SULLE CORRENTI AEREE.

Nota di P. BURGATTI.

Dal giorno che mi fu dato compiere alcune ascensioni in aerostato per scopi scientifici nacque in me vivissimo il desiderio di scoprire le relazioni che passano tra i movimenti dell'aria per una data distribuzione di pressione e questa medesima distribuzione. La soluzione di questo problema fu lungamente cercata dagli aeronauti del secolo scorso, che volevano stabilire la pratica della navigazione aerea in pallone libero su basi razionali; ma non vi riuscirono; e anzi i movimenti delle correnti aeree parvero loro sì complicati, che rinunziarono a quella ricerca, e si diedero negli ultimi anni allo studio dei dirigibili. Ma anche per l'impiego dei dirigibili, quando saranno portati a tal grado di perfezione da permettere l'intrapresa di lunghi viaggi, la conoscenza delle leggi che regolano le correnti aeree è necessaria, perchè in generale la velocità del vento è dello stesso ordine di grandezza di quella prodotta dai motori.

I meteorologhi s'occuparono da principio dello studio delle correnti generali dell'atmosfera, e del vento alla superficie terrestre. La legge di Buys-Ballot dice che in un'area ciclonica l'aria vicina al suolo circola in senso opposto alle lancette d'un orologio, e il vento è alquanto inclinato rispetto all'isobara e verso il centro ciclonico; e l'angolo d'inclinazione varia col gradiente, colla posizione geografica e topografica del luogo, e anche colla sua situazione nell'area ciclonica. Solo in questi ultimi anni furono fatte regolari osservazioni delle nubi inferiori; ne risultò che in massima si muovono in una direzione quasi normale al gradiente.

I miei studi sulle traiettorie dei palloni confermano e completano questa conclusione.

Io raccolsi i dati di molte ascensioni compiute in Europa; e curai la scelta di quelle che si effettuarono in condizioni barometriche poco variabili per tutto il tempo della loro du-

rata. Disegnate poi le traiettorie sopra una carta geografica, tracciai per ogni singolo caso e con la massima cura le isobare di mill. in mill. corrispondenti alla distribuzione di pressione che esisteva in Europa nell'ora della partenza dell' areostato, o in ore vicine. Da tali numerosi raffronti (alcuni dei quali possono vedersi nel Bollettino della Società Aeronautica Italiana 1906-07) potei dedurre la legge seguente, non certo esatta, ma molto approssimata:

In una regione ove la variazione della distribuzione di pressione in un certo intervallo di tempo è sufficientemente piccola, un aerostato librato nell'atmosfera a una certa altezza dal suolo (in massima dai 1000 ai 5000 metri) percorre in quel tempo una traiettoria, la cui proiezione sul suolo coincide quasi con l'isobara passante pel luogo di partenza; e si muove in tal senso, che un osservatore rivolto verso la direzione del moto ha sulla sua sinistra le regioni ove la pressione è più bassa, a destra quelle ov' è più alta.

Trovata questa legge, si presenta tosto un'altra questione, che se poco o nulla interessa l'aeronauta, è al contrario importante pel fisico e pel meteorologo. È possibile pervenire alla legge osservata mediante considerazioni teoriche, nei limiti, beninteso, della sua approssimazione? I semplici ragionamenti che seguono conducono allo scopo.

Sia R la regione occupata da un fluido, e (a, b, c) le coordinate iniziali (per $t = t_0$) di una particella qualunque. Indicando con (x, y, z) le coordinate di (a, b, c) alla fine del tempo t; con ρ, T, P i valori della densità, temperatura e pressione relative alla stessa particella al tempo t, il moto del fluido e il suo stato fisico alla fine d'ogni tempo è definito da sei relazioni della forma

$$\begin{aligned} x &= x\,(a, b, c, t) & \mathrm{P} &= \mathrm{P}\,(a, b, c, t) \\ y &= y\,(a, b, c, t) & \mathrm{T} &= \mathrm{T}\,(a, b, c, t) \\ z &= z\,(a, b, c, t) & \rho &= \rho\,(a, b, c, t)\ . \end{aligned}$$

Supponiamo che P e T (e per conseguenza anche ρ) siano indipendenti dal tempo. Diremo allóra che il fluido è in *regime stazionario*. Consideriamo inizialmente una superficie isobara P_0, e tutte le particelle (a, b, c) che si trovano su essa.

Al tempo t quelle particelle formano un' altra superficie, nei punti della quale però la pressione è ancora P_0; perchè P dipende dalle coordinate iniziali e non dal tempo. Dunque le particelle, che al tempo $t = t_0$ si trovano sopra una certa superficie isobara, restano costantemente su quella stessa superficie isobara, la quale però si muove deformandosi nello spazio. La stessa conclusione vale per le particelle che si trovano sopra una medesima superficie isoterma. Se dunque consideriamo le linee *isobare-isoterme*, intersezioni delle superficie P = cost. e T = cost., possiamo concludere: *In regime stazionario, le particelle che in un dato istante si trovano sopra una linea isobara-isoterma restano costantemente su quella stessa linea, la quale però si muove deformandosi nello spazio.* In particolare, se in un certo intervallo di tempo il moto di deformazione di quelle linee è abbastanza piccolo per potersi trascurare, possiamo dire con sufficiente approssimazione che le particelle scorrono lungo quelle linee. E inversamente; se le osservazioni ci mostrano che durante un certo tempo la pressione e la temperatura variano di poco, e che le linee isobare-isoterme iniziali restano quasi fisse nello spazio, potremo concludere che durante quel tempo il moto è in regime *quasi stazionario*, e che le particelle percorrono approssimativamente le isobare-isoterme sulle quali inizialmente si trovano.

L' applicazione di queste considerazioni teoriche ai moti dell' atmosfera permette di dedurre facilmente la legge suesposta, e di farsi un' idea abbastanza chiara del suo grado di approssimazione. Le osservazioni quotidiane mostrano che non di rado la distribuzione della pressione alla superficie terrestre subisce durante alcune ore variazioni sì limitate, da potersi considerare dal nostro punto di vista come quasi stazionaria. In tali casi è ragionevole ammettere la quasi-stazionarietà anche nelle regioni superiori, ove si muovono le nubi; il che non contraddice ai fatti osservati. A quelle altezze anche la temperatura sovente varia di poco (specialmente durante la notte); e inoltre le superficie isoterme si possono ritenere quasi coincidenti con le superficie di livello; per conseguenza le linee isobare-isoterme a quelle altezze sono le linee isobare

giacenti sulle superficie di livello. Dunque, ammessa la quasi stazionarietà, quelle linee sono approssimativamente le traiettorie delle particelle che si trovano sopra esse. Risulta così razionalmente dedotta la legge esposta; nell'enunciazione della quale, volendo introdurre maggior rigore, si dovrebbe sostituire alla considerazione delle isobare terrestri quella delle isobare giacenti sulla superficie di livello in cui si muove l'aerostato. Fortunatamente quei due sistemi d'isobare differiscono poco tra loro; ond'è possibile in pratica riferirsi a quelle terrestri, che sono le sole che noi possiamo ogni giorno tracciare.

Quanto al senso del moto, nulla si può dedurre dalle considerazioni precedenti. Esso dipende dalle condizioni iniziali; ed è generalmente ammesso che nella formazione iniziale dei cicloni e anticicloni la rotazione terrestre influisca per modo, che le correnti aeree nel loro percorso lascino a sinistra le regioni di pressioni più bassa, a destra quelle ov'è più alta.

Quando il regime non è stazionario, ed è noto il modo di variare della pressione in un certo intervallo h di tempo, si può dividere h in un numero conveniente d'intervalli parziali, per modo che in ciascun d'essi il moto possa considerarsi in regime stazionario. Si viene così a tracciare sulla carta delle traiettorie poligonali, che spesso sono molto concordanti con le vere. Ciò ho potuto verificare in alcuni casi. Ma la questione del regime non stazionario è assai complessa. Pur restando nel solo campo sperimentale, mancano ancora i dati necessari per giungere a conseguenze generali.