

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA NAZIONALE
DEI LINCEI

ANNO CCCXXI

1924

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXIII.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1924

la circondano. Si tratta verosimilmente di cedimenti per pochi centimetri alla volta e magari millimetri, ma estesi ed una più o meno notevole massa di rocce che con la loro brusca discesa provocano urti più o meno intensi su quelle sottostanti; e se gli abbassamenti, verticali o inclinati che siano, avvengano con forte sfregamento lungo i piani di frattura, possono produrre vibrazioni acustiche che spiegano i rombi. Quando, in seguito all'azione corroditrice delle acque sotterranee, gli strati profondi sono stati a sufficienza minati, ecco iniziarsi una serie di cedimenti del suolo, causa appunto d'un determinato *periodo sismico* il quale cessa soltanto dopo che sia stato raggiunto un assestamento, si noti bene, non definitivo, bensì temporaneo; poichè, appresso un certo numero di decenni e in seguito al ripetersi della stessa causa, l'equilibrio vien rotto di nuovo e ricomincia un altro periodo sismico.

In base a questa concezione sulla genesi di siffatti terremoti, è assai verosimile che il loro *ipocentro* sia relativamente poco profondo e che l'intensità d'ogni singola scossa debba essere tanto più considerevole quanto maggiore sia questa profondità, come pure maggiore l'estensione del blocco terrestre in moto e, infine, la grandezza della brusca discesa. E tornando alle scosse di Rivodutri, è probabile che il loro focolare sismico si trovi soltanto a non molte centinaia di metri di profondità, visto che anche quelle più forti non superarono il grado VI della scala sismica, passarono già inosservate ai sensi dell'uomo di là da un 5 km., e non furono capaci di perturbare il sismografo di Roma (km. 80 c. dall'epicentro) e neppure gli strumenti, ben più sensibili, di Rocca di Papa (km. 90) (1).

Meteorologia. — *Lo smorzamento dell'aria nell'atmosfera.*

Nota di EMILIO ODDONE, presentata dal Corrisp. LUIGI PALAZZO (2).

Mentre in idrodinamica si sono fatte le più svariate indagini sulla resistenza dell'aria al moto dei solidi e sul coefficiente cinematico di viscosità (3), non è di pari passo progredito in meteorologia lo studio dello smorzamento dell'aria contro l'aria e le asperità del suolo; problema complicato dalla difficoltà di prender conoscenza delle superficie in attrito.

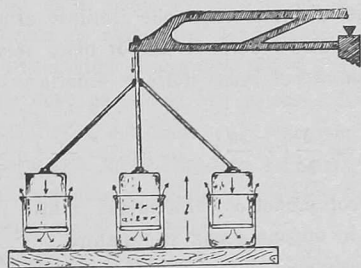
Mi sono accinto a questo studio, ma sento il bisogno di premettere che questa Nota ha carattere introduttivo e che solo in Note successive potrò dare conto dei risultati a cui sono arrivato nel mio studio sullo smorzamento dell'aria.

(1) Una relazione più particolareggiata su questo argomento verrà pubblicata nella rivista d'indole regionale « Terra Sabina » edita in Roma, anno II, n. 11.

(2) Presentata nella seduta del 7 dicembre 1924.

(3) Studi di Fritzsche, Blasius, Kármán, ecc.

Avviene smorzamento allorquando meccanicamente si provoca la variazione di volume di un gas attraverso vie ristrette. Un giogo di bilancia, recante all'estremo di un suo braccio un recipiente aperto inferiormente (vedi figura) capace di imboccare e percorrere assialmente un secondo recipiente fisso aperto verso l'alto, sente frenate le sue oscillazioni da smorzamento.



La legge dello smorzamento dice che la variazione di volume della massa del gas, nell'unità di tempo, dà luogo ad una proporzionale variazione di pressione secondo la relazione

$$(1) \quad \frac{dv}{dt} = -k dp.$$

La forza dp sorge per l'accelerazione d'attrito sulla massa in movimento. Se la variazione dp deve riuscire grande, è essenziale che la variazione di volume sia grande e piccolo il fattore k .

Il k deve rispecchiare le particolarità del gas e quelle geometriche dell'ambiente semichiuso dove l'aria si muove. Il suo valore è quindi solo costante caso per caso. Se l'aria dovesse fluire attraverso a pareti cilindriche e parallele come alla fig., il k assumerebbe un'espressione frazionaria, al cui numeratore trovano posto, tra altre quantità, una potenza della distanza tra le pareti e , ed al denominatore la lunghezza l percorsa dal gas lungo la generatrice, ed il coefficiente d'attrito interno μ del gas medesimo. Sarebbe

$$K = \dots \frac{e^n}{l\mu},$$

dove n vale 4 quando l'aria effluisce da un tubo capillare.

Se, nell'esempio, l'interapedine e fosse ampia e l'altezza l delle campane breve, k assumerebbe un valore grande e per la (1) la variazione dp risulterebbe piccola: viceversa, se e è stretta ed l lunga, k sarebbe piccolo e dp grande.

Se supponiamo di rapidamente comprimere (rarefare) il gas compreso, diminuendone (aumentandone) il volume col chiudere (aprire) telescopicamente le campane, pel fatto che, ostacolata dall'attrito interno, la quantità

d'aria che esce (entra) è insufficiente, si ha un temporaneo aumento (diminuzione) di pressione, il quale iperbolicamente si scosta da quello voluto dalla legge del Boyle quanto più aperte sono le vie di uscita e quanto meno istantaneo è l'impulso della forza.

Queste considerazioni troveranno la loro applicazione quando mi occuperò delle correnti aeree che si smorzano rasente terra. Nell'aria libera, in generale, lo smorzamento è minore, essendo limitato alla superficie di discontinuità che separa due strati aerei dotati di moto relativo. Le forze frizionali per unità di volume nel senso delle x e delle y sono allora rette dalle relazioni di Newton

$$(3) \quad dp_x = \frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{\partial u}{\partial z} \right), \quad dp_y = \frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{\partial v}{\partial z} \right)$$

espresse come sopra col prodotto della massa d'aria in moto per l'accelerazione d'attrito che le oppone l'aria confinante.

Fatta la differenziazione, i membri di destra comportano due termini: il primo, $\eta \frac{\partial^2}{\partial z^2}$, dice che la frizione dei due strati smorza lo strato che va più veloce ed accelera quello che procede più adagio; il secondo termine, $\frac{\partial \eta}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z}$, mostra che η non è costante, ma varia rapidamente coll'altezza, essendosi dimostrato funzione degli elementi meteorologici, e tanto maggiore quanto minore è la stabilità verticale dell'aria. Secondo Hesselberg e Sverdrup ⁽¹⁾, varia proporzionalmente al quadrato della turbolenza, e quindi accenna ad una forte componente ritardatrice nella parte più bassa della regione dove le due arie tumultuano. L' η corrisponde circa all' $\frac{1}{k}$ della formula (1). Il suo ordine di grandezza è da 10^1 a 10^2 ed è fattore complesso incomparabilmente maggiore del solito coefficiente sperimentale

$$\mu = 1,7 \times 10^{-4} \text{ (cm.}^{-1} \text{ gr. sec.}^{-1} \text{),}$$

definito come quella resistenza in grammi per ogni cm^2 che sorge quando due strati aerei, distanti un cm. l'uno dall'altro, scorrono l'un sull'altro colla velocità relativa di un cm. a sec.

Che lo smorzamento costituisca un fenomeno meteorico reale non vi è dubbio. Quotidiana è la constatazione di date masse d'aria che muovono per vie canaliformi, da esse medesime aperte in seno all'atmosfera. Il fatto che date raffiche e dati strati aerei corrono talora velocissimi con traiettorie limitate lateralmente da un'atmosfera tranquilla, e, dopo qualche cammino, ritardano od arrestano aperiodicamente la loro corsa senza nessun cenno di ritorno per riflessione della folata; l'altro fatto di turbini l'aria che procedono come fossero separati dall'altra aria da un muro impenetrabile, ed

⁽¹⁾ T. Hesselberg e H. U. Sverdrup, *Veröffentl. des Geophys. Inst. der Univ. Leipzig*, 2^a serie, vol. I, n. 10, an. 1915, pag. 278.

intanto convertono in forme diverse dal moto la loro energia; l'altro fatto ancora che venti provenienti da rombi diversi, incontrandosi, lambendosi, intromettendosi, non eguagliano perfettamente le variazioni del moto, stanno a dimostrazione che l'aria può smorzare l'aria. Di universale constatazione è poi lo smorzamento delle correnti aeree per via delle asperità del suolo.

Tutta la teoria del prof. Shaw, secondo la quale l'aria in convezione trascina seco per centinaia di chilometri lontano, in traiettoria ascendente, una certa quantità d'aria fredda circostante (evicted air) ⁽¹⁾, causando così un difetto di pressione dove parte, ed un eccesso dove arriva, basa sull'attrito dell'aria contro l'aria, e quindi sul fenomeno dello smorzamento. Gli anticicloni avrebbero vita meno duratura se l'aria, fluente lungo le isobare perimetrali, non smorzasse la discesa dell'aria anticiclonale coll'accelerazione dovuta al principio di Coriolis.

La prova che l'atmosfera è continuamente agitata da oscillazioni smorzate viene data dall'estinguersi progressivo, dopo due o tre oscillazioni, delle grandi escursioni barometriche del periodo di vari giorni, e dalle indicazioni dei microbarografi che continuamente riproducono le oscillazioni atmosferiche smorzate con un ordine di grandezza di qualche centesimo di millibar. E che si tratti di oscillazioni smorzate non v'ha dubbio. Quando una massa d'aria è soggetta ad una forza ascensionale e risente l'azione di una resistenza frizionale c proporzionale alla velocità verticale, il suo moto è retto dall'equazione

$$(4) \quad \frac{d^2 z}{dt^2} = -S(z - z_0) - 2c \frac{dz}{dt},$$

nella quale $z - z_0$ è l'altezza percorsa nel tempo t , e S è la già detta stabilità verticale. Per $S > c^2$, si ha come soluzione un'oscillazione smorzata del periodo $T = \frac{2\pi}{\sqrt{S - c^2}}$. L'equazione (4) è pressochè la stessa che si applica al moto del giogo della fig. 1, e così al moto che compie il pallone sferico attorno alla sua quota d'equilibrio.

Un secondo esempio, nella libera atmosfera, di correnti smorzate ci è dato dalle nubi ad onde di Helmholtz. Questo maestro ha mostrato che una corrente aerea, quando trascorre orizzontalmente su altra aria, lascia dietro a sé una scia ondosuola come succede quando i bastimenti avanzano coi motori pulsanti. Caratteristica del vento, l'aria superiore procede per impulsi e per onde che accelerano il moto ondosuola dello strato inferiore men veloce. I due sistemi ondosi interferendo fra loro danno origine a quelle onde stazionarie libere che si avvertono in grazia della condensazione detta a spina di pesce. L'oscillazione verrebbe presto smorzata, ove i non interrotti impulsi primarii

(1) L'aria non striscia su altra aria senza trascinarne una parte: a questo fenomeno, cui non è estraneo lo smorzamento, i meteorologisti inglesi hanno dato il nome di « *eviction* ».

non continuassero la sollecitazione. Le piccole variazioni di pressione, che in base alle formole (1) e (3), sorgono per questo smorzamento, sono provate dalle striscie nuvolose che compaiono sulle zone di depressione, e dalle striscie serene lungo le zone di pressione adiabatica.

Analogo smorzamento, retto dalle stesse formole avviene quando un lembo d'aria equatoriale sale e striscia sull'aria del cosiddetto fronte polare del Bjerknes (1).

Lo smorzamento dell'aria nella libera atmosfera è, in terzo luogo, provato dalle misure d'intensità nelle onde esplosive e nelle stesse onde sonore. L'onda esplosiva avanza comprimendo e dilatando: la compressione (dilatazione) produce una istantanea diminuzione (aumento) di volume dell'aria che sta innanzi, diminuzione (aumento) alla quale corrisponde un proporzionale aumento (diminuzione) della pressione.

Teoricamente, dovendo la forza viva del sistema rimanere costante, dovrebbe aversi, nel libero spazio,

$$(5) \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{r_2}{r_1},$$

essendo v_1 e v_2 le velocità di vibrazione alle distanze r_1 ed r_2 dal centro di scotimento.

Il fatto che v diminuisce più rapidamente di r è prova di smorzamento.

Dalla

$$(6) \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{r_2}{r_1} e^{-k(r_2-r_1)}$$

si ricava il coefficiente di assorbimento o di attenuazione dell'energia, che in questo caso è anche coefficiente di smorzamento. Trattandosi di onde rapide, lo smorzamento riesce parziale, non aperiodico.

Forniscono inoltre materia per lo studio dello smorzamento i vortici grandi e piccoli, quali i tornadi, i tifoni, le trombe marine. I vortici, per la teoria del Thomson, sarebbero indistruttibili se non ci fosse l'attrito. La loro breve esistenza è dovuta allo smorzamento. La rotazione mantiene la rarefazione interna per forza centrifuga: ma se la rotazione della parte inferiore, pel maggior attrito, assume una minor velocità, il vortice perde in inerzia ed in consistenza.

Avviene anche smorzamento quando l'aria, in rottura di equilibrio termico, sfoga nelle piccole turbolenze della convezione. La ricerca ha già dato luogo ad una mia recente pubblicazione (2), per cui non sto a ripetere, salvo ricordare che tale smorzamento mi è sembrato reale, atto a dare una parziale interpretazione dell'oscillazione semidiurna di pressione.

In una prossima seconda Nota tratterò il problema dello smorzamento delle correnti aeree rasente terra.

(1) J. Bjerknes, *Diagnostic and prognostic application of mountain observations* (*Geofysiske publikationer*, vol. III, n. 6, Kristiania, 1924).

(2) E. Oddone, *Teoria della oscillazione semidiurna di pressione* (in *La meteorologia pratica*. Montecassino, anno V, 1924).