

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCII.

1905

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIV.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1905

Fisica terrestre. — *Sul Pireliometro a compensazione elettrica dell'Ångström*. Nota di CIRO CHISTONI, presentata dal Socio P. BLASERNA.

Nell'eseguire le misure pireliometriche a Corleto, a Modena, a Sestola ed al Monte Cimone dal 1898 al 1901 ⁽¹⁾, non ebbi solo per iscopo di trovare dei valori pireliometrici, ma anche di esaminare i vari apparecchi proposti per le ricerche di questo genere.

Impegnato, prima come membro della Commissione internazionale per le osservazioni della radiazione solare ⁽²⁾, poi come membro del Comitato della Società degli Spettroscopisti italiani per lo studio del Sole ⁽³⁾, ad intraprendere una serie lunga di misure pireliometriche, credetti mio dovere anzitutto di decidere, fra i vari proposti, quale strumento avrei preferito ⁽⁴⁾. Quando presi parte alla discussione nella riunione della Commissione della radiazione solare a Parigi nel settembre del 1900 ⁽⁵⁾, non aveva ancora avuto campo di studiare praticamente il pireliometro a compensazione elettrica dell'Ångström; ed è stato in quell'occasione che il sig. Edelstam ebbe la cortesia di mostrarmi il pireliometro e di interessarsi poi presso il sig. prof. Ångström perchè potessi avere sollecitamente uno di detti apparecchi ⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Rendiconti della R. Accad. dei Lincei, serie 5^a, vol. XI, 1° sem. 1902, pagg. 77, 479 e 539; vol. XII, 1° sem. 1903, pagg. 53, 258 e 625; vol. XIV, 1° sem. 1905, pag. 147.

⁽²⁾ *Rapport de la Conférence météorologique internationale*; réunion de Paris, 1896, pag. 24. Paris, Gauthier-Villars, 1897.

⁽³⁾ *Memorie della Soc. degli spettroscopisti italiani*, vol. XXXIII (1904), pag. 211.

⁽⁴⁾ Dalle notizie relative a studi solari pubblicate dal prof. A. Riccò (*Mem. Soc. spet. ital.*, vol. XXXIII (1904), pag. 249) rilevo che il Comitato centrale per gli studi sul Sole desidera conoscere quale apparecchio o quali apparecchi adotta ogni membro dei Comitati parziali per le sue speciali ricerche.

⁽⁵⁾ *Congrès international de météorologie*. Paris, 1900 (pag. 58), Paris, Gauthier-Villars, 1901.

⁽⁶⁾ Per conoscere il principio scientifico sul quale è basato il pireliometro a compensazione elettrica dell'Ångström e per comprendere come è costruito questo apparecchio, si possono consultare: *Eine elektrische Kompensationsmethode zur quantitativen Bestimmung Strahlender Wärme*, von Knut Ångström (Nova Acta regiae Societatis Scientiarum upsaliensis; serie tertiae; vol. XVI, 1893; ed anche: *The physical Review*, I, 365, 1893). K. Ångström, *Ueber absolute Bestimmungen der Wärmestrahlung mit dem elektrischen Kompensationspyrheliometer, nebst einigen Beispielen der Anwendung dieses Instrumentes* (Wied. Ann. der Phys. und Ch. neue Folge; Bd. LXVII (1899) ed anche: *Astrophysical Journal*, vol. IX (1899), pag. 334). — K. Ångström, *Intensité de la radiation solaire à différentes altitudes; recherches faites à Ténériffe 1895 et 1896* (Nova Acta, etc., 2/VII, 1900). — *Rapport du Comité météorologique international*; réunion de St. Pétersbourg,

Per le ragioni che esporrò, ho stimato che questo strumento debba corrispondere meglio di ogni altro per intraprendere una serie di misure, che dovrebbe durare per diversi anni.

Il pireliometro Ångström, oltre che essere fondato sopra un saldo principio scientifico, offre molti vantaggi sugli altri apparecchi attinometrici e pireliometrici proposti precedentemente da altri scienziati e dallo stesso Ångström; e vedo con soddisfazione che di questo parere è anche una distinta persona, che contribuì non poco al progresso degli studi della radiazione solare, il Violle, il quale con saggio criterio, degno della sua alta intelligenza, riconosce che il pireliometro Ångström è preferibile al suo attinometro (1).

Il pireliometro Ångström, come dice bene il Violle, non richiede correzioni per perdite di calore dovute alla radiazione, alla convezione ed alla conduttività. Per prontezza, l'apparecchio supera tutti gli altri; bastano dieci secondi perchè le strisce pireliometriche raggiungano la temperatura stazionaria. Un altro vantaggio pratico, che non può sfuggire a chi ha fatto misure di radiazione solare, si è che l'apparecchio Ångström dispensa dall'uso di un delicato misuratore degli intervalli di tempo; ed è questa, credo, la ragione principale per cui questo pireliometro può essere usato anche da chi sia stato soltanto istruito a fare con cura le osservazioni meteorologiche correnti, o da un meccanico intelligente, che sia vissuto per qualche anno in un Istituto di Fisica.

Non bisogna però credere che il pireliometro a compensazione elettrica sia uno strumento da potersi trattare con poca cura; tutt'altro, le parti che lo compongono (pireliometro propriamente detto, galvanometro, amperometro di precisione, termometro ecc.) sono delicate e vogliono essere tenute e trattate con cura. Il vento, dirò anzi, i movimenti sentiti dell'aria, influiscono sull'apparecchio (2) e non si riesce a compensare stabilmente il pireliometro, se non si opera in luogo dove l'aria sia quieta. Sta all'avvedutezza di chi lo deve adoperare, di disporre le cose in modo che tutto proceda convenevolmente. Perciò, se è possibile confidare la manualità di alcune osservazioni a persone, che non appartengono al personale di concetto di un Istituto scientifico, bisogna che chi si assume la responsabilità dei risultati,

1899 (pag. 59); réunion de Southport, 1903 (pag. 83). Paris, Gauthier-Villars, 1900 e 1904. *Bericht des internationalen Meteorologischen Komitees. Versammlungen zu Paris, 1900 und zu Southport, 1903*, S. 67. Berlin, A. Asher et C., 1905. — *Congrès international de météorologie*; Paris, 1900 (pag. 29). Paris, Gauthier-Villars, 1901.

(1) *Rapport, etc.*, réunion de Southport, 1903, pag. 83. — *Bericht des intern. Met. Kom.*, etc. S. 67.

(2) Non si creda che gli altri attinometri o pireliometri vadano esenti da questo inconveniente; lo stesso attinometro Violle, che ha il termometro pireliometrico protetto più di ogni altro strumento, va soggetto a repentine variazioni nelle indicazioni, se non è riparato convenientemente dal vento.

esamini di sovente ed attentamente il complesso degli istrumenti che vanno uniti al pireliometro, curi la collocazione di essi ed in ispecie si accerti che quando il pireliometro viene esposto, non sia sottoposto a correnti d'aria.

Talvolta avviene che riesce difficile la compensazione esatta mediante la corrente elettrica, così da ridurre a zero il galvanometro, che si mostra perturbato da continue e rapide variazioni, senza che si possa attribuire la causa di questo fatto a correnti d'aria. In tali casi, chi ha la pazienza di indagare con cura ed attenzione lo stato del cielo, finisce coll'accorgersi che in quella parte di atmosfera attraversata dai raggi solari che finiscono al pireliometro, vagano dei tenuissimi veli di vapore acqueo, che assorbendo con irregolarità i raggi solari, fanno variare incessantemente la temperatura della striscia esposta al sole. Questo fatto dimostra che il pireliometro Ångström è anche dotato di una grande sensibilità (1).

Un inconveniente che ho verificato in tre anni di continuo uso del pireliometro a compensazione elettrica e che mi sono fatto premura di segnalare subito all'Ångström stesso, è il seguente: col tempo le laminette di rame della doppia coppia termoelettrica si allontanano dalle striscie pireliometriche in modo da lasciare incerti nelle indicazioni. A questo inconveniente che mostrarono i primi pireliometri, oggi si rimedia con una disposizione più accurata delle striscie pireliometriche e delle laminette di rame.

Per quanto la costruzione degli amperimetri di precisione sia ora giunta a tale grado di perfezione da non lasciare dubbi sulle loro indicazioni, pure sarà sempre prudente un accurato esame dell'amperimetro che va unito al pireliometro, poichè un errore di 0,001 di Amp. può arrecare un errore di circa 0,005 di caloria-grammo nel risultato delle misure (2).

Gli amperimetri dei quali feci uso in questi ultimi tre anni nelle misure pireliometriche, sono stati confrontati con un amperimetro di precisione costruito dalla Casa Hartmann & Braun di Francoforte sul Meno, del tipo Wa, che è controsegnato dai N. 131913/1293. La Casa stessa si assunse l'esame accurato dell'apparecchio, verificando le indicazioni dell'am-

(1) Si sottintende che l'operatore deve essere sicuro e deve sempre accertarsi che la coppia elettrica o le coppie elettriche delle quali fa uso, non vadano soggette a variazioni di forza elettromotrice, poichè se ciò fosse, non riuscirebbe possibile in nessun caso di mantenere a zero il galvanometro per un certo tempo, od almeno per quel che necessita per fare con accuratezza la lettura dell'amperimetro. Come pure resta inteso che durante l'operazione si deve procurare incessantemente che il tubo del pireliometro sia esattamente rivolto verso il sole.

(2) Veggasi a questo riguardo: C. F. Marvin, *The measurement of Sunshine and the preliminary examination of Ångström's Pyrheliometer* (Mont. Weather Review; volume XXIX; october 1901, pag. 454). — Harvey N. Davis, *Observations of Solar radiation with the Ångström pyrheliometer at Providence*. R. I. (Id. vol. XXXI; june 1903, pag. 275). — H. H. Kimball, *Observation of Solar radiation with the Ångström pyrheliometer at Asheville and Black Mountain*. N. C. (Id. july 1903, pag. 320).

perimetro (tenuto orizzontale e disposto così, che la freccia indicatrice incisa sullo strumento fosse diretta verso nord) mediante un potenziometro della stessa Casa, che era stato verificato esatto dall'imperiale Istituto Fisico-tecnico di Charlottenburg (1).

La scala dell'amperimetro è segnata da 0 a 100, e mediante un commutatore si può ottenere che ogni divisione corrisponda od a 0,005 Amp. oppure a 0,01 Amp. Nel primo caso la resistenza interna dell'apparecchio è di 0,254 Ohm, nel secondo caso di 0,160 Ohm., Durante i confronti, la temperatura dell'aria ambiente era di 21° C. ed i coefficienti di temperatura trovati (0,000022 nel primo caso e 0,000088 nel secondo, per amp. e per grado) sono tali da esonerare di tenere conto delle correzioni dovute alla temperatura, quando si pensi che coi pireliometri dell'Ångström ben difficilmente la corrente elettrica necessaria arriva a 0,45 Amp. e che non si può richiedere una precisione maggiore di 0,001 Amp.

Le indicazioni notate nel seguente quadro, che sono i risultati dei confronti, si intendono riferite ad una collocazione esatta dell'indice sullo zero della scala, quando per l'amperimetro non passi la corrente elettrica.

Posizione dell'indice sulla scala	Intensità della corrente che passa per lo strumento		Valore medio dell'intensità della corrente
	da 0 a 0,5 Amp.	da 0 ad 1 Amp.	
			0,005 oppure 0,01 ×
10	0,005 × 9,946 Amp.	0,01 × 9,937 Amp.	9,942 Amp.
20	19,996	19,993	19,995
30	30,016	30,006	30,011
40	40,014	39,999	40,007
50	50,018	50,007	50,013
60	59,980	59,973	59,997
70	69,952	69,942	69,947
80	80,006	80,016	80,011
90	89,994	89,973	89,984
100	99,996	99,990	99,993

Valendomi di questo amperimetro ho trovato, mediante quattro confronti, fatti tanto per la scala da 0 a 0,5 Amp. che per la scala da 0 ad 1 Amp. i seguenti valori in Amp. corrispondenti alla graduazione dell'amperimetro N. 150947/1582 della stessa Casa Hartmann & Braun, costruito come il precedente. La temperatura dell'ambiente durante i confronti è stata di circa 14° ed i confronti vennero eseguiti il 30 ed il 31 marzo 1904.

(1) Physikalische Zeitschrift; I Jahrgang (1899-1900). S. 167-168.

L'indice, mentre non passava corrente per l'apparecchio, era stato preventivamente ridotto a 0; e tale si mantenne durante i due giorni suddetti.

Posizione dell'indice sulla scala	Valore in Ampères	
	da 0 a 0,5 Amp.	da 0 ad 1 Amp.
10	0,04887	0,09988
20	0,09996	0,20003
30	0,15000	0,30006
40	0,20000	0,40006
50	0,25004	0,50007
60	0,30002	0,60000
70	0,35000	0,70000
80	0,40000	0,80004
90	0,45000	0,90003
100	0,50000	1,00004

Dal 4 al 6 aprile 1903 (essendo 15° gradi circa la temperatura dell'ambiente) si fecero confronti fra l'amperometro Hartmann et Braun 131913/1293 e il Milli-Volt-Amperometro della Casa Siemens et Halske N° 66235, con applicatavi la derivazione $\frac{1}{9}$ Ohm N° 14895, per modo che ogni divisione della graduazione corrispondesse a 0,01 Amp. In questo Amperometro l'indice (mentre non passava la corrente nell'istrumento) segnava + 0,3 di divisione, e di questo spostamento si è sempre tenuto conto nelle letture della scala; o per meglio dire, i risultati dei confronti valgono solo nel caso che si siano corrette le indicazioni dell'amperometro dallo spostamento dello zero, indicato dall'indice. Durante i confronti lo spostamento dell'indice si mantenne costantemente + 0,3. I confronti sono stati cinque, e si limitarono nell'intervallo da 0 a 0,5 Amp., non dovendo l'apparecchio servire che per le misure pireliometriche. Credo affatto inutile fare parola del come sono costruiti e montati i Milli-Volt-Amperometri Siemens & Halske, poichè sono usati generalmente negli Istituti scientifici e negli Istituti industriali.

Finiti i confronti col precedente apparecchio, nei giorni 6 e 7 aprile 1903, sempre essendo 15° circa la temperatura dell'ambiente, ho esaminato il Milli-Volt-Amperometro Siemens & Halske N° 66234 colla derivazione $\frac{1}{9}$ Ohm N° 14894. In questo apparecchio l'indice, mentre non passava la corrente segnava — 0,2 di divisione, e lo spostamento (del quale si tenne sempre calcolo) non subì variazioni durante i confronti.

Nei giorni 1 e 2 aprile 1904 ho esaminato un terzo Milli-Volt-Amperometro Siemens & Halske N° 53352 con derivazione $\frac{1}{9}$ Ohm N° 12320. Questo istrumento si trova a Modena fino dai primi mesi del 1901 e non ebbe mai spostamento d'indice, nè lo ha, quantunque a più riprese sia stato

portato da Modena a Sestola e da Sestola al monte Cimone. La temperatura dell'ambiente durante i confronti è stata di 16° circa.

I risultati ottenuti coi tre amperimetri Siemens & Halske stanno riuniti nel seguente quadro:

Posizione dell'indice sulla scala	Valore in Ampères		
	N° 66235 con der. 14895	N° 66234 con der. 14894	N° 53352 con der. 12320
5	0,0505	0,0502	0,0496
10	0,1006	0,1003	0,0986
15	0,1509	0,1504	0,1488
20	0,2016	0,1996	0,1991
25	0,2511	0,2496	0,2493
30	0,3012	0,2994	0,3001
35	0,3513	0,3493	0,3494
40	0,4014	0,3988	0,3993
45	0,4515	0,4487	0,4493
50	0,5015	0,4987	0,4983

Facendo uso degli amperimetri suindicati, ho esaminato cinque pireliometri dell'Ångström controsegnati coi N°. 19; 29; 38; 39 e 39 bis, dei quali le costanti stanno riunite nel seguente specchio:

	N° 19	N° 29	N° 38	N° 39	N° 39 bis
Resistenza elettrica delle striscie per cm. a 20° (<i>r</i>) in Ohm . .	0,0682	0,07933 (¹)	0,0661	0,0679	0,2952
Coeff. di variazione della resistenza colla temperatura . . .	0,00045	0,00045	0,00045	0,00045	zero
Larghezza delle striscie (<i>b</i>) in cm.	0,1486	0,1498	0,15	0,15	0,149
Potere assorbente della superficie (<i>a</i>)	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98

L'intensità della radiazione è data dalla relazione

$$Q = 60 \frac{ri^2}{4,19 \cdot b \cdot a} \text{ gr. — cal. per min. e per cm}^2 \text{ (} i = \text{int. della corr. in Amp.)}$$

che può essere messa sotto la forma $Q = ki^2$, avendo *k* i seguenti valori per le corrispondenti temperature e per il corrispondente pireliometro:

(¹) La resistenza del N° 29 corrisponde a 17° di temp.

portato da Mehan e Götze a da Götze e Mehan al monte Cimone. La temperatura

	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°
N° 19		6,65	6,68	6,71	6,74	6,77
N° 29		7,69	7,72	7,75	7,78	7,81
N° 38	6,42	6,45	6,48	6,51	6,54	6,57
N° 39	6,61	6,64	6,67	6,70	6,73	6,76
N° 39 bis	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0

In altra Nota darò conto dei risultati dei confronti fatti coi pireliometri suindicati.

V. C.

Facciamo uso degli apparecchi suindicati. Le correnti sono state misurate dall'ossimetro contrapposto con N. 19; 29; 38; 39 e 39 bis, dei quali le correnti erano tutte...

	10°	20°	30°	40°
Resistenza elettrica della sonda per cm. a 20° (per cm. alla temperatura della sonda)	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004
Coste di variazione della sonda...	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004
Temperatura della sonda...	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004
...	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004

L'induzione della corrente è data dalla relazione

$$Q = \frac{1}{4\pi} \frac{I^2}{r} \quad \text{per cm.} \quad \text{per cm.} \quad \text{per cm.} \quad \text{per cm.}$$

che può essere messa sotto la forma $Q = k \cdot I^2$, avendo k i seguenti valori per le corrispondenti temperature e per il corrispondente piccolissimo:

La resistenza del N. 38 corrisponde a 17. di temp.