

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCX.

1913

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1913

supposto  $c_v$  costante, come richiede la teoria, e come io speravo di verificare, si sarebbe avuto

$$c_v(t_2 - t_1) = \int_{r_1}^{r_2} \gamma_v dr.$$

L'integrale del 2° membro è facilmente calcolabile coi dati dell'esperienza che fornisce  $\gamma_v$  in funzione di  $r$ ; si sarebbe potuto così ottenere il valore di un intervallo qualsiasi di temperatura  $t_2 - t_1$  dal valore dell'integrale del 2° membro tra le resistenze corrispondenti  $r_1, r_2$ . Con ciò la misura delle alte temperature si sarebbe ricondotta a una misura di resistenze, senza calibrazione con punti fissi, e senza ricorrere a relazioni empiriche tra  $r$  e  $t$ , che richiedono sempre una estrapolazione malsicura nel campo delle temperature elevatissime. Si sarebbe avuto quindi un nuovo criterio assoluto per la misura esatta delle alte temperature dei corpi reali, fondato sulla teoria dei calori specifici, come un criterio assoluto è offerto per la temperatura del corpo nero dalla applicazione delle leggi di Stefan o di Wien.

La constatata variabilità del calore specifico ad alta temperatura toglie la possibilità di ricorrere a un metodo così seducente, ma rivela insieme una deficienza inattesa e grave della teoria. Malgrado i progressi recenti dovuti alla ipotesi dei quanti, nel campo delle basse temperature, la teoria dei calori specifici ha ancora molto da fare per portarsi in accordo sicuro coi fatti; e le divergenze più gravi si manifestano proprio nel campo delle alte temperature, per il quale pareva indubitato che la legge di Dulong e Petit avesse la sua piena validità.

### Fisica terrestre. — *Sull'azione refrigeratrice dei ghiacciai.*

Nota del prof. V. MONTI, presentata dal Corrisp. A. BATTELLI.

1. Che nelle vicinanze delle fronti dei ghiacciai l'atmosfera delle località sottostanti debba, in condizioni convenienti di distanza, di stagione e di ora, presentare temperature più basse di quelle che i soli effetti della altitudine e dell'insolazione importerebbero è cosa, naturalmente, da non mettersi in dubbio. Se però si cerca di farsi un'idea quantitativa di questa azione refrigeratrice dei ghiacciai, s'incontrano gravi difficoltà, tanto ricorrendo a elementi di studio diretti come ad elementi indiretti.

Elementi diretti sono le osservazioni termometriche regolari istituite in località più meno vicine alle fronti dei ghiacciai. Le difficoltà che qui si presentano sono di due specie; e cioè:

a) Penuria delle osservazioni stesse in quanto siano prolungate per un tempo sufficiente. Nelle Alpi, p. es., sono tre i bacini glaciali principali che più interesserebbe considerare: quello di Chamonix nel gruppo del

M. Bianco; quello di Zermatt nei gruppi del Cervino e del Rosa; quello di Grindelwald nell'Oberland bernese. Ma per Chamonix non si hanno che alcune osservazioni sporadiche di De Saussure, relative alla fine del secolo XVIII, e quelle estive, e non esenti da numerose lacune, di J. Vallot, relative agli anni 1887, 1890-91-92 (cfr. *Ann. de l'Observ. du M. Blanc*; I, III). Per Zermatt le cose vanno molto meglio; le osservazioni regolari alle ore 7, 13 e 21 vi si fanno in tutte le stagioni ininterrottamente dal 1886 in poi: invece per Grindelwald, non solo le regolari osservazioni incominciarono più tardi, ma le lacune arrivano fino al 1897.

b) Influenze a cui la temperatura sottostà per cause estranee alla vicinanza dei ghiacciai. Citerò, ad esempio, una circostanza che si verifica nel caso di Chamonix, e che è stata messa in luce da Vallot. Il paese è collocato in una valle profonda, orientata da SW a NE; la disposizione stessa delle montagne che fiancheggiano questa valle e la loro altezza ritardano l'apparire del sole al mattino e ne anticipano la scomparsa serale; ne deriva un caratteristico prolungarsi del freddo notturno che in estate dura fino verso 8<sup>h</sup> ed a cui succede un brusco aumento di temperatura.

Di elementi indiretti ve n'ha più d'uno. Per es., il limite altimetrico del bosco suole arretrare in modo sensibile davanti alle fronti dei grandi ghiacciai, per causa della corrente d'aria refrigerata e addensata che ne discende. È però da notare che questa corrente è anche essiccata dai ghiacciai, e che ciò contribuisce allo stesso effetto; non mancano poi eccezioni alla norma generale dell'azione dei ghiacciai sul bosco. Per es., nello studiare il limite del bosco al Gran Paradiso (cfr. *Riv. Geogr. It.*, 1913), ho incontrato il caso del grande ghiacciaio del Traio, di contro alla cui morena frontale termina il bosco, toccando quivi la quota del suo limite climatico. In generale poi l'opera del diboscamento è stata nelle Alpi così attiva, che la determinazione del limite del bosco riesce in molti casi singolarmente difficile; senza contare che sulla quota di esso, oltre alla vicinanza dei ghiacciai, troppe altre cause influiscono, come la natura del terreno, la configurazione del rilievo orografico, la circolazione dei venti, le precipitazioni, le valanghe, ecc.

Tutto sommato, il miglior partito è ancora quello di ricorrere agli elementi diretti.

Questi possono al nostro scopo impiegarsi in due modi distinti. Si può, in primo luogo, confrontare le temperature di una località vicina a grandi ghiacciai in un'epoca in cui questi abbiano avuto una grande estensione, con quelle che la località stessa presenta in un'epoca di magra. È ciò che cercherò di fare, per quanto è possibile, per Chamonix.

Si possono poi confrontare le temperature attuali di una località vicina ai ghiacciai, con quelle che, a pari altitudine, si hanno ad una distanza un po' maggiore dai medesimi. Qualche cosa di simile è, fino ad un certo punto,

possibile pel bacino di Zermatt. Nell'un caso e nell'altro l'azione refrigeratrice dei ghiacciai risulta minore di quel che alla prima si crederebbe.

2. I soggiorni di Saussure a Chamonix ebbero luogo tra il 1760 e il 1790. Che entro quell'intervallo di tempo, e precisamente verso il 1770, si sia iniziato un periodo di avanzata generale dei ghiacciai alpini è cosa nota, e, per molte indicazioni che Saussure dà qua e là nei *Voyages dans les Alpes*, perfettamente applicabile anche al M. Bianco <sup>(1)</sup>. Non si potrebbe però dedurre senz'altro da questa circostanza che i ghiacciai del M. Bianco fossero allora molto più estesi di adesso. La prova di questo fatto non può dedursi che dal confronto di vedute dei ghiacciai, prese, dallo stesso punto di vista o quasi, alla fine del secolo XVIII e a quella del XIX. Una fortunata circostanza mi porge il modo di soddisfare a questa esigenza, se non pei ghiacciai discendenti verso Chamonix, per uno almeno dei maggiori del versante di Courmayeur, la Brenva. Una bella veduta di questo interessante ghiacciaio fu presa nel 1767 da Jallabert ed orna il III volume dei *Voyages*. Dello stesso ghiacciaio e quasi dallo stesso punto di vista prese una fotografia nei primi anni del secolo XX Porro (*Boll. del C. A. I.*; 1904); e il confronto mostra che lo stato della fronte e la mole della lingua terminale non potrebbero essere più diversi.

La maggiore estensione che i ghiacciai presentavano sullo scorcio del secolo XVIII nel gruppo del M. Bianco doveva operare più attivamente che non ora sulla temperatura dei luoghi vicini per tre ragioni cospiranti, e cioè:

- a) perchè l'azione refrigeratrice dei ghiacciai era certamente rinforzata dalla loro maggior mole;
- b) perchè le fronti dei ghiacciai discendevano più in basso;
- c) perchè rimaneva coperta di ghiaccio una parte di terreno roccioso che, altrimenti, riverberando il calor solare, avrebbe contribuito a sollevare le superficie isoterme.

Accingendoci a verificare se ci è dato di rinvenire una differenza tra le temperature che si osservavano allora a Chamonix e quelle che si osservano adesso, potremo restringerci all'estate ed alle ore più calde, perchè è in tale stagione e in tali ore che, essendo più alta la differenza di temperatura tra l'atmosfera e la superficie del ghiacciaio, l'azione refrigeratrice di questo può essere più intensa; e vi contribuisce il fatto che in tale stagione e in tali ore scorrono più abbondanti le gelide acque di fusione del ghiacciaio e meglio possono servire a propagare a distanza l'azione medesima.

<sup>(1)</sup> Leggesi nella *Geografia fisica* di E. Kant che un W. Coxe, autore di lettere sullo stato della Svizzera le quali apparvero, tradotte in tedesco, a Zurigo nel 1792, aveva già nel 1785 riscontrato un regresso dei ghiacciai di Grindelwald; ed è soggiunto che qualche cosa di simile egli ebbe a notare nella « Mer de Glace » presso Chamonix. Di questa seconda osservazione non è però in Kant assegnata la data.



Ora, nel III volume dei *Voyages*, nel capitolo dedicato al clima, alla agricoltura, ecc. della valle di Chamonix, Saussure scrive che la massima temperatura da lui osservata nei suoi undici soggiorni nel capoluogo fu di 20°,2 R. e si ebbe il 25 luglio 1781. Quando l'A. così scriveva, non doveva avere ancora compiuta la sua celebre campagna meteorologica al Colle del Gigante, durata dal 5 al 18 luglio 1788, o non ne aveva ancora presi in considerazione i risultati. Questi non figurano infatti nei *Voyages*. Il registro delle osservazioni fatte in quella campagna rimase inedito presso la famiglia dello scienziato ginevrino, finchè, nel 1890, un suo nipote, Enrico De Saussure, lo pubblicò nel suo testo originale in occasione del centenario della Società di Fisica e Storia naturale di Ginevra.

Durante la campagna in questione la temperatura fu osservata di 2 in 2 ore, senza interruzione, al Colle, a Chamonix ed a Ginevra. Per Chamonix la citata massima del 25 luglio 1781 fu superata, in quelle due settimane di luglio 1788, nei giorni 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17 e 18. La temperatura più alta si osservò intorno a 12<sup>h</sup> del 13 e fu di 24° R. Posto che Saussure determinava ancora l'80° R. dei suoi termometri immergendone il bulbo nell'acqua bollente invece che nel vapore di essa, e assumeva come pressione normale quella di 27 pollici, pari a 730 mm. (cfr. il suo *Essai sur l'hygrométrie*), questa temperatura, ridotta in centigradi, non equivale appunto a 30° C., ma corrisponde probabilmente a qualche cosa di meno. Tenendo poi conto di un eventuale spostamento dello 0, che nei buoni termometri dell'epoca poteva arrivare fino a mezzo grado circa (1), si conclude che la massima temperatura osservata per opera di Saussure a Chamonix fu compresa tra 29° e 30° C.

A questo punto è necessario occuparci delle condizioni termiche generali dell'estate 1788. Qualche lume si può ricavare in proposito dai più vecchi osservatori della valle del Po. Torino dà pel luglio 1788 una media di 23°,4 C., superiore di 0°,6 alla media generale di luglio nel periodo 1787-1865, in cui le osservazioni furon fatte all'Accademia delle Scienze. Dai dati poi di Milano e di Padova, insieme con quelli di Klagenfurt, Hann dedusse (*Klimatologie*, I), che nel 1788 culminò la fase calda e asciutta del noto ciclo di Brückner.

Saltando ora di piè pari un secolo, si giunge alle osservazioni di Vallot. Nel frattempo, oltre al ritiro dei ghiacciai, un altro elemento deve essere avvenuto, ed avere apportato una modificazione nel clima di Chamonix. Questo è il diboscamento, che dovette essere inevitabile se il piccolo villaggio perduto nelle Alpi si è mutato in una frequentata e ricca villeggiatura estiva. Ma le misure di Hann (loc. cit.), fatte sui boschi dei dintorni

(1) Quando, nel 1822, Pictet riscontrò la graduazione del termometro che da un quarantennio serviva all'osservatorio di Ginevra, verificò appunto uno spostamento di 0°,5 R.

di Vienna, han mostrato che l'influenza del bosco sulla temperatura, massima al mattino ed alla sera, è molto minore nelle ore meridiane, alle quali dobbiamo limitarci per trovare dei termini di confronto colle osservazioni di Saussure. Il confronto poi sarà tanto più attendibile, in quanto che nel 1893, cioè appena un anno dopo le ultime osservazioni di Vallot, culmina di nuovo, secondo le determinazioni di Hann, la fase calda del ciclo di Brückner.

Vallot installò nel 1887 un registratore Richard nel giardino dell'*Hôtel du M. Blanc*, entro l'abitato di Chamonix, a una quota di m. 1035, di soli 6 metri superiore alla quota data da Saussure per la sua osservazione del luglio 1781. A partire dal 1890, il registratore funzionò allo Chalet Vallot, fuori dell'abitato, a una quota di m. 1085. Ritenendo  $0^{\circ},75$  come gradiente medio verticale per Em. della temperatura in estate verso il mezzogiorno, le temperature meridiane osservate dal Vallot nel 1890-91-92 vanno dunque aumentate di circa  $0^{\circ},4$  per renderle comparabili a quelle di Saussure.

Pel 1887 Vallot ha pubblicato solamente la riproduzione dei grafici sperimentali. Tra il 16 luglio e il 12 settembre le massime non raggiunsero mai  $30^{\circ}$ ; superarono  $29^{\circ}$  il 19 luglio e l'8 e 9 agosto: quell'estate dovette nei dintorni del M. Bianco essere abbastanza calda se le anomalie medie di luglio furono di  $+2^{\circ},3$  per Ginevra e  $+2^{\circ},2$  pel G. S. Bernardo, e quelle d'agosto di  $+0^{\circ},5$  per Ginevra e  $+0^{\circ},7$  pel G. S. Bernardo.

Pel 1890 e i due anni seguenti l'A. pubblica i risultati orari dello spoglio dei diagrammi e le massime e le minime di ciascun giorno. Nel 1890 la temperatura più alta si ha il 18 agosto con  $28^{\circ}$ ; l'estate fu relativamente mite; le anomalie di luglio furono di  $-1^{\circ},2$  per Ginevra, di  $-1^{\circ},3$  pel G. S. Bernardo; quelle di agosto di  $-0^{\circ},25$  e  $\pm 0^{\circ},0$  per le due località rispettivamente.

Pel 1891 la massima delle massime è di  $29^{\circ},8$  il 15 agosto. Anche questa fu un'estate relativamente mite; anomalie di luglio:  $-0^{\circ},7$  per Ginevra,  $-0^{\circ},6$  pel G. S. Bernardo; anomalie di agosto:  $-0^{\circ},6$  e  $-1^{\circ},2$  rispettivamente.

Pel 1892, estate relativamente calda, la massima di agosto fu di  $31^{\circ},2$  il 17; anomalie di luglio:  $-0^{\circ},7$  per Ginevra,  $+0^{\circ},4$  pel G. S. Bernardo; anomalie d'agosto:  $+1^{\circ},4$  e  $+1^{\circ},8$  rispettivamente.

Se è lecito esprimere un giudizio in base ai citati elementi, il ritiro dei ghiacciai effettuati durante il secolo XIX non avrebbe dunque sensibilmente influenzato le temperature estive di Chamonix.

3. Passeremo ora a considerare col secondo dei metodi in principio accennati l'anfiteatro glaciale di Zermatt.

Il materiale di studio si prospetta qui nel modo seguente. Zermatt sta in fondo ad una conca incisa nel versante settentrionale dei gruppi del Cervino e del Rosa, ad una quota di m. 1613. Scendono dalle pareti che abbrac-

ciano l'anfiteatro numerosi ghiacciai, una quindicina circa; la linea media delle fronti corre suppergiù a m. 2500; ma alcuni ghiacciai, e fra i maggiori, si abbassano assai più; per esempio, il Gornergletscher ha la fronte a m. 1840; la distanza orizzontale tra Zermatt e le estremità più vicine dei ghiacciai è di 3-4 km. In fondo all'estremità N della conca, là dove questa sbocca nel Vallese, a soli 19 metri più in alto di Zermatt, in posizione più libera e più lontana dal grosso dei ghiacciai, è Grächen. Per entrambe le località de Quervain ha calcolato (*Beitr. z. Geophys.*; 1904) le medie temperature mensili, per le ore 7, 13 e 21, dedotte dal decennio 1891-1900. Dallo stesso decennio e per le stesse ore, sui dati di Zurigo, Lucerna, Altstätten, del Rigi e del Säntis, egli ha pure calcolato i gradienti medi verticali mensili. Data la piccola differenza altimetrica tra Grächen e Zermatt, essi possono perfettamente servire a ridurre al livello di Zermatt le temperature di Grächen.

Limiteremo il confronto tra le due località al periodo aprile-novembre per cui meglio si può parlare di azione refrigeratrice dei ghiacciai. Lo specchio seguente è diviso in tre parti relative alle ore 7, 13 e 21 rispettivamente. Nella prima orizzontale di ciascuna parte figurano le medie di Zermatt per ogni mese del detto periodo; nella seconda quelle di Grächen ridotte al livello di Zermatt; nella terza le differenze Zermatt-Grächen.

	A	M	G	L	A	S	O	N
Ore 7	— 0,7	4,2	9,0	10,7	8,9	6,2	1,9	— 2,1
	0,1	5,8	10,4	12,1	10,8	7,9	3,4	— 0,1
	— 0,8	— 1,6	— 1,4	— 1,4	— 1,9	— 1,7	— 1,5	— 2,0
Ore 13	7,3	11,0	15,3	17,7	16,8	14,5	9,1	4,4
	7,0	10,4	14,8	17,5	16,6	14,0	8,8	5,0
	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,5	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,5	+ 0,3	+ 0,6
Ore 21	1,5	5,3	8,8	10,7	10,2	7,9	3,2	— 1,3
	2,3	5,7	10,2	12,3	11,7	9,1	4,2	0,3
	— 0,8	— 0,4	— 1,4	— 1,6	— 1,5	— 1,2	— 1,0	— 1,6

I valori e i segni delle differenze si prestano a qualche considerazione. Che alle 7 ed alle 21 Zermatt sia più fredda di Grächen, ciò può dipendere dalla vicinanza dei ghiacciai, ma vi contribuisce certamente la posizione di Zermatt, più riparata dal sole. Invece a ore 13 Zermatt è più calda di Grächen, eccettuato novembre. Poichè è innegabile che appunto verso quell'ora l'effetto della vicinanza dei ghiacciai deve essere maggiore, a spiegare i valori positivi delle differenze bisogna ricorrere al calore riverberato dalle enormi pareti rocciose ignude circostanti e dal materiale morenico.

Il minore eccesso di Zermatt su Grächen a 13<sup>h</sup> si ha in luglio ed agosto, nel qual fatto appare evidente l'influenza termica dei ghiacciai.

Ad ogni modo, tanto le osservazioni di Chamonix come queste ultime di Zermatt, concorrono a mostrare come tale azione dei ghiacciai sia piccola già a qualche km. di distanza dalle loro fronti.

4. Non è perciò da aspettarsi che i gradienti termometrici verticali calcolati in base ad un'alta stazione di vetta e ad un'altra prossima a ghiacciai sian per risultare anomali per difetto. I calcoli fondati sui risultati dell'osservazione confermano questo modo di vedere.

Il gradiente calcolato da Hann (*Met. Zeitschr.*; 1907) sulle osservazioni di Vallot all'osservatorio delle Bosses e a Chamonix non presenta nulla di anormale. Esso ammonta in media (bene inteso per la stagione a cui le osservazioni si riferiscono, e cioè per l'estate) a  $0^{\circ},62$  per Em., mentre in Svizzera è, in media, per giugno di  $0^{\circ},66$ , per luglio di  $0^{\circ},58$ , per agosto di  $0^{\circ},60$ , per l'estate  $0^{\circ},61$ . Il più alto valore orario del gradiente Bosses-Chamonix si ha a  $14^h$  ed è di  $0^{\circ},73$ , mentre in Svizzera è sempre, nei mesi estivi ed a  $13^h$ , di  $0^{\circ},76$ .

Similmente i dati forniti da Alessandri ed Eredia (*Atti della R. Accademia dei Lincei*; 1909) per le estati 1907 e 1908 alla Capanna Margherita sul Roma, e quelli sincroni per Zermatt che si possono avere dagli Annali dell'Ufficio meteorologico svizzero permettono un calcolo analogo del gradiente Capanna-Zermatt.

Per agosto si hanno i seguenti dati medi:

Ore	7	gradiente di	$0^{\circ},64$
"	13	"	" $0^{\circ},82$
"	21	"	" $0^{\circ},65$

Ora il gradiente  $0^{\circ},82$  è precisamente il più alto di quelli calcolati da de Quervain per la Svizzera, e gli risultò appunto per il mese di agosto, e s'intende per le ore 13, nell'intervallo Rigi-Lucerna.

**Fisica.** — *Sulla birifrangenza della sostanza corticale dei peli animali.* Nota II di A. POCHETTINO, presentata dal Socio P. BLASERNA.

1. La doppia rifrazione accidentale nelle sostanze che presentano nel comportamento elastico deviazioni notevoli dalla legge di Hooke, ha formato oggetto di parecchie ricerche sperimentali <sup>(1)</sup>; presenta un certo interesse l'esame di questo fenomeno nelle sostanze a struttura nettamente cellulare che, come la sostanza corticale dei peli animali, oltre ad un comportamento elastico anomalo, presentano già allo stato naturale una forte birifrangenza. Nella presente Nota espongo i risultati di alcune osservazioni sulla birifran-

<sup>(1)</sup> Bjerkén, Wied. Ann., 43, pag. 808, 1891; Leick, Ann. der Phys., 14, pag. 139, 1904; Rossi P., Rend. R. Accad. Napoli, nn. 5, 6, 7, 8, 9. 1910.