

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXIV.

1917

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXVI.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1917

2°) Gli angoli di emergenza, quali si possono dedurre dalla misura sperimentale del primo scarto delle onde (P), crescono colla distanza epicentrale; e questo comportamento, di preferenza, conferma l'onda longitudinale interna, giacchè se si trattasse di onde superficiali, l'emergenza rimarrebbe circa costante.

Queste discrepanze trovano la loro ragione in ciò che il quesito teorico riguarda le vibrazioni di un suolo illimitato ed infinitamente profondo a cui viene attribuito una densità ed una elasticità omogenea, ed invece, la propagazione sismica si svolge in un sottosuolo a condizioni reali assai differenti. La sismologia non può quindi ancora fare sua una teoria che attribuendo alla Terra una forma che non è quella, e condizioni di elasticità che non sono le vere, toglie al problema i suoi riflessi più belli: alludo a quei mezzi che permettono di arrivare per via indiretta alla conoscenza dell'interno del Globo e delle sue superfici discontinue se ve ne sono.

I sismologi aspettano, con grande interesse, che l'A. trasporti le sue considerazioni, dal modello piano, al campo della sfera vibrante; ed anzichè considerare il Globo come omogeneo-isotropo, lo ritenga isotropo-eterogeneo, la costanza elastica valendo per ogni guscio concentrico.

*Aeronautica.* — *Sulla misura barometrica delle altezze a scopo aeronautico.* Nota I di MARIO TENANI, presentata dal Socio E. MILLOSEVICH.

Durante il volo, le altezze si deducono dalle misure della pressione atmosferica in base alla formola altimetrica

$$(1) \quad h = A \log \frac{p}{p_0} (1 + \alpha t_m),$$

ove  $h$  è l'altezza cercata,  $A$  una costante,  $p_0$  e  $p$  le pressioni misurate alla partenza e al momento della misura,  $t_m$  la temperatura media centigrada della colonna d'aria di altezza  $h$  e  $\alpha$  il coefficiente di dilatazione dei gas. La formola sopra indicata viene generalmente presentata più completa e corredata perciò di altri termini, destinati a tener conto dell'umidità dell'aria, e della variazione della accelerazione della gravità con l'altezza e con la latitudine; termini però che portano sull'altezza, calcolata colla precedente formola, correzioni così piccole da poter essere senza danno trascurate per tutte le applicazioni della navigazione aerea (\*).

(\*) Risulta infatti, dall'esame della formola altimetrica completa, che solo un errore di 7 od 8 mm. nella tensione del vapore produce un errore nell'altezza equivalente a

Supponendo in quella formula  $p_0$  costante, e facendo sulla temperatura determinate ipotesi, si sono calcolate delle cosiddette scale altimetriche in cui l'altezza viene a dipendere dal solo valore  $p$  della pressione nel luogo di cui si cerca l'altezza; queste scale, disegnate accanto alla scala delle pressioni, permettono di leggere immediatamente di fronte al valore della pressione il valore dell'altezza corrispondente in quelle ipotesi sulla temperatura e sulla pressione di partenza. Ciò avviene appunto nei comuni altimetri sia a lettura diretta, sia a registrazione automatica. In tutti gli altimetri in uso, la pressione di partenza  $p_0$  è ammessa uguale a 760 mm. che è il valore medio della pressione al livello del mare; per quanto riguarda la temperatura i costruttori hanno seguito le più varie ipotesi. Alcuni hanno ammesso che la temperatura abbia alla partenza il valore di  $15^\circ$  e decresca al crescere dell'altezza di mezzo grado ogni 100 m.; altri hanno supposto che la temperatura della colonna d'aria abbia in tutto il suo spessore la temperatura costante di  $0^\circ$ ; altri hanno fatto ipotesi poco diverse dalla prima ora esposta.

Le varie ipotesi sopra accennate messe dai costruttori a base delle loro scale altimetriche corrispondono tutte evidentemente a casi particolari che ben di rado trovano riscontro nella realtà, poichè mentre da un lato l'esperienza comune ci dice che la temperatura ha un valore continuamente variabile e molto nel corso del giorno e dell'anno, d'altro lato le misure della temperatura nell'atmosfera libera hanno messo in rilievo la non meno grande variabilità della legge con la quale la temperatura decresce con l'altezza. Sicchè le altezze calcolate con queste varie ipotesi si trovano generalmente errate di molto, molto più di quanto comporti l'inevitabile inesattezza dello strumento nella misura della pressione. La pressione infatti, a differenza dell'altezza, con la perfezione raggiunta nelle costruzioni, segnatamente da accuratissime case italiane ultimamente specializzate in tale problema, viene indicata con grande esattezza e, ad ogni modo, un preventivo campionamento permette di correggere lo strumento a tale riguardo. Per avere un'idea dell'errore cui determinate ipotesi sulla temperatura possono condurre, da una qualunque tabella pel calcolo delle altezze <sup>(1)</sup> si può rilevare come alla

---

quello portato da un errore di  $1^\circ$  nella temperatura; ma 7 od 8 mm. di tensione di vapore rappresentano, nella zona temperata, l'intera tensione media del vapore acqueo negli strati bassi, e molto più della media negli strati elevati; dunque l'influenza del vapore acqueo nella determinazione dell'altezza è trascurabile di fronte a quella degli errori inevitabili nella misura della temperatura. Così pure il trascurare l'influenza della variazione dell'accelerazione della gravità con l'altezza e con la latitudine è giustificato dal fatto che, nei limiti in cui si svolge attualmente l'attività aeronautica, le correzioni, da introdursi nei risultati della formula (1), sono in ogni ipotesi inferiori all' $1/100$ .

<sup>(1)</sup> Ad es. le tabelle dell'Angot o quelle del Jordan.

stessa pressione corrispondano, a seconda della temperatura media che si attribuisce alla colonna di aria, altezze notevolmente diverse.

Ciò si può rilevare anche dalla formula; differenziando rispetto a  $t_m$  si ha:

$$dh = A \log \frac{p}{p_0} \alpha dt_m.$$

Ma  $A \log \frac{p}{p_0}$  è l'altezza  $h_0$  nel caso che  $t_m = 0^\circ$ ; onde  $\frac{dh}{h_0} = \alpha dt_m$ ; sostituendo per  $\alpha$  il suo valore (circa 0.004) si ha che per l'errore di un grado nell'apprezzamento della temperatura, l'altezza viene errata di 0,4 %. E siccome durante l'anno dei nostri climi, almeno fino a 8 Km., si ha un'oscillazione termica annua che in *media* è di quasi 20°, così si comprende che in molti casi la temperatura media può essere diversa anche di 15-20° da quella ammessa dal costruttore e quindi l'altezza errata del 6 o 8 %.

La seguente tabella ci offre, per le varie pressioni, l'errore nella misura della pressione che equivarrebbe a un errore della temperatura di 5, 10, 15 gradi centigradi. Da essa si rileva quanto sia importante il tener conto del valore attuale della temperatura, poichè si dispone di barometri in cui l'errore tollerabile nella misura della pressione è al massimo di uno o due millimetri.

PRESSIONI	715	670	626	580	550	515	448	390
Errore nella temperatura	Errore equivalente sulla pressione mm.							
5°	0,8	1,6	2,3	2,9	3,3	3,7	4,2	4,9
10°	1,6	3,2	4,6	5,9	6,7	7,5	8,4	9,8
15°	2,4	4,8	6,9	8,8	9,9	11,2	12,6	14,7

2. Il valore medio della temperatura che compare nella formula (1), non è la media dei valori della temperatura agli estremi dell'altezza da misurarsi. Ciò dipende dal modo stesso come è dedotta quella formula. Se indichiamo infatti con  $dp$  la diminuzione di pressione per un piccolo innalzamento  $dh$ , con  $\rho$  la densità dell'aria, avremo, posta eguale a 1,293 la densità dell'aria a 0° e 760 mm.,

$$dp = \rho dh \quad \text{ove} \quad \rho = 1,293 \frac{p}{760} / (1 + \alpha t)$$

e quindi

$$\log p = C \int_0^h \frac{dh}{1 + \alpha t} + \log p_0,$$

ove C è una costante.

Chiamando  $t_m$  una temperatura tale che sia

$$(2) \quad \int_0^h \frac{dh}{1 + \alpha t} = \frac{h}{1 + \alpha t_m},$$

avremo appunto

$$h = A \log \frac{p}{p_0} (1 + \alpha t_m),$$

E si comprende che, salvo casi particolarissimi,  $t_m$  è diverso dalla media  $\frac{t_0 + t_m}{2}$  delle due temperature  $t_0$  e  $t_m$  osservate alla partenza e all'altezza  $h$ .

Ciò dipenderà dalla legge con cui varia  $t$  con l'altezza. L'esperienza sola può decidere con quanta approssimazione si possa ritenere  $(t_0 + t_h)/2 = t_m$ .

Approfitterò perciò delle esperienze eseguite a Vigna di Valle in questi anni, per verificare se, introducendo nella formola (1) la media aritmetica delle temperature osservate al suolo e all'altezza  $h$  si ottengono risultati diversi da quelli reali e se la deviazione debba ritenersi importante agli scopi aeronautici. Una ricerca di tal genere credo che non sia stata compiuta per misure eseguite nell'aria libera; e non è a stupirsi che essa conduca a risultati alquanto diversi da quelli ottenuti con analoghi confronti istituiti però con pressioni e temperature misurate *al suolo* a scopo di livellazione: noi ammetteremo che tali risultati valgano, nei limiti assegnati, per l'Italia. Il procedimento eseguito per tale ricerca fu il seguente: si scelsero circa 225 lanci distribuiti nelle varie stagioni presso a poco uniformemente. La scelta venne fatta in modo da comprendere sia giornate calme o con vento forte a tutte le altezze, sia giornate in cui l'atmosfera si trovava calma in basso e agitata in alto e viceversa; e cioè si scelsero lanci molto elevati nei quali il pallone frenato, supportante l'apparecchio, potè arrivare alle alte quote in calma di vento o quasi, o il cervo volante potè, dal vento forte a tutte le altezze, essere sollevato molto in alto; e accanto a questi lanci brevi, interrotti cioè da un mutamento a una certa altezza delle condizioni dell'atmosfera: si riscontrano quasi in ugual numero lanci effettuati con tempo sereno e lanci con tempo coperto. L'ora del lancio è stata molto variabile e vi sono compresi lanci meridiani e lanci notturni. Di tutti questi lanci si fecero due spogli: da prima suddividendo l'altezza in tante parti, da calcolarsi separatamente, corrispondentemente ai punti singolari della registrazione della temperatura; ciascuna delle parti era scelta in modo che la temperatura variasse in esse talmente poco che, nei singoli tratti, si poteva assumere  $2t_m = t_{n_1} + t_{n_2}$ . Sommando le altezze dei tratti così considerati, si otteneva l'altezza raggiunta. Di poi si calcolava la media aritmetica della temperatura segnata in basso e di quella segnata in alto e in base a questa media delle temperature si applicava la formola (1) e si calcolava l'altezza. La piccolezza della differenza riscontrata

fra il 1° ed il 2° calcolo quale si manifesta nella seguente tabella, può servire a concludere che presso di noi esistono bensì come negli altri paesi delle singolarità nell'andamento della temperatura con l'altezza (inversioni, isoterme, punti doppi ecc.), ma queste singolarità si manifestano in spessori molto ristretti e non hanno praticamente molta influenza sul valore della temperatura media.

Infatti si rileva, dall'esame complessivo dei lanci, come da noi, salvo casi eccezionalmente di tempo spiccatamente anticiclonico e certamente in casi, da noi non potuti esaminare, in cui il suolo sia coperto di neve, mai si hanno inversioni che superino i due gradi centigradi, e quasi mai tali inversioni e le isoterme si stendono per oltre 100 m. E si noti che in molti dei casi da noi esaminati il pallone, o qualche rara volta il cervo volante, cessava di salire, per mutate condizioni di vento, precisamente in una di dette zone d'inversione e di isoterma e che perciò la media veniva precisamente ad essere influenzata nel modo più spiccato dall'esistenza di tali singolarità nell'andamento della temperatura con l'altezza. Sarà interessante pertanto esaminare la seguente tabella che prova appunto quanto sopra si è detto e altrettanto interessante sarà esaminarvi la frequenza con cui gli scarti di diversa grandezza si manifestano corrispondentemente alle varie altezze.

Analoghi risultati ho ottenuto riassumendo i lanci di pallone sonda effettuati a Pavia.

	Suolo-1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000	4000-5000
Num. dei casi esaminati . . . . .	20	55	75	20	55
Media degli errori m. . . . .	6	11	19	30	31
Errore medio % metri . . . . .	1	0,73	0,75	0,85	0,68
Frequenza degli errori tra 0 e 10 m. . .	16	28	18	4	9
"    "    "    " 10 e 20 m. . .	4	27	25	9	8
"    "    "    " 20 e 30 m. . .	—	—	25	5	13
"    "    "    " oltre 30 m. . .	—	—	7	2	25
Errore massimo m. . . . .	15	23	47	40	80

Abbiamo pertanto stabilito che nelle applicazioni in cui non si pretende una precisione superiore all'un per cento nella misura delle altezze (come nelle applicazioni aeronautiche ai calcoli di velocità, dei tiri ecc.) si può usare la formula (1), purchè, in luogo di fare un'ipotesi invariabile sulla temperatura come nei comuni altimetri, si assuma come temperatura media dello strato da misurare la media delle temperature agli estremi.

Questo fatto è fondamentale per le applicazioni aeronautiche e farò seguire la descrizione di nuovi apparecchi occorrenti in pratica per la soluzione del problema così impostato.