a pedale fissa la posizione del fulcro F della leva AB e il corrispondente regime di giri del motore. Allorquando il motore, per una diminuzione di carico o per un maggiore afflusso di combustibile in cilindro, aumenta la sua velocità di rotazione, le masse $m m$, per forza centrifuga, si allontanano dall'asse di rotazione $X X$, spingendo verso sinistra l'estremo B della leva, che ruotando intorno al fulcro F , sposta verso destra l'estremo A , articolato con l'asta a cremagliera. Questa, col suo spostamento, fa ruotare i rocchetti fissati ai pistoncini della pompa e quindi varia l'altezza della costola che scorre sulla luce di deflusso, procurando la diminuzione della quantità di combustibile da iniettare nella camera di combustione. Quando o a causa di un sovraccarico oppure per una insufficiente iniezione il motore tende a rallentare la sua velocità di rotazione, le masse $m m$, richiamate da una molla, si avvicinano all'asse di rotazione $X X$ e l'estremo B della leva si sposta verso destra invertendo tutti gli altri movimenti e causando di conseguenza l'iniezione di una maggiore quantità di combustibile che riporta il numero di giri al giusto valore.

È evidente che agendo col piede sull'acceleratore, si sposta il fulcro F della leva AB e il regime del motore varia. Il regolatore funzionando sempre come sopra detto, provvederà a conservare costante il numero di giri relativo al nuovo regime di marcia.

Il regolatore è specialmente attivo, quando il motore marcia al minimo e impedisce che il motore ruoti con un numero di giri superiore al valore massimo consentito.

Accensione nei motori a carburazione.

L'accensione in cilindro della miscela carburata è innescata da una scintilla elettrica fatta scoccare, tra gli elettrodi di una candela, all'istante fissato.

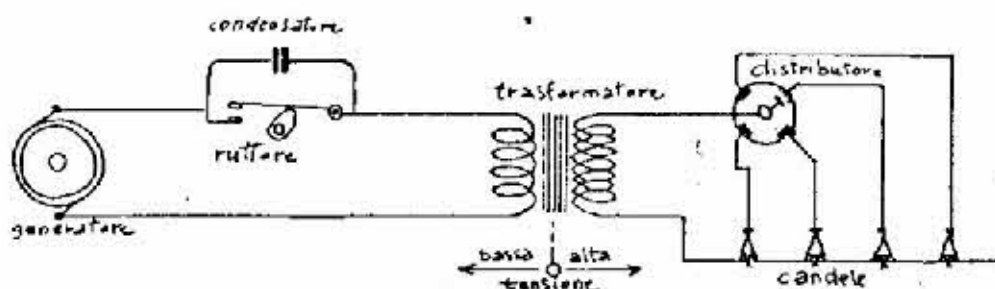


FIG. 156

Affinchè la scintilla possa forare lo strato di miscela compressa, è necessario disporre, sugli elettrodi della candela, di una elevatissima differenza di potenziale.

Il circuito di accensione (fig. 156) è composto da due circuiti elementari:

- uno a bassa tensione ($6 \div 12$ Volts) comprendente: il generatore, l'interruttore generale (chiavetta), il ruttore (puntine platinato) o interruttore del primario, l'avvolgimento primario del trasformatore e il condensatore;
- uno ad alta tensione ($12.000 \div 15.000$ Volts) comprendente: l'avvolgimento secondario del trasformatore, il distributore o spazzola rotante e le candele.

L'alta tensione necessaria all'accensione della candela, può essere ottenuta con due sistemi diversi: *a magnete* o con *batteria e spinterogeno*. Quest'ultimo sistema è quello più usato nei motori per autoveicoli.

Accensione a batteria e spinterogeno.

La fig. 157 presenta lo schema di un circuito di accensione a batteria e spinterogeno; in essa sono visibili: il generatore (batteria), il trasformatore (bobina), il ruttore (puntine platinato) e il distributore (spazzola rotante).

Il generatore è una batteria di accumulatori che si ricarica continuamente per mezzo di una dinamo, il trasformatore è rinchiuso

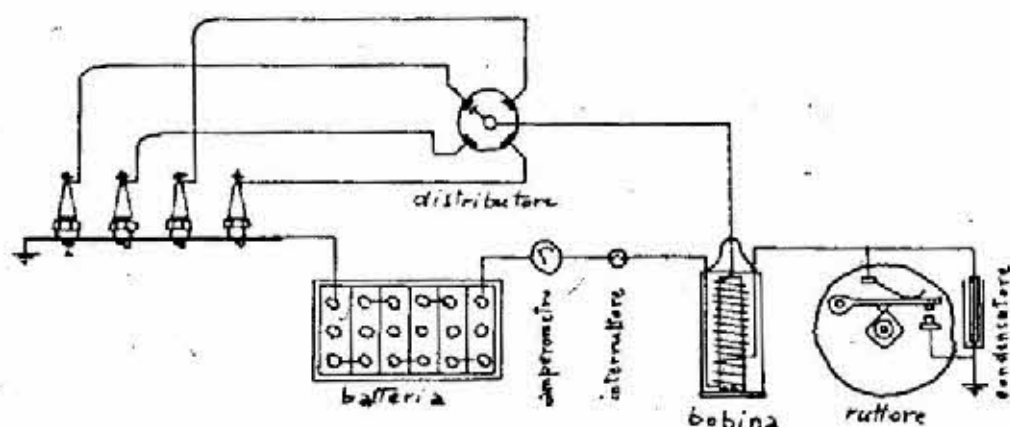


FIG. 157

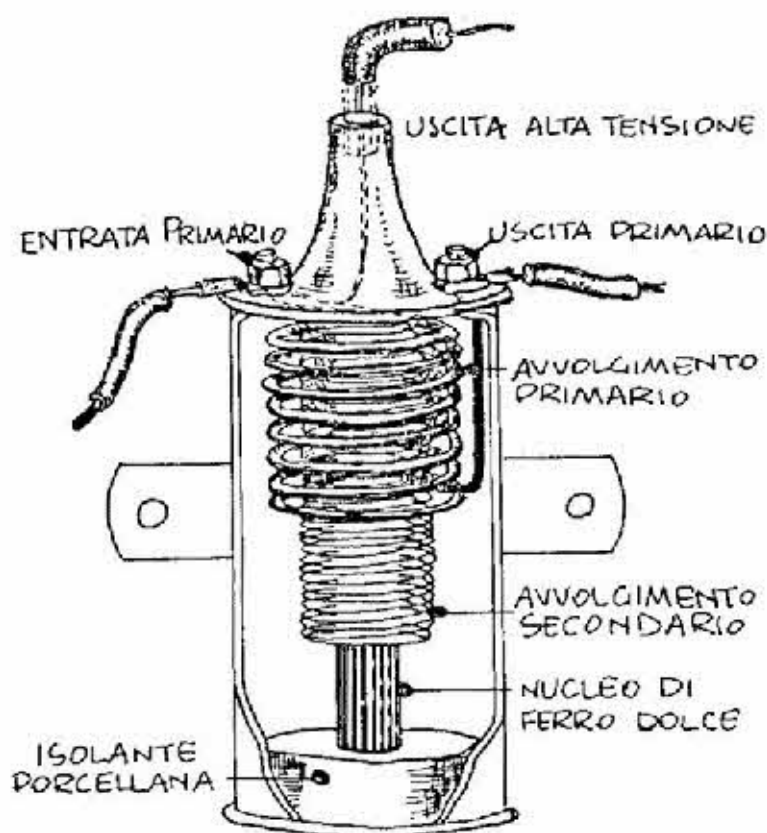


FIG. 158

nella bobina (fig. 158), il rottore e il distributore sono collocati in un unico complesso nel quale è sistemato anche il condensatore, e insieme costituiscono lo spinterogeno (fig. 159).

Nello spinterogeno ruota un albero verticale recante un eccentrico sagomato, che con i suoi naselli apre periodicamente il rottore, causando l'interruzione della corrente sul circuito primario e di conseguenza la variazione di flusso magnetico necessaria a generare, nel circuito secondario del trasformatore, la corrente ad alta tensione. Alla estremità superiore dell'albero è fissato il distributore o spazzola rotante, che raccoglie la corrente ad alta tensione dal circuito secondario e la distribuisce alle singole candele.

Le variazioni di anticipo all'accensione si ottengono ruotando tutto il corpo dello spinterogeno attorno all'albero; questa rotazione è normalmente effettuata automaticamente, sfruttando la depressione esistente nel diffusore del carburatore o l'azione di masse centrifughe disposte nella scatola dello spinterogeno.

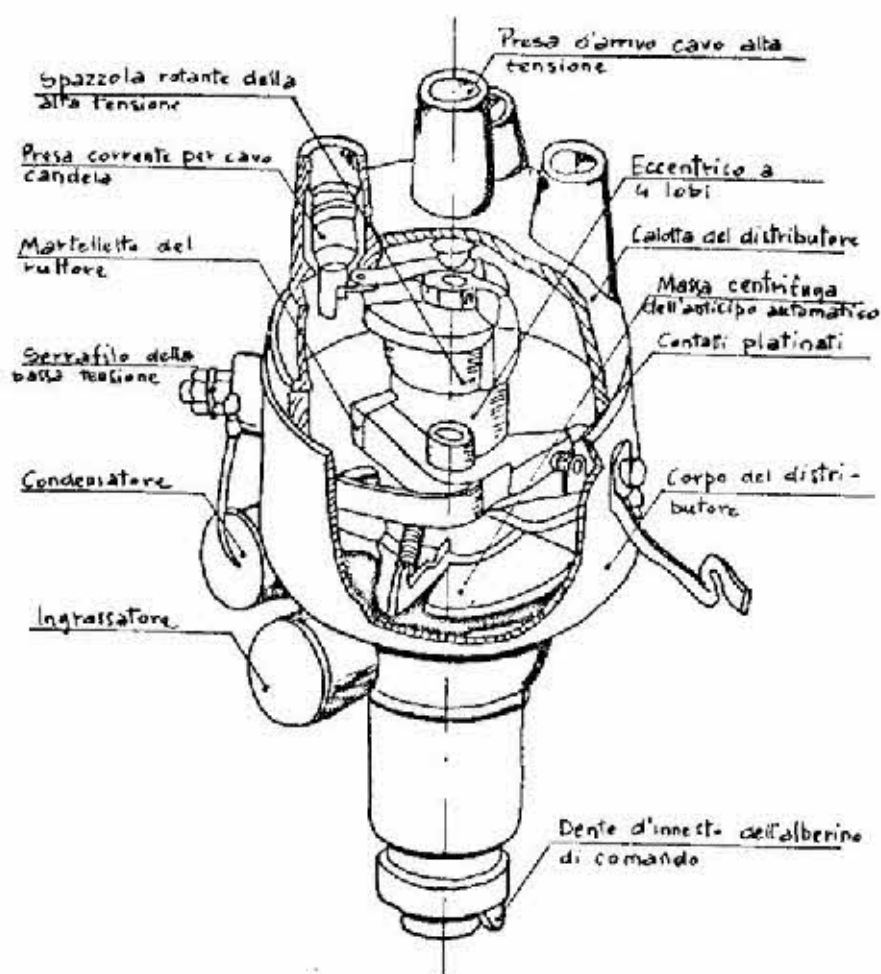


FIG. 159

La candela.

La candela ha il compito di far scoccare la scintilla nella camera di combustione; essa è costituita da (fig. 160):

- lo stelo metallico, che costituisce l'elettrodo centrale;
- il rivestimento isolante dello stelo;
- il corpo metallico esterno filettato, che costituisce il mezzo col quale la candela viene fissata alla testata;
- l'elettrodo di massa, che è fissato al corpo metallico.

In funzione alla velocità con cui smaltiscono il calore, le candele possono essere *calde* o *fredde*: le prime sono installate sui motori aventi basso regime di giri e piccolo rapporto di compressione; le fredde sono installate invece sui motori ad alto regime di giri ed elevato rapporto di compressione.

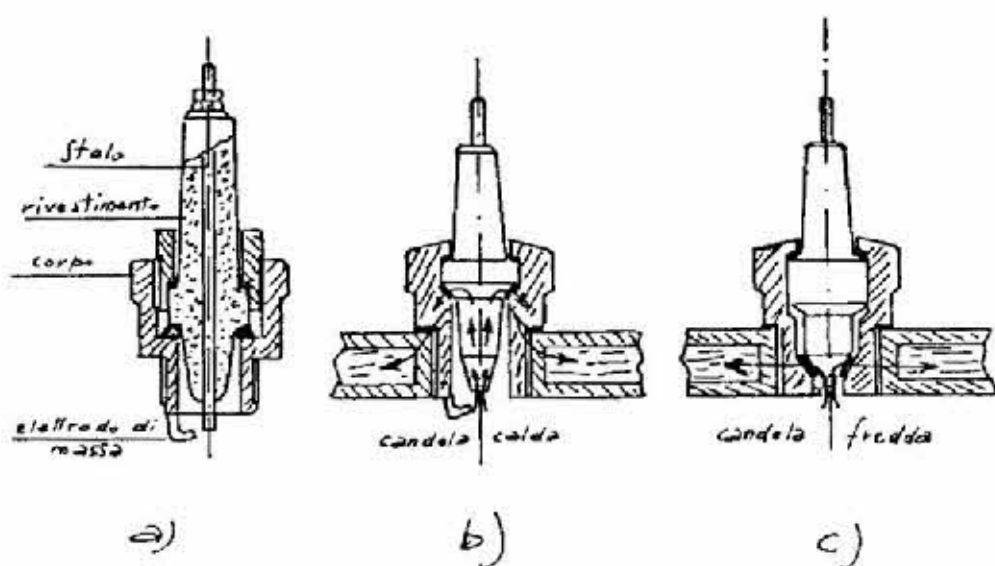


FIG. 160

La lubrificazione.

Due superfici metalliche, anche se accuratamente lavorate e levigate, se scorrono una sull'altra, producono un certo attrito che, trasformandosi in calore, può innalzare la temperatura delle parti fino a procurare, addirittura, la fusione di esse (grippaggio).

Il lubrificante ha la proprietà di inserirsi tra le superfici in contatto con un sottile velo stratificato e simile ad una superficie di velluto. Avviene quindi che le superfici non strisciano più tra di loro, bensì scorrono sullo strato vellutato dell'olio, eliminando la maggior parte dell'attrito.

La lubrificazione preserva, quindi, i metalli da surriscaldamenti pericolosi e riduce il lavoro perduto per vincere le forze d'attrito. Essa, in ultima analisi, migliora il rendimento meccanico del motore, evita l'ingrippamento, riduce l'usura dei metalli in contatto e, nel caso di lubrificazione continua, smaltisce il calore prodotto da quella esigua parte d'attrito che non è stato possibile eliminare.

I principali sistemi di lubrificazione sono:

- a sbattimento o a pescaggio;
- forzata.

Lubrificazione a sbattimento o a pescaggio.

In questo sistema di lubrificazione, l'olio contenuto nella coppa viene colpito dai bracci delle manovelle e dalle teste delle bielle e proiettato in tutte le direzioni. Gli spruzzi d'olio lubrificano diret-

tamente le pareti dei cilindri e tutti gli organi ruotanti nel basamento; indirettamente, mediante appositi canali, che raccolgono e convogliano l'olio che scorre dagli organi investiti dagli spruzzi, lo spinotto, i perni di banco, i supporti e i cuscinetti dell'albero della distribuzione, ecc.

Lubrificazione forzata.

L'olio, contenuto sempre nella coppa, viene aspirato da una pompetta ad ingranaggi (fig. 161) e inviato, sotto la pressione di $2 \div 3$ atm, e attraverso appositi canali, a tutti gli organi che devono essere lubrificati. L'albero a gomiti è forato per tutta la sua lunghezza (fig. 162) e presenta, sui perni di manovella, fori di uscita.

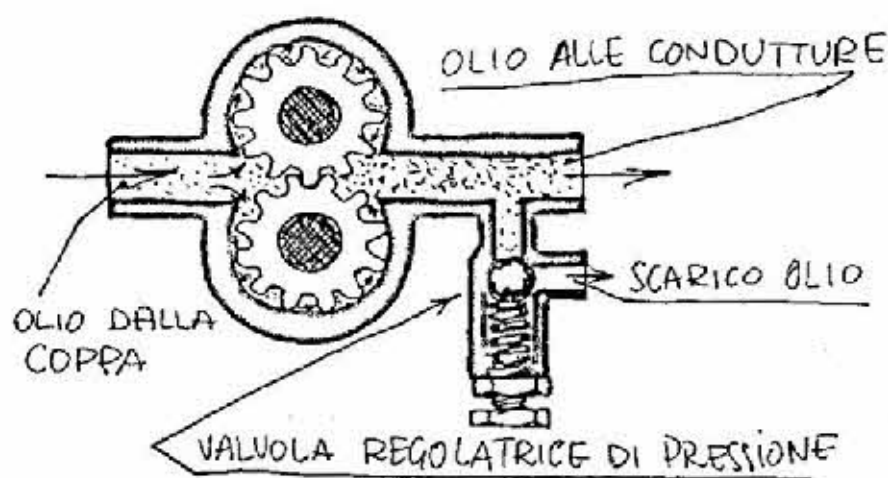


FIG. 161

L'olio, in pressione, seguendo i canaletti, raggiunge i cuscinetti delle bielle, li lubrifica e fuoriesce lateralmente e, centrifugato a causa della velocità di rotazione dell'albero a gomiti, viene proiettato contro le pareti del cilindro, contro lo spinotto, ecc., e quindi ricade nella coppa, dove si raffredda e si raccoglie per essere nuovamente aspirato dalla pompa. Lubrificati con olio in pressione sono anche l'albero degli eccentrici e quello dei bilancieri.

La pompa è corredata di una valvola regolatrice (fig. 163) che, allorché la pressione dell'olio tende a superare il valore consentito, si apre automaticamente scaricando nella coppa l'olio in eccesso.

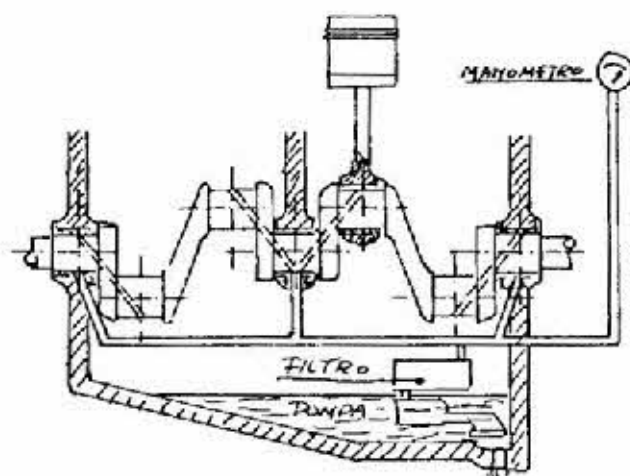


FIG. 162

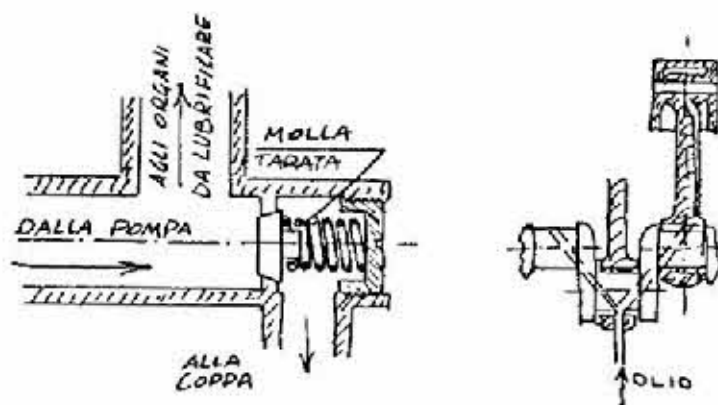


FIG. 163

Raffreddamento.

Analizzando il bilancio termico del motore, si è constatato che una parte (25÷30%) del calore prodotto dalla combustione in cilindro, non si trasforma in energia meccanica, ma si trasferisce, sempre sotto forma di calore, sugli organi meccanici del motore. Affinchè l'accumulo di questo calore non comprometta, con pericolosi surriscaldamenti, le caratteristiche meccaniche di essi, i motori sono opportunamente raffreddati.

I fluidi più comunemente usati per il raffreddamento sono: l'acqua e l'aria.

Raffreddamento ad acqua.

In questo sistema, l'acqua entra dalla parte più bassa dell'intercapedine formata dalla superficie esterna dei cilindri e dalla parete del monoblocco ed esce dalla parte alta della testata, segue cioè un percorso concorde al movimento convettivo dovuto alla differenza di peso specifico tra l'acqua già riscaldata e quella fredda che entra, proveniente dal radiatore (circolazione a termosifone). Questo senso concorde fa in modo che, in ogni punto del percorso, tra l'acqua e le superfici da raffreddare, esista sempre una differenza di temperatura tale da permettere un efficace smaltimento del calore. Nel suo cammino l'acqua assorbe sempre calore, giacchè entrando fredda, incontra subito la base del cilindro che non raggiunge mai alte temperature, sia perchè i gas combusti vi sostano per brevissimo tempo, sia perchè essi la raggiungono a temperatura ormai piuttosto modesta, mentre verso l'uscita, benchè già abbastanza calda, l'acqua raggiunge le pareti della camera di combustione, la zona cioè costantemente sottoposta al maggiore tormento termico.

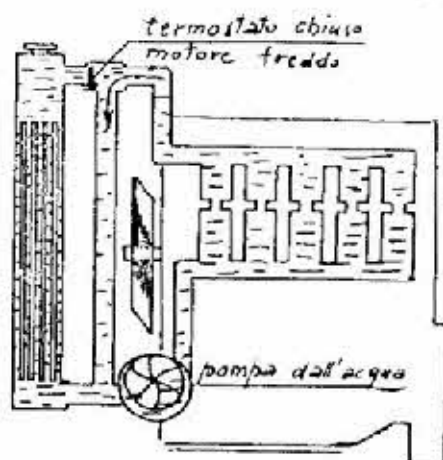


FIG. 164

La circolazione dell'acqua può essere attivata da una pompa (circolazione forzata) che riceve l'acqua dal radiatore e la spinge nella parte bassa del motore (fig. 164).

Il radiatore è l'organo che provvede al raffreddamento dell'acqua ed è costituito da un gran numero di tubicini muniti di alette per aumentare il più possibile l'estensione della superficie di raffreddamento, oppure da una specie di caldaia piatta a tubi esagonali (radiatore a nido d'api) attraversata da una corrente d'aria, richiamata da un ventilatore.

Il motore raggiunge i più alti rendimenti quando marcia alla *temperatura di regime*, che generalmente oscilla tra i 70° e gli 80°C. È evidente che questa temperatura deve essere raggiunta nel più breve tempo possibile, in caso di avviamento del motore e mantenuta costante anche in caso di condizioni atmosferiche avverse. Per questo scopo l'impianto è corredato di un termostato (fig. 165) che agisce automaticamente deviando il percorso dell'acqua in modo da escludere il radiatore. Lo stesso effetto si può ottenere, parzializzando con una tendina il flusso d'aria che attraversa il radiatore.

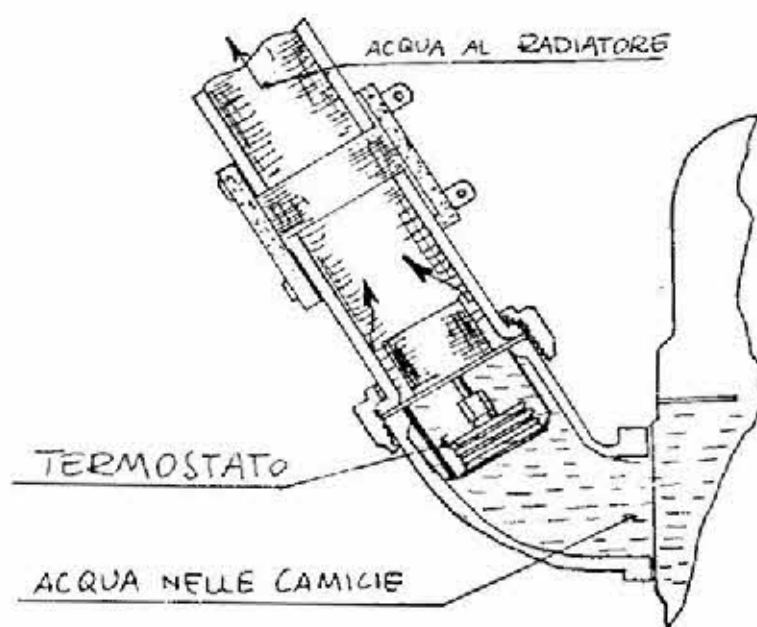


FIG. 165

Raffreddamento ad aria.

Il calore assorbito dalle pareti del cilindro durante la fase di combustione, può essere smaltito per cessione diretta all'aria atmosferica. È intuitivo che, per accelerare il raffreddamento, è indispensabile aumentare al massimo l'estensione della superficie di contatto tra l'aria e gli organi da raffreddare ed è per questo scopo che gli organi più caldi quali la testata e il cilindro sono muniti di alette.

Il raffreddamento ad aria è sfruttato specialmente da quei motori che per la loro destinazione (motocicli, aerei, ecc.) hanno la possibilità di essere investiti direttamente dall'aria.

L'installazione dei motori raffreddati ad aria sugli autoveicoli è ancora piuttosto sporadica, infatti al grande vantaggio della eliminazione dell'acqua e dei suoi inconvenienti, fa riscontro la necessità dell'installazione di un ventilatore a grande portata di aria, di flabelli mobili e di un labirinto di condotti (fig. 166).

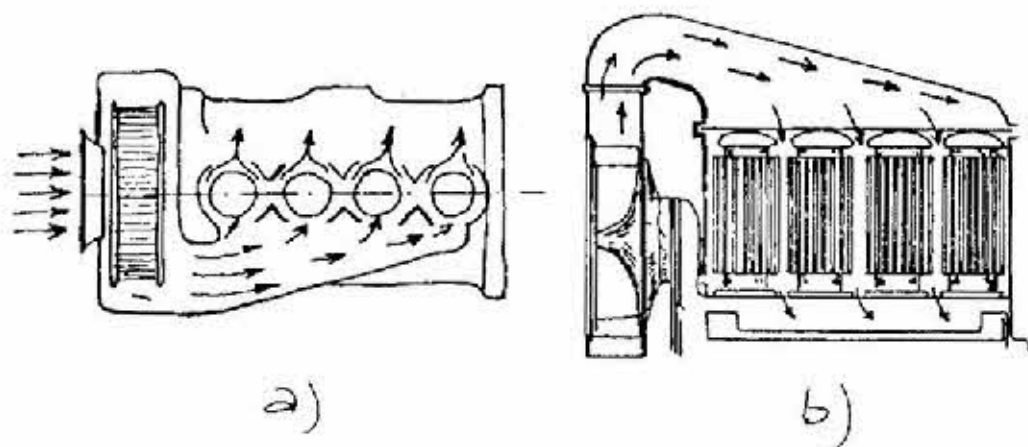


FIG. 166

POMPE IDRAULICHE

DEFINIZIONE E SCHEMA FONDAMENTALE

Fra le macchine idrauliche, la pompa è indubbiamente la più comune e, considerate le sue svariate applicazioni, la più importante.

Essa serve a fornire ad un fluido, liquido o gassoso, dell'energia in forma di pressione e di velocità, ed è perciò adatta a spingere il fluido stesso in un tubo o comunque in una determinata direzione.

Il tipo di pompa più semplice è quello schematicamente rappresentato dal cilindro e dallo stantuffo nella figura 167.

L'acqua, attraverso al tubo di comunicazione, affluisce dal serbatoio alla parte inferiore del cilindro e tende naturalmente a riempirlo, essendo il cilindro ad un livello inferiore a quello dell'acqua nel serbatoio.

Quando lo stantuffo, azionato da apposito motore, discende, comprime tutta l'acqua esistente nella sottostante parte del cilindro, generando in essa, per il principio di Pascal, una pressione che spingerà l'acqua verso l'esterno.

E con ciò realizzato il principio fondamentale della pompa, espresso nella definizione.

Se al bocchello di uscita A, viene collegato un tubo rigido o flessibile, l'acqua verrà sospinta lungo il tubo stesso.

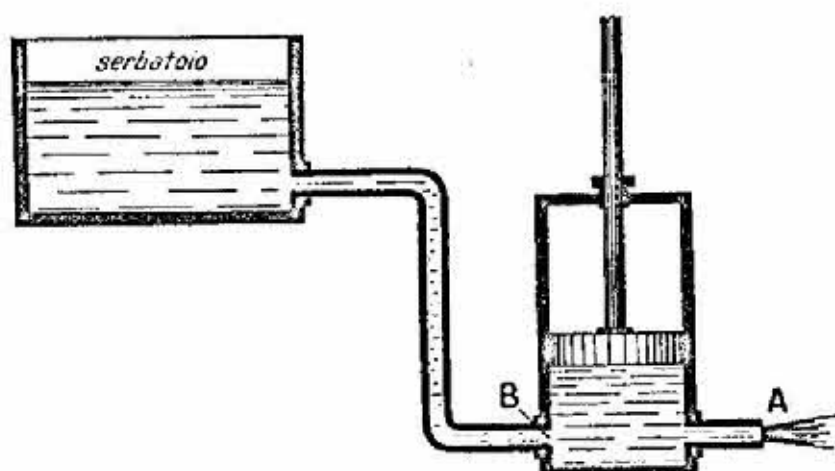


FIG. 167

POMPE A STANTUFFO PREMENTI A SEMPLICE EFFETTO

La pompa schematicamente rappresentata in figura, è del tipo a *stantuffo*, perchè in essa, come in tutte le pompe di questo tipo, l'acqua viene compressa dal movimento rettilineo alternativo di un corpo cilindrico che chiamasi *stantuffo*. Bisogna aggiungere che la pompa così come è raffigurata, non può fornire un proficuo lavoro, e ciò soprattutto per l'inconveniente, ben visibile, della mancanza di chiusura ai due orifici A e B del cilindro.

Mancando le chiusure accennate, avviene che l'acqua esce dall'orificio A anche durante la fase di riempimento del cilindro; e parimenti, durante la discesa dello stantuffo, l'acqua, oltrechè dall'orificio A, esce in parte anche da quello segnato con B e rientra nel serbatoio. Provvedendo invece i due orifici di una valvola di chiusura che funzioni al momento giusto, l'inconveniente verrà eliminato e la pompa sensibilmente migliorata.

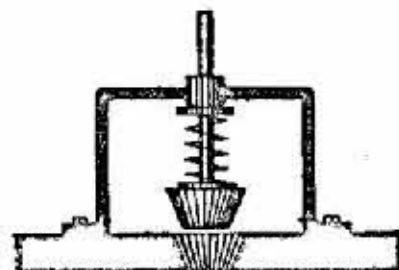
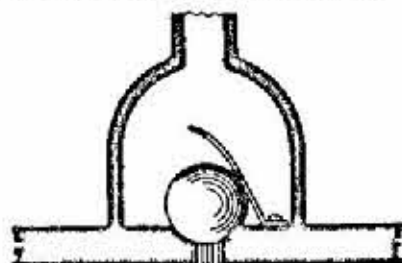


FIG. 168

Caratteristica fondamentale di una *valvola*, è quella di consentire, senza soverchio sforzo, l'apertura del foro sul quale viene applicata, in una sola e determinata direzione.

Le valvole vengono principalmente realizzate con uno dei tre sistemi seguenti:

1) con un disco metallico, superiormente cernierato, che per il suo peso, tende a chiudere l'apertura;

2) con un disco conico, metallico, oppure di gomma o di altra sostanza, che viene compresso contro il foro da una molla a spirale;

3) da una pallina di metallo o di altra sostanza che, essendo appoggiata su una superficie metallica inclinata, tende a portarsi verso il foro ed a chiuderlo.

Nella tecnica costruttiva esse trovano, a seconda delle circostanze e dell'uso cui sono destinate, forme e dimensioni svariatissime. Nei tre tipi, schematicamente illustrati, l'apertura della valvola è comandata dallo stesso liquido che preme contro di essa. Cessata la pressione, il peso della valvola nel primo caso, la molla a spirale nel secondo ed il peso della pallina nel terzo caso, ristabiliscono la chiusura.

Appare inoltre dagli schemi che una pressione esercitata da destra verso sinistra, e cioè in senso contrario a quello di apertura della valvola, non potrebbe che determinare un serraggio più energico della valvola stessa.

Disponendo pertanto una di tali valvole, sulla superficie interna del cilindro, in corrispondenza all'imboccatura dell'orificio A di uscita dell'acqua, otterremo che, nella fase di abbassamento dello stantuffo, si chiuderà la valvola in B, impedendo il ritorno dell'acqua nel serbatoio, e viceversa, quando lo stantuffo si innalza, si chiuderà la valvola in A, impedendo l'uscita dell'acqua dall'orificio, mentre la valvola in B, spinta dalla pressione esterna dell'acqua, oltrechè dal vuoto creatosi nell'interno, si aprirà, permettendo l'entrata dell'acqua stessa nel corpo cilindrico della pompa.

Il tipo di pompa a stantuffo considerato, dicesi *premente a semplice effetto*, perchè in esso, sempre e soltanto una faccia dello stantuffo viene a contatto con l'acqua e la comprime.

POMPE A STANTUFFO PREMENTI A DOPPIO EFFETTO

La pompa premente a doppio effetto è di facile comprensione e realizzazione; basta far lavorare lo stantuffo su entrambe le faccie, per modo che, mentre la faccia inferiore esercita, durante la discesa dello stantuffo, una compressione sull'acqua sottostante, la parte superiore del cilindro si riempra, così che lo stantuffo, nella fase di salita, venga costretto nuovamente a comprimere l'acqua colla sua faccia superiore.

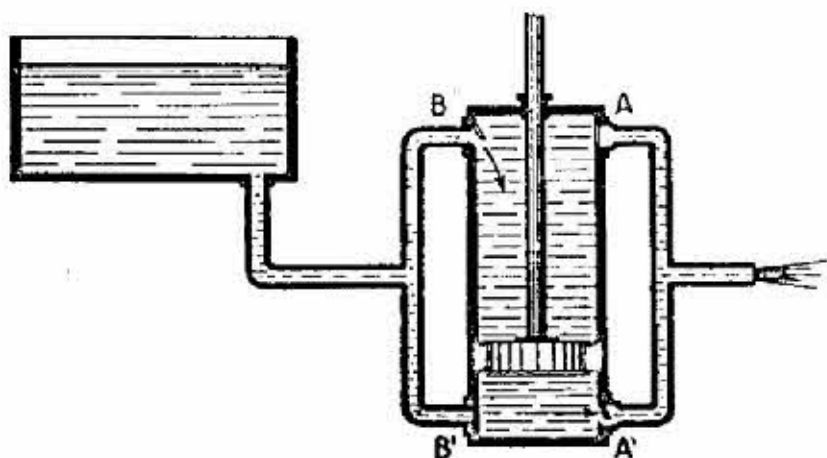


FIG. 169

La figura 169 rappresenta schematicamente l'applicazione di questo principio.

Essa raffigura lo stantuffo in fase di abbassamento, e perciò le valvole in B ed in A' risultano aperte, perchè l'acqua richiamata dallo stantuffo, entra da B, e quella sospinta, esce da A', mentre viceversa le due valvole in B' ed in A vengono premute dall'acqua contro la loro sede in posizione di chiusura.

Il contrario avverrà nella fase ascendente dello stantuffo.

Un evidente vantaggio di questo sistema è quello di assicurare un deflusso continuativo, perchè, appena si interrompe l'uscita dell'acqua da A', ha inizio l'uscita di essa da A.

Nella pompa a semplice effetto invece, l'uscita dell'acqua ha luogo ad intermittenza, e soltanto quando lo stantuffo discende e comprime l'acqua.

Solitamente però, nella pratica, si preferisce realizzare la continuità del getto, anzichè con una pompa a doppio effetto, con una a semplice effetto, ma a due cilindri, disposti in modo che, quando nell'uno lo stantuffo discende, nell'altro salga.

La costruzione delle pompe a mano si uniforma generalmente a questo principio, che è chiarito e schematicamente illustrato dalla figura 171.

POMPE A STANTUFFO ASPIRANTI E PREMENTI

Le pompe a stantuffo presentano l'importante caratteristica di poter attingere l'acqua non solo da un serbatoio posto ad un livello superiore a quello della pompa ma anche da un serbatoio situato inferiormente ad essa.

Supponiamo infatti di abbassare il serbatoio rappresentato nella fig. 169 al di sotto del fondo del cilindro; il cilindro stesso ed i due tubi che lo uniscono al serbatoio saranno perciò normalmente vuoti.

Suppongasi ora di dare inizio al funzionamento della pompa innalzando lo stantuffo.

Mediante tale movimento, nello spazio sottostante allo stantuffo tende a formarsi il vuoto, ma ciò in effetti non avviene, dato che, mentre la valvola in A' si chiude, la valvola in B' viceversa si apre, perchè l'aria contenuta nel tubo che conduce al serbatoio entra nel cilindro per occupare lo spazio vuoto formato dallo stantuffo col suo movimento di salita.

Mentre l'aria affluisce nel cilindro, il suo posto nel tubo che conduce al serbatoio viene occupato dall'acqua, che perciò sale gradatamente dal serbatoio nei tubi di alimentazione, fino a raggiungere il cilindro.

L'acqua aspirata nel cilindro viene poi compressa dallo stantuffo nella sua corsa discendente ed il funzionamento della pompa è così assicurato, e prosegue regolarmente nel modo già descritto.

Concludiamo pertanto osservando che: all'inizio la pompa funziona ad aria, la quale viene alternativamente aspirata e compressa, mentre in seguito, ottenuto l'adescamento e cioè l'entrata dell'acqua nel corpo di pompa, essa prosegue il suo funzionamento aspirando e comprimendo dell'acqua.

La generalità delle pompe presenta la possibilità sia di aspirare che di comprimere l'acqua; a ciò devono appunto il loro nome di pompe *aspiranti* e *prementi*.

Di passaggio, accenniamo al fatto che la tecnica offre anche dei tipi di pompa solo *prementi*, che perciò devono essere almeno parzialmente immerse nell'acqua, oppure alimentate con acqua in pressione, diversamente l'acqua non avrebbe modo di giungere al cilindro.

Si hanno inoltre anche pompe solo *aspiranti*, dette anche *surbe*, che, non essendo idonee a comprimere l'acqua, si limitano a versarla esternamente, al livello stesso della pompa.

Le pompe aspiranti trovano talvolta impiego nel prosciugamento dei vani sotterranei allagati.

CONSIDERAZIONI SUL FENOMENO DELL'ASPIRAZIONE

Il fenomeno dell'*aspirazione* nelle pompe è facilmente comprensibile ove si abbiano presenti i concetti già espressi nei riguardi della pressione atmosferica.

Esso è in tutto simile a quello che si produce in una normale siringa da iniezioni, quando, allo scopo di estrarre il liquido dalla fiala, si innalza il piccolo stantuffo nell'interno del cilindretto di vetro. Avviene allora che il liquido premuto nell'interno della fiala

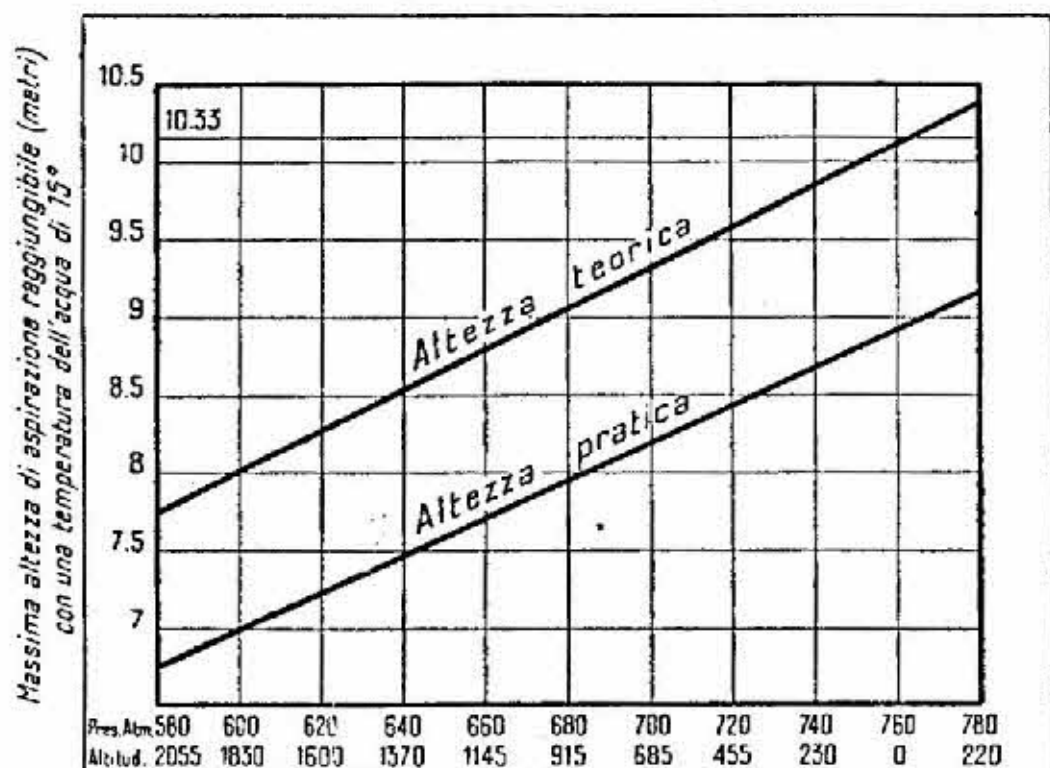
dalla pressione atmosferica sale nell'ago, perchè al di sotto del piccolo stantuffo non esiste pressione, dato che esso salendo tende a formare il vuoto nello spazio sottostante.

La teoria insegna che, se lo stantuffo fosse a perfetta tenuta, l'acqua salirebbe nel tubetto fino all'altezza di ml 10,33. Un'ulteriore salita dello stantuffo non sarebbe seguita dalla colonna idrica e pertanto creerebbe sotto di sè uno spazio perfettamente vuoto d'aria.

L'aspirazione dell'inchiostro stilografico con le comuni pompe di gomma e quella delle bibite con le cannule di paglia, sono altrettanti esempi pratici di innalzamento di liquidi mediante l'aspirazione.

Come in altra parte è stato detto, l'altezza d'aspirazione di ml 10,33, con le normali pompe, non è praticamente realizzabile, perchè lo stantuffo, o gli stantuffi, in moto nel corpo di pompa, non avendo una perfetta tenuta, non consentono la formazione del vuoto assoluto.

Aggiungasi che anche il corpo della pompa, i tubi di aspirazione e particolarmente le guinzioni di essi, frequentemente offrono all'aria la possibilità di filtrare all'interno, diminuendo con ciò l'altezza di aspirazione praticamente realizzabile.



Pressione atmosferica a 0 gradi, espressa in mm. di mercurio e corrispondente altitudine della località sul livello del mare.

DIAGRAMMA III

L'esperienza insegna che, con una buona pompa d'incendio e con accurate giunzioni dei tubi aspiranti, può ottenersi l'aspirazione fino ad una profondità massima di circa 9 metri.

Anche l'altitudine sul livello del mare della località ove la pompa funziona, è causa di sensibili diminuzioni nelle altezze massime di aspirazione sopra accennate. Tali diminuzioni sono una logica conseguenza del fatto, già rivelato, che la pressione atmosferica gradatamente diminuisce col crescere dell'altitudine.

Il diagramma III, sopra riportato, esprime il rapporto esistente fra l'altezza massima di aspirazione e l'altezza sul livello del mare del luogo dove la pompa è posta a funzionare.

Per la pratica consultazione del diagramma, basta individuare i due punti d'incontro della linea verticale innalzata in corrispondenza all'altitudine della pompa con le due linee teorica e pratica dell'aspirazione, e leggere sulla scala di sinistra (asse delle ordinate), in corrispondenza ai due punti, posti alla medesima altezza di quelli individuati, i valori delle aspirazioni massime, teorica e pratica, corrispondenti all'altitudine considerata.

Al livello del mare ad esempio (quota zero) corrisponde sul diagramma una massima aspirazione teorica di ml 10,33 ed una pratica di ml 8,9, mentre alla quota di ml 915 corrispondono rispettivamente l'aspirazione teorica di ml 9,20 e quella pratica di ml 7,95.

Il diagramma è stato tracciato per acqua dolce di densità normale e ad una temperatura di 15°, perchè una diversa temperatura, data la tensione del vapor d'acqua nel tubo di aspirazione, influirebbe sull'altezza massima raggiungibile. Anche il calore dell'aria influisce sulla pressione atmosferica, inquantochè l'aria riscaldata, essendo più leggera, produce naturalmente una pressione minore.

CAMERA D'ARIA

In corrispondenza all'uscita della tubazione premente da una pompa a stantuffo, viene generalmente disposto un serbatoio metallico vuoto, detto camera d'aria, che funziona da cuscinetto elastico, nel modo in seguito descritto.

Quando l'acqua viene compressa dalla pompa, essa entra nel serbatoio e si innalza, comprimendo a sua volta l'aria imprigionata nella parte superiore del serbatoio stesso.

Nell'interno del serbatoio si stabilisce perciò in ogni momento un equilibrio fra la pressione dell'acqua e quella dell'aria.

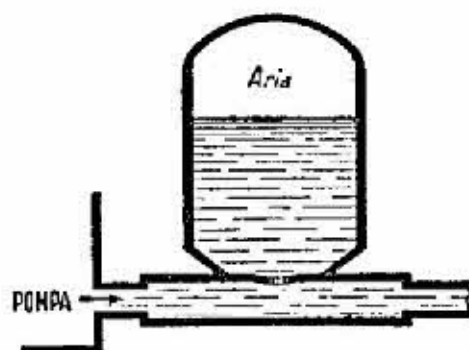


FIG. 170

Se in un dato istante la pressione dell'acqua cresce, l'acqua nel serbatoio salirà, comprimendo l'aria di tanto che basti a farne crescere la pressione fino ad uguagliare la propria.

Il contrario succederà, se diminuisce la pressione dell'acqua. Ciò dipende dal fatto che, mentre l'acqua è un fluido incompressibile, l'aria al contrario si comprime facilmente, e, data la sua elasticità, appena la pressione diminuisce tende a riprendere il suo volume primitivo. Essa si comporta nel serbatoio allo stesso modo con cui si comporterebbe un cuscinetto elastico od una molla.

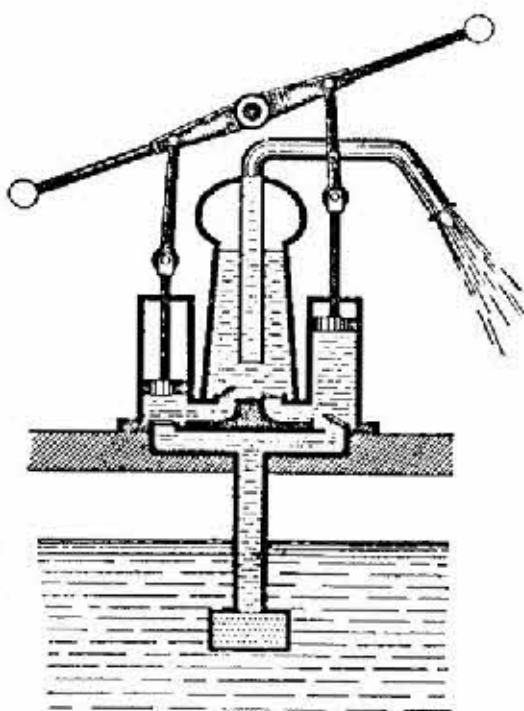


FIG. 171

Tale comportamento è assai utile per la salvaguardia delle pompe a stantuffo e dei tubi, perchè, verificandosi la brusca chiusura di un rubinetto o di una lancia, preserva i tubi ed il corpo di pompa dall'inevitabile sovrappressione dovuta all'acqua cui viene improvvisamente preclusa la via d'uscita.

Tale fenomeno prende, nella tecnica, il nome di *colpo di ariete*. Esso presenta praticamente effetti anche più dannosi se, continuando il funzionamento della pompa, l'acqua riceve compressione anche dagli stantuffi in moto.

Se l'acqua fosse invece compressibile, non vi sarebbe ovviamente bisogno di applicare alle pompe a stantuffo la camera d'aria.

Nelle pompe centrifughe, di cui si dirà in seguito, non occorre far luogo all'applicazione della camera d'aria, perchè in esse, una eventuale sovrappressione, trova modo di scaricarsi attraverso alla girante della pompa.

La camera d'aria giova anche ad assicurare alle pompe a stantuffo una maggior regolarità nel deflusso dell'acqua, perchè modera colla sua elasticità le variazioni di velocità e di portata che dalla pressione dipendono.

Nella figura 171 è rappresentata una pompa a mano del tipo a stantuffo, a due cilindri, con funzionamento aspirante e premente a semplice effetto. La camera di aria è, in questo tipo di pompa,

realizzata nel corpo stesso della pompa, in corrispondenza alla parte superiore del corpo di pompa centrale. Il tubo visibile al centro rappresenta l'imbocco del condotto premente. Esso scende nel corpo di pompa, la cui parte superiore chiusa forma camera d'aria. Pertanto il livello dell'acqua in essa rispettivamente salirà o scenderà col crescere o col diminuire della pressione dell'acqua all'uscita dalla pompa. Il tubo di aspirazione è provvisto in basso di un filtro per trattenere le impurità ed i detriti eventualmente contenuti nell'acqua.

P O M P E C E N T R I F U G H E

CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE

Le *pompe centrifughe* sono basate sulla forza centrifuga cui sono soggetti i corpi, costretti a girare intorno ad un punto centrale. Questa forza chiamasi *centrifuga*, perchè tende ad allontanare il corpo in moto dal perno di rotazione. Asserisce un principio fondamentale della dinamica che un corpo in moto, ove non intervengano forze esterne, tende a conservare un movimento rettilineo ed uniforme. Si può quindi dedurre che, ogniqualevolta un corpo in moto descrive una curva, deve essere intervenuta una forza esterna a disturbare ed a modificare il suo movimento.

Quando ad esempio un autista vuol percorrere con l'automobile una curva, deve per mezzo del volante orientare le ruote anteriori della macchina, in modo da costringere la macchina stessa a modificare la direzione o traiettoria del suo movimento.

Egli deve tuttavia porre attenzione che la velocità dell'automobile non sia troppo forte e la curva troppo brusca, perchè in tali casi, nonostante l'attrito delle ruote sul fondo stradale, la forza centrifuga, tendendo a conservare il movimento rettilineo della macchina, potrebbe spingerla fuori dalla strada.

Allo stesso modo, se noi prendiamo un corpo pesante, quale ad esempio un pezzo di tubo metallico e, legatolo con una funicella, lo facciamo ruotare rapidamente con una mano, la funicella in breve verrà tesa per effetto della tensione ad essa trasmessa dal corpo pesante, che, sospinto dalla forza centrifuga, tende ad allontanarsi dal perno di rotazione.

Se nel pezzo di tubo, quando è fermo, che si suppone chiuso alle estremità da due dischi metallici forati, viene introdotta dell'acqua fino a completo riempimento, l'acqua stessa tenderà naturalmente ad uscire da entrambi i fori.

Ciò però non avviene quando il tubo incomincia a ruotare, perchè in tal caso si osserva che l'acqua cessa di uscire dal foro

rivolto verso la mano, ed esce invece dall'altro esterno, con energia tanto maggiore quanto maggiore è la velocità di rotazione.

Riflettendo alle precedenti osservazioni, non è difficile rendersi ragione del particolare comportamento dell'acqua. Basta pensare che anche l'acqua è un corpo pesante e perciò soggetto alla forza centrifuga, e che, mentre il tubo non può, senza rottura della funicella allontanarsi dal centro di rotazione, l'acqua invece, per effetto della forza anzidetta, sfugge dal cilindro attraverso al forellino esterno.

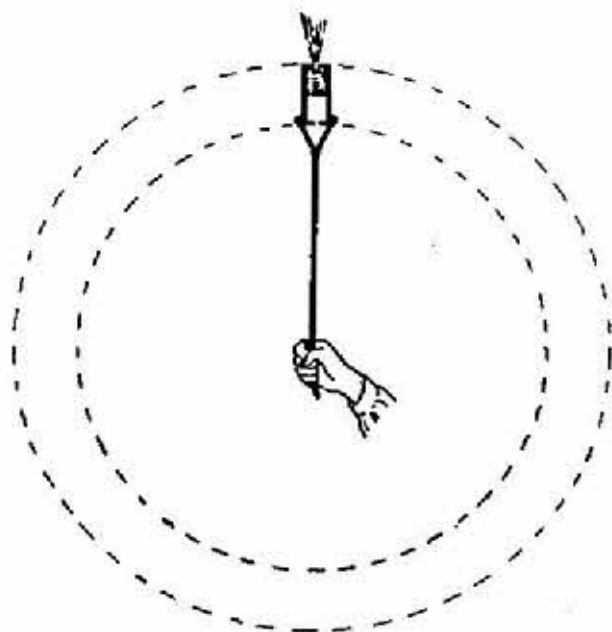


FIG. 172

Supponiamo ora di sostituire alla funicella un tubetto flessibile, attraverso a cui l'acqua possa defluire costantemente verso il cilindro per occupare il posto di quella proiettata in fuori, e colleghiamo al foro esterno un piccolo pezzo di tubo flessibile provvisto all'estremità di un minuscolo orificio: avremo schematicamente riprodotto una pompa centrifuga regolarmente funzionante e provvista di tubo e di orificio di efflusso.

L'acqua uscendo all'esterno, sospinta dalla forza centrifuga, lascerà del vuoto dietro a sè nel cilindro e richiamerà pertanto, o per meglio dire aspirerà, dell'altra acqua attraverso al tubo flessibile di aspirazione.

Questa elementare pompa centrifuga non potrebbe naturalmente rispondere alle esigenze pratiche d'uso. Costruttivamente le pompe centrifughe vengono realizzate per mezzo di una o più ruote,

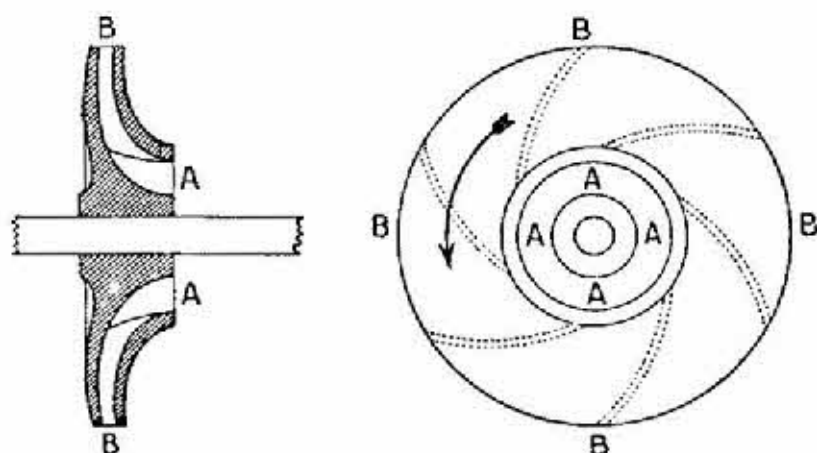


FIG. 173

dette *giranti*, le quali sono composte da due dischi metallici diversamente conformati, a seconda della portata e della pressione della pompa, e fra loro internamente collegati a mezzo di alette disposte a spirale.

La fig. 173 rappresenta una di tali giranti; l'acqua entra in essa attraverso allo spazio circolare segnato con A, vicino al centro di rotazione, e, violentemente premuta verso la periferia B dalla forza centrifuga, passa attraverso allo spazio racchiuso fra i due dischi metallici, guidata dalle alette a spirale indicate dalla punteggiata, ed esce dall'apertura segnata con B. Appena oltre l'uscita dalla girante, l'acqua entra generalmente in un anello circolare fisso, detto *diffusore*, che è provvisto di alette disposte in senso inverso rispetto a quello della girante. Nel diffusore l'acqua, disponendo di uno spazio maggiore, si diffonde e perciò rallenta la sua velocità e — per la legge fondamentale, più volte citata, della conservazione dell'energia — aumenta la sua pressione. L'acqua infine, a pressione elevata, esce dalla pompa attraverso alle aperture delle bocche di mandata, cui vengono collegati i tubi flessibili di canapa. Al tempo stesso in cui l'acqua viene centrifugata, si forma una depressione al centro della girante, ove sbocca il tubo di aspirazione; tale depressione richiama altro liquido, sicchè una nuova massa d'acqua sale lungo il tubo di aspirazione e giunge alla girante, dove subisce la stessa evoluzione di quella che l'ha preceduta.

Merita di essere rilevato che l'acqua, con il flusso accennato dal centro alla periferia della girante, acquista velocità e pressione assorbendo l'energia fornita dalla girante, la quale a sua volta è azionata da un motore. Più semplicemente si può dire che la *girante trasforma una energia meccanica in una energia cinetica*.

DESCRIZIONE SOMMARIA DI UNA POMPA CENTRIFUGA DA INCENDIO

Le pompe centrifughe da incendio sono pompe centrifughe a *reazione*; in esse la trasformazione dell'energia cinetica in energia di pressione avviene già in parte nella girante e per questo i condotti compresi tra le palette della girante hanno sezione gradatamente crescente. In sostanza, nelle pompe a reazione, la pressione dell'acqua all'uscita della girante è maggiore di quella posseduta all'entrata. La rimanente parte di energia cinetica viene trasformata in energia di pressione nel diffusore.

Le pompe sono costituite da:

- alberi;
- giranti;
- diffusori palettati;
- diaframmi;
- corpi di pompa;
- tenute.

Alberi: servono a trasmettere il moto alle giranti, sono di acciaio inossidabile, devono resistere con tutta sicurezza alle sollecitazioni cui sono soggetti e devono essere rigidi. Essi generalmente sono muniti di chiavette per il fissaggio delle giranti e sono sopportati da cuscinetti a rotolamento in bagno d'olio.

Giranti: sono costruite in bronzo e costituite da due dischi, distanziati da nervature interne e leggermente convergenti verso la periferia, sono dotati di mozzo che serve per il fissaggio, mediante chiavette, all'albero.

Tra i due dischi sono disposte le palette che agiscono sull'acqua con il loro dorso; esse sono in numero di 6, 8 e più; le distanze tra le palette, misurate lungo gli archi di cerchio dell'ingresso e dell'uscita, si dicono *passo* della palettatura all'ingresso e *passo* all'uscita.

Le palette verso l'imboccatura iniziano con un bordo detto *spigolo di ingresso*, che può essere parallelo all'asse o leggermente inclinato rispetto ad esso.

I condotti compresi tra le palette e i dischi hanno una sezione gradatamente crescente.

Diffusori: hanno il compito di trasformare l'energia cinetica ancora posseduta dall'acqua, all'uscita della girante, in energia di pressione. Le pale dei diffusori, all'ingresso, hanno la stessa direzione della velocità dell'acqua all'uscita della girante e ciò per evitare urti; l'acqua abbandona il diffusore pressochè radialmente.

I diffusori palettati sono costituiti da due corone circolari

munite di una serie di pale fisse profilate a falce o ad arco di cerchio e formanti condotti a: larghezza costante (diffusori paralleli) o a larghezza crescente verso l'esterno (diffusori svasati); nelle pompe da incendio i diffusori sono paralleli e costituiti in bronzo, muniti di palette il cui numero è diverso da quello delle pale delle giranti. Tra la superficie esterna della girante e la superficie interna del diffusore, esiste un gioco di alcuni millimetri (da 2 a 6).

Diaframmi: Nelle pompe a più giranti i diaframmi costituiscono i condotti di ritorno che portano l'acqua uscente da una girante all'entrata della girante successiva. Essi sono costituiti in bronzo e fanno parte del corpo di pompa (fig. 174).

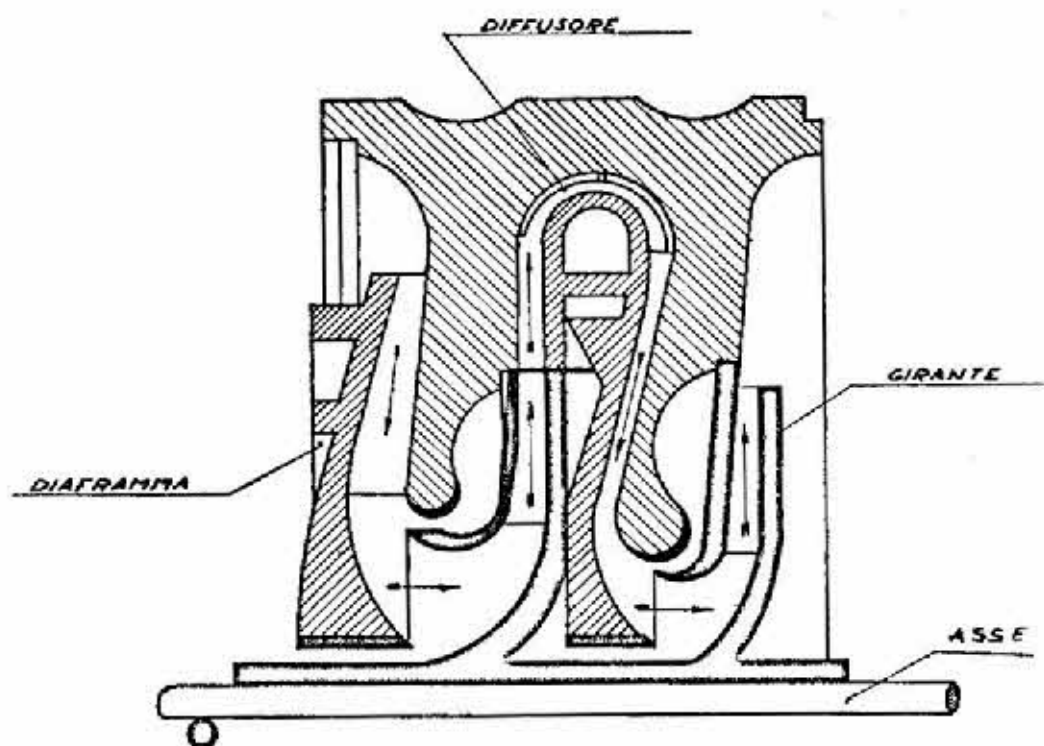


FIG. 174

Corpi di pompa: sono generalmente in bronzo, possono essere fusi in due pezzi e poi accoppiati tra loro con robusti bulloni; rappresentano l'elemento che tiene uniti i vari organi e che sopporta gli sforzi che si scaricano dagli assi e che derivano dalla pressione generale della pompa.

I corpi di pompa portano gli attacchi per le bocche di mandata e di aspirazione, le saracinesche di intercettazione e gli apparecchi di misura (vuotometri e manometri).

Tenute: la perfetta tenuta è elemento fondamentale per il funzionamento delle pompe centrifughe. In generale si provvede mediante premistoppa, costituiti da cotone o aminato grafitati in trecce od anelli che, per la presenza della grafite, assicurano anche una certa lubrificazione.

In alcuni tipi la tenuta è assicurata, invece, da anelli di gomma cavi, che, per effetto della pressione dell'acqua, si adattano sulla loro sede impedendo l'uscita dell'acqua.

POMPE CENTRIFUGHE AD ALTA PRESSIONE

La moderna tecnica antincendi consiglia generalmente l'uso di getti d'acqua a forte pressione.

Per ottenere costruttivamente una pompa che possa fornire una certa quantità d'acqua a pressione elevata, occorre disporre in serie numerose giranti sul medesimo asse, e cioè l'una di seguito all'altra, ed obbligare l'acqua che esce dalla periferia di una girante ad entrare al centro della girante successiva. Se ad esempio si dispongono quattro giranti sul medesimo asse, secondo lo schema indicato dalla fig. 175, si ottiene un complesso meccanico funzionante non più né meno come quattro pompe indipendenti, provviste ciascuna di una girante, e fra loro collegate in modo che il tubo di pressione di ciascuna faccia capo alla bocca di aspirazione della successiva, allo stesso modo dell'acqua che, nel complesso segnato in figura, passa dalla periferia di una girante al centro della successiva.

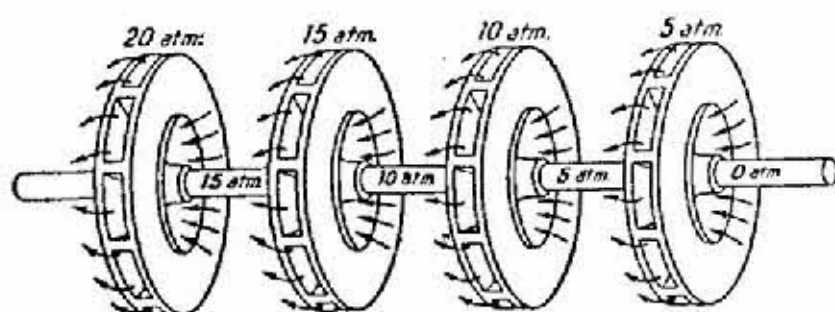


FIG. 175

Perciò, come nel sistema delle quattro pompe a girante unica, così in questa a quattro giranti, noi riusciremo a portare la medesima portata di acqua ad una pressione quattro volte maggiore di quella ottenibile con una girante unica.

Se ad esempio ciascuna pompa o girante ha velocità e caratteristiche tali da conferire all'acqua la pressione di cinque atmosfere,

logicamente l'acqua, uscente dalla prima pompa o girante a cinque atmosfere, entrerà con questa pressione al centro della seconda ed uscirà dalla periferia di essa con la pressione di 10 atm. Continuando il ragionamento si avrà che l'acqua entrerà al centro della terza girante a 10 atm e ne uscirà a 15 e con questa pressione entrerà al centro della quarta per uscirne con una pressione di 20 atm.

Naturalmente questo complesso di quattro giranti in serie richiede un motore di potenza pari a quattro volte la potenza del motore necessario per azionare una girante unica.

POMPE CENTRIFUGHE IN SERIE E PARALLELO

Supponiamo ora che le quattro giranti, anziché essere disposte in serie sul medesimo asse motore, siano disposte su quattro assi indipendenti e facenti parte del medesimo complesso.

Si dice allora che le quattro giranti funzionano in parallelo; il comportamento idraulico del complesso sarà uguale a quello ottenibile disponendo quattro autopompe, ciascuna con un'unica girante, una di fianco all'altra, e funzionanti indipendentemente l'una dall'altra.

Potremo avere evidentemente in tal caso sull'incendio, una quantità d'acqua uguale alla somma della portata di ciascuna autopompa e cioè quadrupla di quella che avremmo avuto disponendo le autopompe in serie; la pressione però di quest'acqua sarà soltanto di cinque atmosfere, e non già di venti, come nel funzionamento in serie.

Poste queste premesse, suppongasi di disporre di una pompa con quattro giranti, ma congegnate e collegate in modo, che sia possibile, a volontà, per mezzo della manovra di appositi rubinetti, far defluire nel corpo della pompa l'acqua dalla periferia di una girante al centro della successiva e così di seguito (funzionamento in serie), oppure far arrivare l'acqua al centro di ciascuna girante e raccoglierla in un unico condotto all'uscita (funzionamento in parallelo).

Col funzionamento in serie, la pompa avrà le caratteristiche: prevalenza o pressione 20 atm, portata ad es. 500 l al 1'; col funzionamento in parallelo le caratteristiche saranno invece: prevalenza 5 atm, portata 2000 litri.

ADESCAMENTO DELLE POMPE CENTRIFUGHE

A differenza delle pompe a stantuffo, le centrifughe non dispongono che di un adescamento limitatissimo.

Ciò dipende dal fatto che, mentre lo stantuffo durante l'adescamento può aspirare e comprimere anche l'aria, le centrifughe non

possono fare altrettanto, perchè l'aria, assai leggera, poco risente della forza centrifuga, e perciò, nonostante la rotazione velocissima della girante, non può venire estratta dal tubo di aspirazione della pompa. Quando invece la pompa è adescata, l'acqua, più pesante, viene spinta dalla forza centrifuga all'esterno, e perciò il funzionamento è assicurato.

Per rimediare a questo inconveniente notevole, sono stati attuati diversi procedimenti.

1) Adescamento con pompa a stantuffo ausiliaria.

Esso è ottenuto a mezzo di una piccola pompa a stantuffo, azionata mediante il motore stesso della pompa principale. Durante l'adescamento della pompa, mediante un'apposita leva, viene messa in funzione la piccola pompa a stantuffo per togliere l'aria dal tubo di aspirazione; non appena l'acqua arriva alla pompa, viene interrotto il funzionamento della pompa a stantuffo e prosegue regolarmente il funzionamento della centrifuga. (Brevetto Tamini)

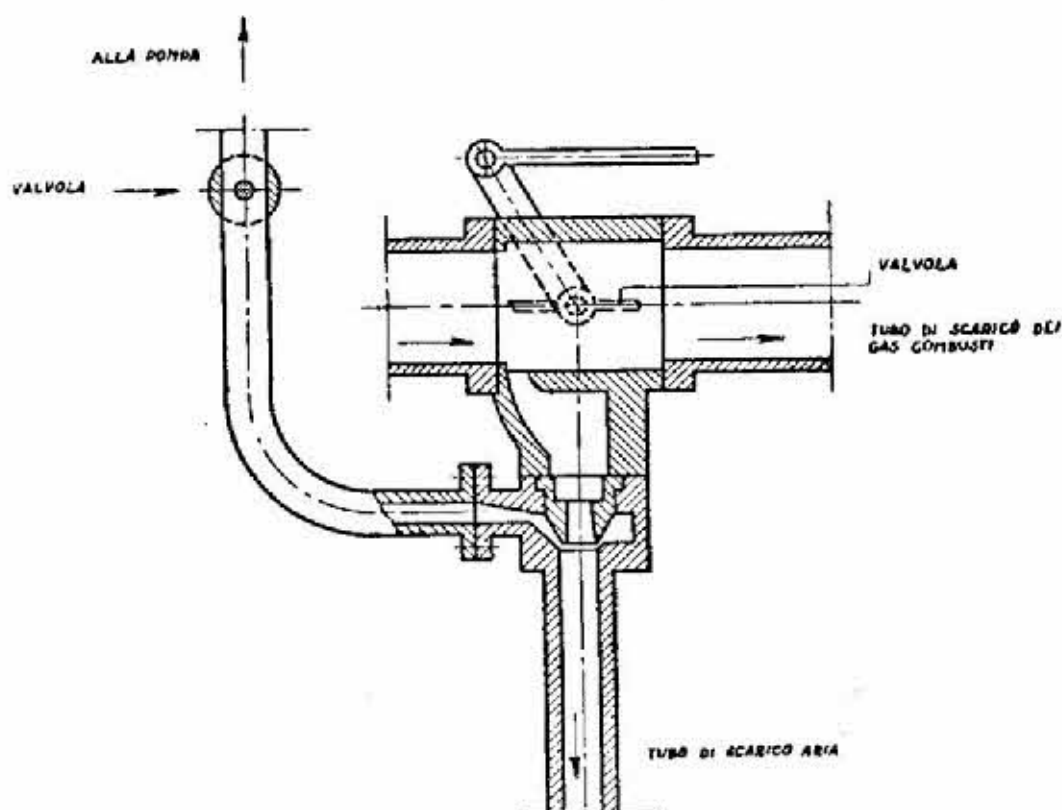


FIG. 176

2) *Adescamento ed eiettore.*

Esso è una felice applicazione del noto principio fondamentale dell'eiettore secondo il quale riesce possibile trascinare in una data direzione un fluido (liquido o gas) mediante l'energia posseduta da un altro fluido (liquido o gas) in movimento.

Nella applicazione in questione il fluido motore è costituito dai gas di scappamento del motore che aziona la pompa, il fluido trascinato è l'aria e poi l'acqua contenuta nel tubo di aspirazione e nel corpo di pompa.

L'efficienza del mezzo dipende essenzialmente dalla velocità di scarico dei gas, quindi durante la fase di impiego dell'eiettore, l'operatore deve avere l'accortezza di spingere il motore ad alte velocità. La profondità di aspirazione ottenuta con questo mezzo è minore di quella ottenibile con le pompe ausiliarie di adescamento ed in generale non supera i 7 metri.

Una disposizione schematica di adescamento ad eiettore è fornita nella figura 176.

3) *Adescamento con tubo di aspirazione avente la valvola di fondo.*

Al fondo del tubo di aspirazione è disposta una valvola che si apre verso l'interno, e pertanto consente soltanto l'entrata dell'acqua e non l'uscita. Riesce perciò possibile, mediante l'uso di una riserva d'acqua, il riempimento del tubo di aspirazione fino al livello della centrifuga ed il successivo funzionamento di essa.

4) *Adescamento con tubo di aspirazione provvisto al fondo di una piccola pompa.*

Se in luogo della valvola, viene disposta al fondo del tubo di aspirazione una piccola pompa centrifuga elettrica, collegata con filo alla batteria di accumulatori dell'autopompa, si potrà naturalmente evitare il riempimento dall'alto del tubo di aspirazione, perchè la pompetta stessa può direttamente provvedervi.

5) *Autoadescamento od adescamento ad anello d'acqua.*

È questo il sistema più moderno e pratico di adescamento perchè, come è indicato dalla stessa parola, esso ha luogo automaticamente, senza bisogno di particolari operazioni come nei casi precedentemente indicati. L'autoadescamento viene realizzato con l'uso di una pompetta ad anello d'acqua, fissata sull'asse stesso della pompa principale.

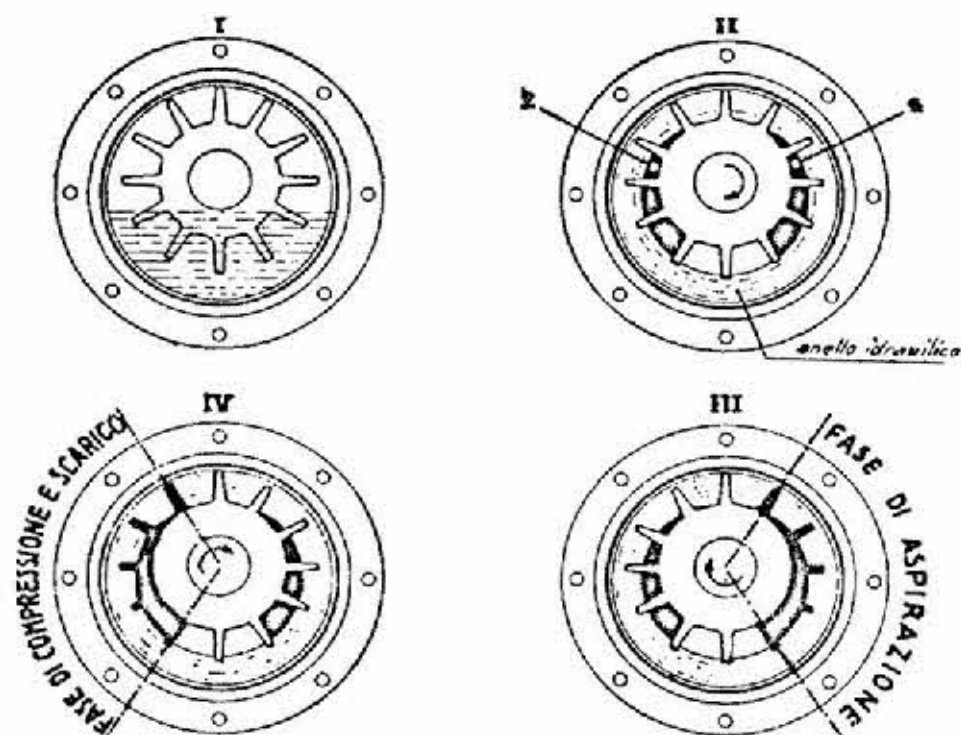


FIG. 177

La fig. 177 schematicamente rappresenta lo speciale tipo di pompa ad anello idraulico.

Esso consiste in una scatola cilindrica, ripiena d'acqua fino all'altezza segnata. Una ruota di bronzo a palette è sistemata all'interno, eccentricamente rispetto alla scatola, ed è immersa parzialmente nell'acqua sottostante.

Sulla parete di fondo della scatola sono praticate: un'apertura di forma semilunare, e un'apertura più piccola nella parte superiore sinistra.

Quando la ruota a palette, calettata sull'asse della pompa, ruota nel senso orario, l'acqua sottostante viene proiettata lungo le pareti della scatola nel senso del movimento, e riceve in seguito, specialmente dalle palette superiori, un impulso rotatorio che la costringe, per effetto della forza centrifuga, a disporsi in forma di anello come è indicato nella figura. Tale anello serve a garantire la tenuta d'aria nella parte superiore ed ai lati della ruota a palette. Essendo la finestrella *a*, in comunicazione col tubo di aspirazione, ciascuna palette, passando davanti alla finestrella, racco-

glie nello spazio compreso fra una paletta e l'altra, e poi trascina, una piccola quantità d'aria, che successivamente viene spinta avanti ed infine scaricata all'esterno attraverso alle aperture *b* e *c*. L'operazione, continuamente ripetuta, giunge a realizzare il vuoto nel tubo aspirante. Quando dall'apertura *a* esce dell'acqua, la centrifuga principale rimane adescata. Questo tipo di adescamento, ha fornito nella pratica ottimi risultati.

Oltre ai due principali tipi di pompa descritti, l'acqua può essere arricchita di energia e cioè di pressione e di velocità, anche con altre macchine operatrici o pompe, che tuttavia hanno una minor diffusione, perchè risultano adatte solo per determinati usi speciali.

Pompe ad ingranaggi.

Consistono essenzialmente in una capsula metallica chiusa e collegata da un lato con il tubo di aspirazione e dall'altro con quello di pressione. All'interno (vedi figura 178), ruotando in senso contrario, secondo le frecce, due ingranaggi, che nel loro movimento imprigionano una parte di liquido contro la parete della capsula e la trascinano in seguito, come appare dalle zone a tratteggio, verso l'uscita in corrispondenza al tubo premente.

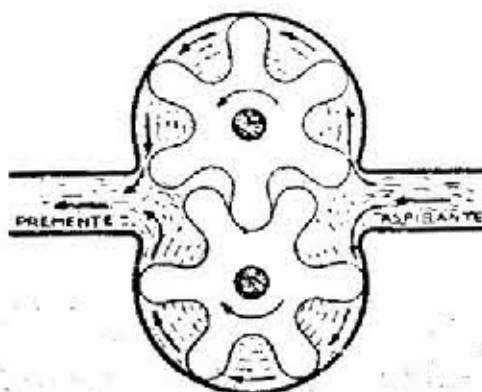


FIG. 178

Questi tipi di pompa raramente adottati nel Servizio Antincendi, trovano frequente impiego nei motori d'automobile per attivare la circolazione dell'olio.

Eiettori

L'Eiettoe è un apparecchio semplicissimo che serve per aspirare e spingere un fluido, liquido o gassoso, mediante l'energia posseduta da un altro liquido in movimento.

Esso è schematicamente rappresentato dalla fig. 179.

Nella strozzatura di un imbuto viene collocato un ugello da cui viene fatto uscire un liquido in pressione.

Il getto a spruzzo prodotto dal liquido, trascina verso l'esterno l'aria contenuta nella strozzatura, e determina perciò una depressione che favorisce l'afflusso di altra aria, per cui si stabilisce un deflusso d'aria verso l'alto, più o meno abbondante e veloce, a seconda della violenza del getto.

Il principio è applicato nei comuni carburatori d'automobile. In essi tuttavia il fenomeno si produce in modo opposto, perchè è l'aria, richiamata nel motore dal movimento dei pistoni che, passando sopra l'ugello del carburatore, aspira e trascina la benzina verso il motore.



FIG. 179

Nel Servizio Antincendi questo principio trova applicazione, oltrechè come mezzo ausiliario di adescamento delle pompe centrifughe, anche nelle *lance schiumogene* per il richiamo dell'aria e del liquido schiumogeno, necessari alla formazione della schiuma, ed ancora in una speciale pompa: l'*eiettore da esaurimento* che permette il sollevamento dell'acqua da un vano sotterraneo con l'uso di altra acqua in pressione prelevata da un idrante stradale.

CONFRONTO FRA LE POMPE A STANTUFFO E QUELLE CENTRIFUGHE

L'esame delle *caratteristiche idrauliche* dei due tipi di pompe offre il confronto seguente:

Le pompe a stantuffo:

- sono autoadescanti;
- hanno rendimenti totali elevati: da 0,70 a 0,94;
- possono raggiungere elevatissime pressioni (che, per rapida chiusura di organi di intercettazione, possono dar luogo a colpi d'ariete vistosi);

Le pompe centrifughe:

- non sono autoadescanti ed abbisognano di un sistema di adescamento;
- hanno rendimenti totali più bassi: da 0,60 a 0,80;
- possono raggiungere pressioni più modeste (largamente sufficienti per l'ordinario servizio antincendi) ed hanno maggiore elasticità di funzionamento in quanto la pressione non sale oltre un certo valore;

- necessitano di valvole di ritorno per lo scarico di sovrappressioni;
- danno un flusso d'acqua non regolare ed necessitano di casse d'aria;
- sono pompe volumetriche.

- non necessitano di valvole di ritorno;
- danno un flusso di acqua continuo e regolare e non necessitano di casse d'aria;
- non sono pompe volumetriche.

Per quanto riguarda le *caratteristiche meccaniche*:

Le pompe a stantuffo:

- sono dotate di moto alterno;
- sono lente;
- sono di costruzione abbastanza complessa, sono pesanti, ingombranti e costose;
- per l'accoppiamento con motori veloci necessitano di installazioni abbastanza complesse.

Le pompe centrifughe:

- sono dotate di moto rotatorio non hanno masse in moto alterno ed hanno funzionamento perfettamente bilanciato;
- sono veloci;
- sono di costruzione semplice, di peso modesto, piccolo ingombro, di costo ridotto;
- si prestano bene ad essere accoppiati con motori veloci.

Per quanto concerne le *caratteristiche di impianto, manutenzione ed esercizio*:

Le pompe a stantuffo:

- presentano qualche difficoltà di esercizio con possibilità di avaria;
- sono più delicate per la presenza di valvole e non si prestano all'impiego di acque torbide o limacciose;
- hanno elevato costo di manutenzione e controllo e quindi sono più onerose specie se impiegate ad intervalli con lunghi periodi di riposo.

Le pompe centrifughe:

- sono di semplice uso e non necessitano di grandi cure da parte di chi le adopera;
- sono sfornite di valvole e si presentano bene anche all'impiego di acque limacciose;
- sono di basso costo di manutenzione.

POMPA CENTRIFUGA - BREVETTO TAMINI

È stato il primo tipo di centrifuga che veramente si è affermato nei confronti delle pompe a stantuffo.

La figura 180 rappresenta in sezione, la pompa centrifuga, a stantuffi ausiliari.

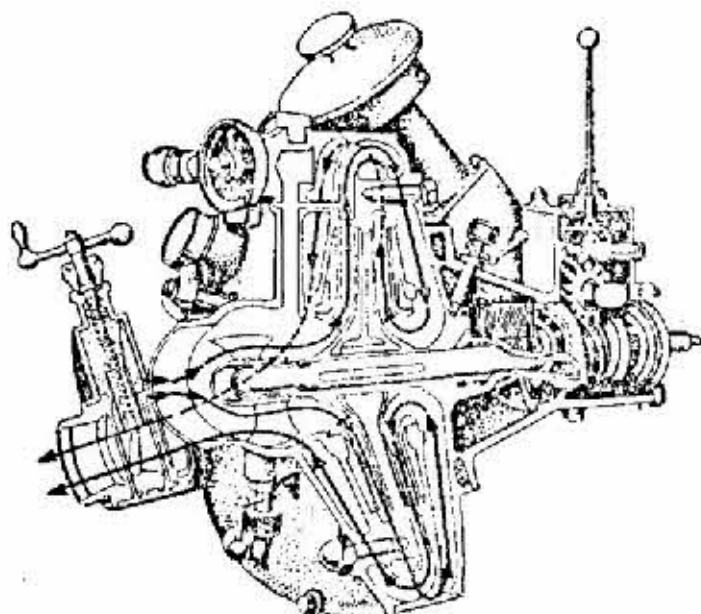


FIG. 180

Esaminando la sezione, è visibile posteriormente uno dei due cilindri per stantuffi ausiliari e la leva per la messa in azione di entrambi, con il suo ruotismo di collegamento all'asse motore principale.

Il rubinetto a losanga disposto in alto sul davanti serve a collegare i due cilindri alla camera di aspirazione.

Sotto il rubinetto, uno a destra e l'altro a sinistra, sono situati i due manometri che danno rispettivamente: l'indicazione del vuoto nell'aspirazione, e della pressione nella camera di derivazione dei tubi prementi, che sono situati l'uno a destra e l'altro a sinistra nella parte bassa anteriore; nel tipo rappresentato in vista i manicotti dei tubi prementi sono derivati in alto da un attacco unico. Ciascuno dei due attacchi di pressione è provvisto di un rubinetto di chiusura, che nella fig. 180 appare sezionato.

Al centro è disposto l'attacco d'aspirazione che fa capo all'anello centrale della girante anteriore; chiaramente visibile in sezione.

L'acqua uscente dalla periferia della girante anzidetta, attraverso ad un'apposita camera che è visibile nella parte superiore della sezione, viene convogliata al centro della seconda girante, allo scopo di raddoppiare la pressione. Uscendo da essa, viene guidata alla camera premente della pompa che è visibile nella parte bassa anteriore.

Questo tipo di pompa autoadescante, per la sua leggerezza e semplicità, in passato venne installato anche sul davanti degli autoveicoli, in diretto collegamento con l'asse del motore.

POMPA AUTOADESCANTE

È il tipo di pompa centrifuga, più pratico e più diffuso. Esso non differisce sostanzialmente da quello precedentemente descritto, che nel meccanismo di adescamento, che è qui realizzato mediante la pompetta autoadescante ad anello d'acqua, già descritta in precedenza.

Le figure 181 e 182 rappresentano il prospetto e la sezione di due modelli di pompa autoadescante.

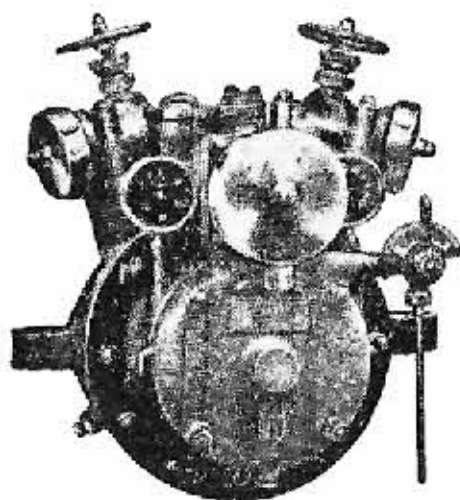


FIG. 181

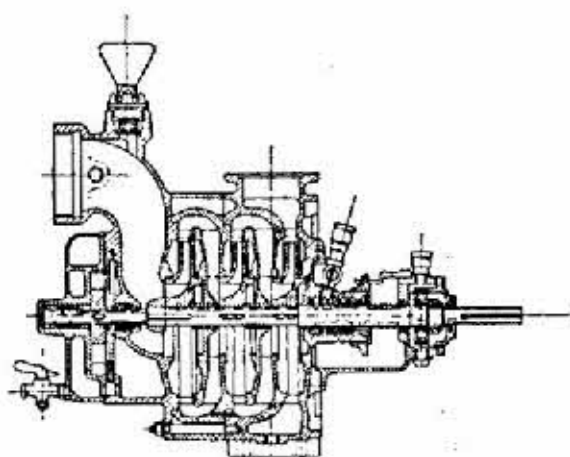


FIG. 182

Superiormente, in entrambe le figure, è chiaramente visibile la bocca di aspirazione della pompa.

Attraverso ad esso l'acqua perviene al centro della prima girante e, dalla periferia di questa, passa alla camera circolare di diffusione (visibile in sezione), poi viene convogliata al centro della seconda girante e successivamente della terza girante, per passare infine,

attraverso a questa ed alle intercapedini del corpo di pompa, alle due bocche di pressione, situate in alto e provviste di rubinetto.

Nella sezione è visibile, superiormente a destra, la bocca di uscita dell'acqua in pressione.

Nella sporgenza anteriore della pompa è sistemata la pompetta di adescamento, il cui funzionamento viene comandato mediante il rubinetto, provvisto di semiquadrante, che può vedersi nella parte destra del modello in vista.

Anche i due tipi di pompa autoadescante riportati sono provvisti dei manometri di pressione (a destra) e di depressione (a sinistra).

L'asse motore poggia sul supporto a sfere visibile a destra nella sezione e sugli altri supporti indicati in figura.

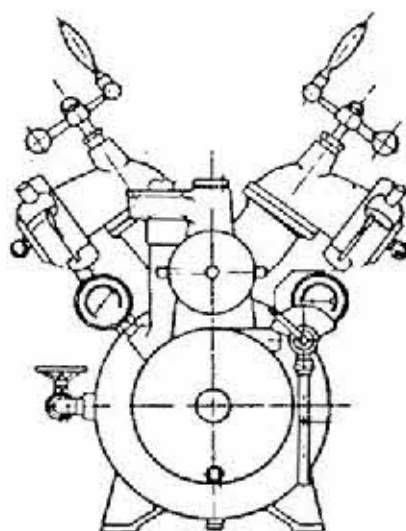


FIG. 183

POMPE CENTRIFUGHE A SCHIUMA

Oltre alle pompe idriche descritte meritano un cenno anche le pompe a schiuma.

La schiuma prodotta è del tipo meccanico, essa viene ottenuta con una mescolanza intima di acqua, aria e liquido schiumogeno. Quest'ultimo, viene prelevato da un apposito serbatoio esistente sull'autopompa.

L'aria invece viene aspirata dall'esterno con la pompina per l'adescamento automatico, precedentemente descritta.

Aria e liquido schiumogeno vengono intimamente mescolati con l'acqua nell'interno della pompa, dalla quale esce pertanto la schiuma già formata. La consistenza della schiuma è regolabile in rapporto alle diverse contingenze d'impiego.

Il tipo di pompa considerato può fornire al minuto primo 1000 e, per i tipi maggiori, anche 2000-2500 litri di schiuma.

Premescolatore per la produzione meccanica della schiuma.

Il premescolatore per la schiuma è un dispositivo assai semplice che può essere applicato a tutte le pompe di tipo idrico.

Esso consiste in un attacco tubolare con chiusura a rubinetto che, applicato sulla camera di aspirazione anteriormente alla pompa, permette di aspirare liquido schiumogeno da un qualsiasi recipiente, per cui il liquido stesso viene in seguito mescolato intimamente al-

l'acqua in movimento. Conseguentemente, per ottenere la schiuma, basterà che la lancia sia provvista del dispositivo per l'aspirazione dell'aria all'uopo occorrente. Le normali lance a schiuma possono, anche in questo caso, venire utilmente impiegate; basterà tenere in posizione di chiusura il rubinetto dello schiumogeno.

Giova aggiungere che i premescolatori di tipo più recente, sono provvisti del cosiddetto *selettore*, che permette di convogliare a volontà lo schiumogeno verso una o più bocche di pressione, rendendo con ciò possibile la contemporanea erogazione di getti normali e di getti a schiuma.

CURVE CARATTERISTICHE DELLE POMPE

I due elementi fondamentali che caratterizzano una pompa sono la *portata*, e cioè la quantità d'acqua spostata dalla pompa nell'unità di tempo (che per le pompe da incendio si esprime in litri al minuto primo) e la *prevalenza* che corrisponde all'energia che l'acqua riceve dalla pompa (la prevalenza è generalmente data in atmosfere; talvolta anche in metri d'acqua).

Esprimendo la prevalenza in metri, essa è pari alla somma dell'*altezza di aspirazione* e di quella a cui l'acqua può essere spinta o sollevata, detta anche *altezza di sollevamento*.

Le due altezze accennate, espresse in atmosfere o in kg per cmq, sono rispettivamente indicate durante il funzionamento della pompa dai due manometri di pressione e di aspirazione — quest'ultimo detto più comunemente vuotometro — che di solito vengono disposti sul davanti del corpo di pompa.

Pertanto la somma di queste due letture ci dà la prevalenza fornita dalla pompa nel momento considerato.

Ad essa corrisponde una portata d'acqua determinata, e misurabile, mediante il rilevamento col tubo di Pitot della pressione all'orifizio di efflusso, e la successiva consultazione del diagramma o delle tabelle delle portate per le lance da incendio, oppure mediante la reale misurazione della quantità dell'acqua erogata durante un certo tempo in una vasca di capacità conosciuta.

Se il tubo di pressione ha una lunghezza di pochi metri la lettura col tubo di Pitot risulta pressochè eguale a quella del manometro della pompa.

Se la pompa non funziona al massimo della sua potenza, aumentando, mediante l'acceleratore, il numero dei giri, sarà possibile ottenere o un aumento della pressione dell'acqua, conservando inalterata la portata della pompa, oppure ottenere un aumento di portata senza diminuire la pressione dell'acqua.

Quando invece la pompa funziona al massimo della sua potenza, ad un aumento della pressione, ottenibile riducendo il diametro dell'orifizio di erogazione, corrisponde una minor portata, e viceversa.

Queste osservazioni che si possono in pratica agevolmente verificare, sono di facile comprensione: basta aver presente che un tipo di motore può trasmettere alla pompa una potenza massima ben determinata espressa in cavalli vapore (HP) oppure in chilowatt (Kw), e che l'assorbimento di potenza della pompa è in funzione sia della portata che della pressione dell'acqua erogata. È logico infatti ritenere che, sia aumentando la portata come aumentando la pressione dell'acqua, la pompa abbisogni di una maggiore potenza.

Ne consegue che per conoscere la pressione massima che una pompa può raggiungere, dovremo annullare la portata (pressione a bocca chiusa) e per conoscere la massima portata di una pompa dovremo annullare la pressione (portata a bocca libera).

Nell'intervallo fra questi due estremi di pressione e di portata, ad ogni valore della portata corrispondente, per il regime di massimo rendimento del motore, una pressione determinata e viceversa.

Questa corrispondenza fra i due valori caratteristici: portata e pressione, è per ciascun gruppo motore-pompa ben determinata e viene espressa con una linea che dicesi *curva caratteristica della pompa* nei riguardi del gruppo considerato.

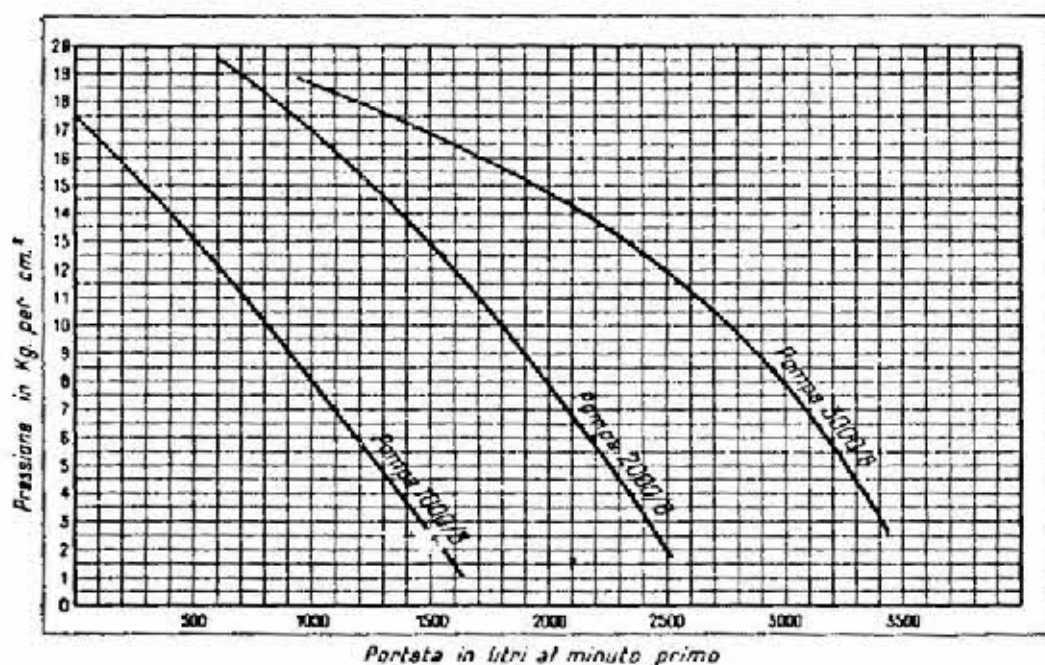


Diagramma IV

Nel diagramma riportato sono tracciate le curve caratteristiche delle tre pompe centrifughe autoadescanti 1000/8, 2000/8 e 3000/8, costruite dalla S. A. Bergomi.

Ogni punto di ciascuna delle due curve ci consente di leggere orizzontalmente sulla graduazione di sinistra (asse delle ordinate)

la pressione ottenibile alla pompa, quando essa fornisce la portata leggibile, verticalmente in basso, sulla graduazione delle portate (asse delle ascisse).

I dati relativi al tracciamento delle tre curve sono stati rilevati facendo funzionare i gruppi motore-pompa con aspirazione a livello; aspirando in profondità le portate diminuiscono in modo notevole.

I numeri 1000/8, 2000/8 e 3000/8 che definiscono le tre pompe considerate, esprimono appunto la portata massima rispettiva di 1000, di 2000 e di 3000 litri al m' per le pompe considerate, alla pressione di 8 atmosfere, prescelta dalla Direzione Generale dei Servizi Antincendi per la classificazione e per la valutazione dell'efficienza media di una pompa da incendio.

CALCOLO DELLA POTENZA ASSORBITA DALLE POMPE

Suppongasi di voler calcolare la potenza assorbita dalla pompa 2000/8, e cioè la potenza necessaria per sollevare 2000 litri al m' all'altezza di $ml\ 8 \times 10,33 = 82,64$.

Il numero dei chilogrammetri al minuto primo richiesto, dato che un litro d'acqua pesa un kg, è di:

$$2000 \times 82,64 = 165.280 \text{ kgm/m'}$$

Al m" il numero dei kgm richiesti sarà perciò:

$$165.280 : 60 = 2.755 \text{ kgm/m"}$$

Siccome un HP fornisce per ogni m" 75 kgm, per compiere il lavoro richiesto sarà necessaria una potenza idraulica di:

$$2.755 : 75 = 36,73 \text{ HP}$$

corrispondente ad una potenza in Kw ($1 \text{ Kw} = \sim 102 \text{ Kgm al l"}$) di:

$$2.755 : 102 = 27 \text{ Kw}$$

I due dati di potenza ottenuti sono però alquanto inferiori ai valori reali necessari, perchè le pompe, e quelle da incendio in particolar modo, comportano una notevole perdita di energia, per effetto dei moti vorticosi generati nell'acqua e degli attriti interni della pompa.

Supponendo che il rendimento della pompa sia di 0,6, e cioè che solamente il 60 per cento dell'energia, fornita venga dalla pompa utilizzato, i dati di potenza ricavati subiranno i seguenti aumenti:

$$36,73 : 0,6 = 61,21 \text{ HP.}$$

$$27 : 0,6 = 45 \text{ Kw.}$$

Qualora la pompa venisse applicata posteriormente al telaio di un automezzo con motore a scoppio od elettrico, andrebbe perduta per attrito lungo gli organi di collegamento e di trasmissione un'altra quantità di energia pari a circa il 10% di quella prodotta e pertanto i dati precedenti di potenza dovrebbero ulteriormente venire aumentati come segue:

$$61,21 : 0,9 = 68 \text{ HP.}$$

$$45 : 0,9 = 50 \text{ Kw.}$$

Possiamo pertanto concludere che una pompa del tipo 2000/8, applicata posteriormente all'autopompa, comporta un assorbimento massimo di potenza misurata al motore dell'autoveicolo, di circa 68 cavalli vapore.

INDICE SECONDO VOLUME

PARTE PRIMA

ARITMETICA E GEOMETRIA

Operazioni aritmetiche

Addizione	<i>pag.</i> 7
Sottrazione	" 8
Moltiplicazione	" 9
Divisione	" 10
Esercizi sulle quattro operazioni	" 12
Elevazione a potenza	" 14
Estrazione di radice	" 14
Sistema metrico decimale	" 18
Misure non decimali	" 21
Numeri frazionari	" 25
Operazioni con le frazioni	" 26
Proporzioni	" 30
Problemi svolti sulle quattro operazioni	" 31

Geometria pag. 35

Figure piane	" 38
Teorema di Pitagora	" 38
Quadrangolo - Quadrato - Rettangolo - Rombo - Parallelogramma	" 39
Trapezio	" 40
Poligoni regolari ed irregolari	" 40
Cerchio	" 41
Esercizi sulle figure piane	" 41
Solidi	" 42
Prisma	" 42
Cubo - Parallelepipedo - Piramide - Cilindro	" 44
Cono - Sfera	" 45
Riepilogo delle figure solide	" 45

PARTE SECONDA

ELEMENTI DI FISICA

Corpo - Materia - Sostanza	<i>pag.</i> 49
Atomo e molecola	" 50
Corpo semplice - Corpo composto	" 50
Proprietà dei corpi	" 50
Fenomeno chimico - Fenomeno fisico	" 51
Coesione - Espansione - Adesione	" 52

Stati di aggregazione dei corpi	"	52
---	---	----

Meccanica

<i>Cinematica</i>	<i>pag.</i>	53
Moto uniforme	"	53
Moto vario	"	55
Moto uniformemente vario	"	56
Moto periodico	"	58
Moto di un corpo rigido	"	60
Misuratori di velocità	"	62

<i>Statica</i>	<i>pag.</i>	63
Forza e i suoi elementi	"	63
Definizione e principi della statica	"	64
Composizione e scomposizione delle forze	"	65
Coppia di forze	"	71
Equilibrio di un corpo girevole attorno ad un asse	"	72
Forza di gravità	"	74
Effetto delle forze nelle macchine semplici	"	76
La leva	"	77
Piano inclinato	"	79
Puleggia	"	80
Verricello	"	83
Cuneo	"	84
Vite	"	85

<i>Dinamica</i>	<i>pag.</i>	87
Leggi fondamentali della dinamica	"	87
Forza centrifuga e reazione centrifuga	"	97
Pendolo semplice	"	98
Resistenze passive - Attrito	"	100
Resistenza del mezzo	"	102
Lavoro ed energia	"	103
Lavoro motore - Lavoro resistente	"	105
Energia	"	111
Conservazione dell'energia	"	112
Potenza	"	114
Unità di misura	"	115

<i>Idraulica</i>	<i>pag.</i>	119
Statica - Dinamica dei fluidi	"	119
Stato fisico dei corpi	"	119
Comprimibilità dei corpi	"	120
Vasi comunicanti	"	120
Livello delle sostanze aeriformi	"	121
Principio di Pascal	"	122
Pressione interna dei liquidi	"	123
Principio di Archimede	"	125
Galleggiamento dei corpi	"	126
Pressione interna dei gas - Pressione atmosferica	"	126
Misurazione della pressione - Manometri - Barometri	"	128
Pressione e velocità nei liquidi e nei gas - Concetto di carico	"	130
Esempi sulle variazioni di carico	"	133

Perdite di carico	pag. 137
Esempi numerici	" 138
Diagrammi - Tabelle	" 140
Diagramma della portata delle lance	" 142
Diagramma delle portate di carico	" 143
Tabella delle portate per lance da incendio	" 144
Calore - Temperatura	pag. 146
Temperatura	" 146
Termometri	" 147
Pirometri	" 148
Dilatazione termica	" 148
Caloria	" 150
Propagazione del calore	" 150
Cambiamento di stato dei corpi	" 151
Equivalente meccanico della caloria	" 153
Potere calorifico	" 154
Elettricità - Magnetismo	pag. 154
Corrente elettrica	" 157
Generatori di corrente	" 158
Effetti della corrente	" 159
Induzione elettromagnetica	" 162
Motori elettrici	" 165
Trasformatori	" 165
Scariche elettriche - Parafulmine	" 166
Onde Hertziane - Telegrafia	" 167

PARTE TERZA

ELEMENTI DI CHIMICA

Reazioni chimiche	pag. 172
Struttura della materia	" 173
Simboli - Formule	" 173
Leggi della chimica	" 174
Metalli - Metalloidi	" 175
Stato fisico	" 177
Aria atmosferica	" 177
L'ossigeno e le combustioni	" 178
Azoto - Ammoniaca - Acido nitrico	" 179
Carbonio e suoi composti	" 180
Ossido di carbonio - Anidride carbonica	" 181
Acetilene - Gas illuminante	" 183
Acqua	" 185
Idrogeno - Zolfo e suoi acidi	" 186
Cloro - Acido cloridrico	" 187
Fosforo - Silicio	" 188
Sodio - Potassio - Calcio	" 189
Magnesio - Alluminio - Ferro	" 190
Rame - Zinco - Piombo	" 191

Stagno - Mercurio ed altri materiali	"	192
Combustibili solidi	"	193
Combustibili liquidi	"	197
Combustibili gassosi	"	200
Esplosivi	"	203

PARTE QUARTA

ELEMENTI DI TOPOGRAFIA

Orientamento	<i>pag.</i>	209
Reticolato geografico	"	210
Coordinate geografiche	"	211
Carte geografiche	"	211
Scale geografiche	"	211
Rappresentazione del terreno	"	213
Segni convenzionali (Tabella)	"	214
Orientamento delle carte	"	216
<i>Importanza ed utilizzazione delle carte per il servizio antincendi</i>	"	216

PARTE QUINTA

COSTRUZIONI

<i>Materiali da costruzione</i>	<i>pag.</i>	221
Pietre naturali	"	221
Proprietà delle rocce	"	222
Requisiti costruttivi	"	223
Pietre naturali più comuni	"	224
Laterizi	"	226
Pesi specifici - Carichi di sicurezza	"	228
Calci - Cementi - Sabbie	"	230
Malte - Calcestruzzo - Cemento armato	"	231
Ferro - Acciaio - Ghisa	"	234
Legnami	"	236
Classificazione - Proprietà	"	238
 <i>Elementi delle costruzioni</i>	 <i>pag.</i>	 242
Fondazioni	"	242
Murature	"	245
Archi	"	249
Volte	"	260
Solai	"	267
Coperture	"	275
Scale	"	286



Elaborazione di Jonathan Big Bear - Orsi Mauro 2021

