SULL' INFLUENZA DELLA TEMPERATURA NELLE DETERMINAZIONI
DI GRAVITÀ RELATIVA
MEDIANTE L' APPARATO DI STERNECK.

NOTA DEL DOTT. CORRADINO MINEO.

E noto che nell'apparato di Sterneck con supporto a mensola, da fissarsi a muro, il pendolo vien fatto oscillare dentro una cassetta di legno, che ricopre l'intero apparato, chiudendo uno spazio parallelepipedo limitato dal muro e dalle cinque facce di legno della custodia medesima. Questa, com'è naturale, ha lo scopo di proteggere l'apparato dalle correnti d'aria, dalla polvere, e soprattutto dal calore irradiato dai corpi circostanti, che può alterare la temperatura delle sue varie parti. La qual temperatura è data da due termometri Woytacěk a lungo bulbo, posti ai due lati dell'asta pendolare, che si leggono a traverso due finestre rettangolari di vetro, aperte verticalmente ai due lati della parete anteriore della cassetta.

Qualcheduno, però, ha recentemente posto in dubbio che le cautele prese siano sufficienti ad assicurare l'uniformità supposta della temperatura nell'interno della cassetta; anzi, ritenendo che il muro sia in generale a temperatura diversa da quella dell'aria racchiusa nella cassetta, ha concluso che i varii strati d'aria, limitati da piani paralleli al muro, possono avere (anzi hanno) temperature via via diverse, e che perciò il pendolo, il quale nelle sue oscillazioni si viene a trovare a distanza variabile dal muro, possa assumere temperatura differente da quella dei due termometri, che rimangono sempre nel medesimo strato. Considerazioni, poi, che si

ritengon decisive per bandire l'uso della mensola a muro e sostituirvi un sostegno pendolare isolato ¹⁾.

Altri, invece, pur congetturando l'anzidetta distribuzione a strati della temperatura nell'interno della cassetta, ha creduto rimediare all'inconveniente con abolire addirittura l'uso di essa cassetta e lasciar l'apparato pendolare affatto scoperto, in un ambiente, beninteso, riparato quanto è possibile dalle radiazioni solari: ritenendo, così, che l'apparato si possa più facilmente mettere in equilibrio di temperatura con l'ambiente stesso ²⁾.

La questione fu anco discussa in seno a una Sotto-commissione dell'Associazione Geodetica Italiana, nella quale fu dato incarico al Ch.mo Prof. Adolfo Venturi, Direttore del Gabinetto di Geodesia della R. Università di Palermo, di eseguire o fare eseguire una serie di osservazioni, che permettessero una conclusione fondata sui fatti; mentre, in verità, le precedenti affermazioni non escivan dal campo delle pure ipotesi. Dal Ch.mo Prof. Venturi ebbi infatti affidato il compito d'intraprendere l'anzidetta ricerca, della quale esporrò qui i risultati.

1. Noto subito che lo scopo principale fu quello di svelare le massime differenze di temperatura, che eventualmente possono presentare dei corpi situati dentro la cassetta, se diversamente irraggiati dal muro e dall'ambiente. Non è, peraltro, da supporre che i vari strati d'aria, paralleli al muro, si possan trovare a diversa temperatura ³⁾.

Una prima serie di misure fu fatta servendosi degli stessi due termometri Woytacëk. Fu appesa al muro, come si suole, la mensola, che veniva coperta dalla solita cassetta di legno;

¹⁾ Dott. Alberto Alessio. *Esperienze comparative sopra alcuni apparati gravimetrici*. (Pubblicazione del R. Istituto idrografico della R. Marina in Genova, 1909), pagg. 111-112.

²⁾ Dott. E. Grossmann. *Relative Schwere-Messungen in Bayern im Jahre 1907*. (Veröffentlichung der Königl. Bayerischen Kommission für die internationale Erdmessung. Heft 7, 1912), pag. 34.

³⁾ In seno a un gas, stante il grande valore del coefficiente di dilatazione, non ci si può aspettare che una stratificazione della temperatura secondo piani orizzontali: non mai, secondo piani verticali.

ma i due termometri, anzichè ai due lati di essa, venivan situati, un dietro l'altro, in un piano normale al muro: l'uno, cioè, vicino a questo e l'altro vicino alla faccia opposta della cassetta. Numerose osservazioni non mostrarono differenze, tra le indicazioni dei due termometri, se non dell'ordine degli errori d'osservazione (errori di lettura, incertezza nella campionatura dei termometri, ecc.).

Pensai allora di ricorrere a un mezzo d'indagine più adatto a svelare variazioni di temperatura, non sentite, probabilmente, dai termometri; e adoperai una o due pile termoelettriche in serie. Ciascuna di queste pile contiene 20 elementi antimonio-bismuto, riuniti in serie, in modo che tutte le saldature di posto pari vengono a trovarsi sopra una superficie piana rettangolare delle dimensioni $\text{mm. } 13 \times 17$, che forma la prima faccia della pila: quelle di posto impari, sopra un rettangolo eguale e parallelo al primo, che ne forma la seconda faccia. La corrente generata da una differenza di temperatura tra le due facce della pila, veniva misurata da un galvanometro a quadro mobile di Hartmann e Braun, che ha 30 *ohm* di resistenza interna. La lettura delle deviazioni galvanometriche fu fatta col noto metodo del Poggendorf descritto nei trattati di misure fisiche. [Si leggono per mezzo d'un cannocchiale i numeri di una scala fissata a questo stesso, riflessi da uno specchio solidale con la parte mobile del galvanometro]. La sensibilità del galvanometro era tale che una corrente di 85×10^{-10} *ampère* produceva uno spostamento d'un millimetro dell'immagine della scala, quando questa si trovava alla distanza di 150 cm. dallo specchio.

Sapendosi che la forza elettromotrice d'un elemento antimonio-bismuto è di circa 120×10^{-6} *volt* per ogni grado, ed essendo noti il numero degli elementi contenuti in una pila, cioè 20, la resistenza interna del galvanometro, 30 *ohm*, e la sua sensibilità; si può facilmente calcolare la differenza di temperatura necessaria per produrre una deviazione galvanometrica di 1 *mm.*, nelle condizioni mantenute in tutte le osservazioni, delle quali qui si riferisce. A conti fatti risulta:

$$1 \text{ divisione} \equiv 0^{\circ}00011,$$

cioè poco più d'un centesimo di grado per ogni 100 divisioni.

Le osservazioni furono eseguite parte nell'Istituto di Fisica ¹⁾ della R. Università di Palermo e parte nel Gabinetto di Geodesia. Nell'Istituto di Fisica, avevan luogo dentro una stanzetta, che ha una grande finestra rivolta a ovest e prospiciente su una terrazza. La cassetta, dentro la quale si poneva la pila, veniva appunto appesa al muro esterno rivolto a ovest, dello spessore di 65 cm., che veniva direttamente irradiato dal sole per circa cinque ore (dalle 11 alle 16).

La stanza adoperata nel Gabinetto di Geodesia, che è di ultima elevazione, era invece addirittura sotto i tetti e quindi maggiormente esposta ai raggi solari. Qui le osservazioni venivan fatte sopra un muro esterno, rivolto a sud, grosso appena 45 centimetri, nel quale si apre una finestra.

Tutte le osservazioni comprendono uno spazio di tempo di 106 giorni: 19 giorni ripartiti nei mesi di aprile, giugno e luglio del 1911; 87 giorni, nei mesi dal marzo al settembre del 1912.

2. Dal quaderno delle osservazioni, comincio dall'estrarre alcune delle serie nelle quali si presentarono le massime differenze di temperatura. Veniva adoperata una sola pila con tutt'e due le facce scoperte, rivolte: l'una verso il muro, dal quale distava di circa 4 centimetri; l'altra, verso l'interno della stanza. Questa pila era riparata dalla solita cassetta, fissata al muro, le cui finestre di vetro erano internamente ricoperte di cartone. Si osservava a finestre aperte, in modo che la luce solare poteva entrare liberamente nella stanza. Avverto che le deviazioni galvanometriche (in *mm*), indicate con Δ , son segnate positive quando corrispondono al caso in cui si trova a più alta temperatura la faccia della pila rivolta verso il muro; negative, nel caso contrario.

¹⁾ Porgo, a questo proposito, i più vivi ringraziamenti al Ch.mo Direttore Prof. Damiano Macaluso, per l'ospitalità concessami, per i mezzi strumentali posti a mia disposizione e per i preziosi consigli di cui mi fu largo.

29 marzo 1912. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
12 ^h 40 ^m	+ 12.4	15 ^h 50 ^m	— 111.5
50	+ 6.8	16.00	— 122.1
13.00	— 2.8	» 20	— 80.1
» 10	— 9.0	» 30	— 67.9
» 20	— 18.9	» 40	— 49.9
» 30	— 57.5 *	» 50	— 39.1
15.40	— 90.3		

6 aprile 1912. Istituto di Fisica.

11.30	— 10.0	12.30	— 33.3
» 40	— 11.9	15.00	— 90.1
» 50	— 21.9	» 10	— 97.5
12.00	— 24.8	» 20	— 102.5
» 10	— 26.2	» 30	— 101.5
» 20	— 27.5		

15 luglio 1912. Gabinetto di Geodesia.

9.10	+ 25.3	11.15	— 58.0
20	+ 17.2	» 45	— 67.0
30	+ 5.2	14.10	— 107.1
40	— 11.0	» 20	— 107.0
50	— 24.5	15.50	— 116.0
10.00	— 34.2	16.00	— 106.0

17 luglio 1912. Gabinetto di Geodesia.

Ora	Δ	Ora	Δ
11 ^h 20 ^m	— 22·0	14 ^h 30 ^m	— 90·5
» 30	— 28·5	» 40	— 93·2
» 40	— 37·9	50	— 91·1
» 50	— 40·0	15·00	— 93·0
12·00	— 49·0	» 10	— 93·7
» 20	— 63·5	» 20	— 95·0
13·00	— 74·3	16·00	— 94·1
» 30	— 82·1	17·00	— 84·2

20 luglio 1912. Gabinetto di Geodesia.

12·00	— 4·4	14·40	— 64·8
10	— 13·0	50	— 64·7
20	— 27·4	15·00	— 64·7
30	— 32·9	20	— 65·6
40	— 39·8	16·30	— 61·0
50	— 47·0	17·00	— 57·3
14·30	— 64·2	17·30	— 48·9

Queste serie mostran chiaramente gli effetti della radiazione solare. Il 29 marzo, p. es., la stanza era chiusa e al buio al principio delle osservazioni: alle 12^h40^m viene aperta un'imposta per fare la prima lettura, la quale mostra che il muro irradia più della cassetta. Dopo la seconda lettura, si apre l'altra imposta: intanto il sole inonda tutta la terrazza e comincia a entrare nella stanza attraverso le invetriate. Le letture seguenti mostrano che ormai la cassetta, col riscaldarsi dell'ambiente, irradia sempre più del muro. Dopo la lettura — 18·9, fatta alla 13^h20^m, si spalancano le stesse invetriate, sicchè il sole entra liberamente nella stanza: la deviazione galvanometrica salta allora bruscamente a — 57·5.

La massima deviazione si ha alle 16^h quando il sole investe tutta la stanza; alle 16^h20^m il sole non irradia più direttamente l'interno della stanza, e le deviazioni diminuiscono.

Effetti non maggiori si riscontrano nel Gabinetto di Geodesia, sebbene qui si sperimenti in una soffitta molto battuta dal sole e con un muro sottile: è da notare, però, che nella stagione delle osservazioni il sole non entrava nell'interno della stanza, ma irradiava soltanto il davanzale della finestra (dalle 11 alle 14) e il cielo in generale non fu così limpido nel luglio come nelle giornate del 29 marzo e 6 aprile.

Risulta, a ogni modo, dalle precedenti osservazioni, che nelle condizioni più sfavorevoli possibili, non si riscontrano se non deviazioni galvanometriche di 122 divisioni al massimo, val quanto dire che tra le due facce annerite della pila (che è il caso dei massimi poteri-assorbenti ed emissivi) si stabiliscono differenze di temperatura (n.º 1) di appena 0°·013 al più.

Nelle stesse condizioni, bastava chiudere le imposte della finestra perchè gli effetti venissero attenuati, come provano le seguenti serie di osservazioni, nelle quali la stanza rimaneva al buio, e soltanto alla lettura si apriva uno spiraglio o si accendeva una lampada.

25 marzo 1912. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
10 ^h 00 ^m	— 29·0	13 ^h 20 ^m	— 45·0
10	— 33·0	14·30	— 54·0
20	— 36·9	40	— 57·5
30	— 38·1	50	— 60·0
40	— 37·9	15·00	— 62·0
50	— 36·2	10	— 64·1
11·00	— 36·9	16·30	— 60·8
10	— 37·0	50	— 60·0
13·00	— 39·1	17·00	— 61·0
13·10	— 42·1	10	— 59·0

26 marzo 1912. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
10 ^h 00 ^m	— 3·2	14 ^h 20 ^m	— 31·9
10	— 4·1	30	— 37·8
20	— 6·1	40	— 41·5
30	— 6·3	16·15	— 47·0
40	— 8·0	25	— 48·0
50	— 9·1	35	— 47·4
14·00	— 24·2	45	— 46·8
10	— 27·9	55	— 45·2

10 luglio 1912. Gabinetto di Geodesia.

10·10	+ 37·1	13·40	— 48·9
20	+ 30·1	15·40	— 68·1
30	+ 23·5	50	— 77·1
40	+ 16·9	16·00	— 79·2
50	+ 13·9	10	— 80·3
11·00	+ 6·9	20	— 81·5
12·00	— 7·0	30	— 81·1
20	— 13·1	17·40	— 81·0
13·00	— 23·1	18·00	— 80·5

12 luglio 1912. Gabinetto di Geodesia.

9·00	+ 44·7	13·00	— 22·2
10	+ 39·1	15·20	— 56·1
20	+ 34·2	30	— 60·5
30	+ 29·0	40	— 63·2
40	+ 25·5	16·00	— 70·2
50	+ 22·3	10	— 73·5
11·30	+ 2·8	17·00	— 76·1
50	— 4·7	18·00	— 78·0

E si noti che chiudendo le imposte, rimaneva sempre una forte causa di dissimmetria termica, inquantochè quelle, battute dal sole, si riscaldavano e irradiavano verso l'interno; nulladimeno, i massimi effetti, nella stanza dell'Istituto di Fisica, si riducono pressochè alla metà, come si vede paragonando le osservazioni del 25 marzo con quelle del 29. Invece nel Gabinetto di Geodesia, i vantaggi sono minori; giacchè, essendo in soffitta, resta ancora nelle ore più calde della giornata l'enorme irradiazione del tetto: a ogni modo, le massime differenze di temperatura verificatesi non superano $0^{\circ}009$.

Le serie di osservazioni fin qui riportate ebbero luogo, come si è detto, con tempo bello e cielo limpido. Gli effetti sono minori quando il tempo è coperto. Valga come esempio la seguente serie eseguita nell'Istituto di Fisica nelle identiche condizioni di quelle del 25 e 26 marzo, ma con tempo coperto e piovoso.

23 marzo 1912. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
10 ^h 15 ^m	+ 39.5	14 ^h 30 ^m	+ 3.0
25	+ 33.9	40	+ 0.2
35	+ 32.2	50	— 1.0
45	+ 27.9	16.40	+ 11.5
55	+ 32.1	50	+ 11.0
11.05	+ 32.5	17.00	+ 13.3
14 00	+ 15.0	10	+ 13.3
10	+ 11.0	20	+ 13.1
20	+ 5.5	30	+ 13.1

Qui la massima differenza di temperatura non raggiunse $0^{\circ}004$.

3. Con altre serie di misure fu studiata l'influenza d'uno schermo posto dentro la cassetta, davanti a una delle facce della pila. È prevedibile che questo schermo tenderà a eguagliar le temperature sulle due facce della pila. Supponiamo infatti che il muro sia a temperatura t_1 , mentre la faccia opposta della cassetta sia a temperatura $t_2 > t_1$. La faccia della pila verso il muro tenderà ad acquistar la temperatura t_1 , come l'altra tenderà ad acquistar la temperatura t_2 ; dimodochè la pila, costituita di parti metalliche, sarà attraversata da un flusso di calore: flusso che tenderebbe a elevare la temperatura della faccia rivolta verso il muro, e quindi a livellar le temperature delle facce della pila, se invece, per le condizioni dette, non s'irradiasse verso il muro medesimo. Se, per converso, questa irradiazione vien diminuita con l'interporre uno schermo tra la faccia e il muro, la livellazione sarà agevolata e le deviazioni galvanometriche saranno più piccole. Un effetto analogo deve produrre uno schermo interposto tra l'altra faccia e la parete della cassetta. Questo schermo prenderà evidentemente una temperatura intermedia tra t_1 e t_2 , e darà luogo quindi a differenze d'irradiazione più piccole.

Nelle seguenti due serie, eseguite nell'Istituto di Fisica, la pila fu coperta da una seconda scatola di cartone, simile, e similmente disposta, a quella di legno: peraltro le condizioni son quelle del 29 marzo e 6 aprile, cioè si osserva con le invetrate aperte e con cielo sereno.

16 aprile 1912. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
10 ^h 10 ^m	+ 14.9	14 ^h 40 ^m	— 30.1
20	+ 11.1	50	— 35.0
30	+ 7.5	15.00	— 38.8
40	+ 4.5	10	— 39.7
50	+ 2.1	20	— 45.1
11.00	+ 1.5	30	— 52.1

20 aprile 1912. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
10 ^h 00 ^m	+ 21.9	15 ^h 10 ^m	— 46.7
20	+ 20.1	20	— 50.1
30	+ 18.5	30	— 53.1
40	+ 16.8	40	— 51.2
50	+ 15.2	50	— 45.9
11.00	+ 13.9	16.00	— 37.0

Paragonandole con quelle del 29 marzo e 6 aprile, si vede che i massimi dislivelli di temperatura, ora che la pila è meglio protetta, da un doppio involucro, dalle radiazioni dell'ambiente, sono ridotti circa alla metà. Nelle seguenti serie, eseguite nel Gabinetto di Geodesia, fu invece tolto il cartone situato (cfr. n.° 1) dietro una delle finestre anteriori della cassetta e una delle facce scoperte della pila fu posta proprio dietro il vetro della medesima. Si osservò a finestre aperte, ma in giorni di molta caligine, specie il 29 luglio.

24 luglio 1912. Gabinetto di Geodesia.

Ora	Δ	Ora	Δ
14 ^h 00 ^m	— 44.5	14 ^h 30 ^m	— 111.5
10	— 84.9 *	40	— 118.5
20	— 100.3	50	— 118.9

29 luglio 1912. Gabinetto di Geodesia.

9.00	+ 44.7	15.20	— 101.6
11.30	— 25.3	16.30	— 100.9
14.30	— 76.1	17.20	— 94.8

Sebbene il tempo sia coperto, si verificano dei massimi anche superiori a quello ottenuto il 15 luglio; e in generale gli effetti, nel pomeriggio, sono abbastanza più ragguardevoli di quelli del 17 e 20 luglio, nei quali giorni il cielo non fu coperto. Si noti, infine, l'enorme salto verificatosi dalle 14^h alle 14^h10^m del 24 luglio, nel qual giorno la finestra della stanza fu aperta proprio alle 14^h, cioè alla prima lettura. Si vede chiaro, che le finestre, praticate nella cassetta, lasciando passare il calore luminoso attraverso il vetro, costituiscono una causa di dissemetria assai più temibile, relativamente parlando, che non quella proveniente dal muro.

Uno schermo migliore, perchè metallico, è costituito dagli stessi coperchini della pila: molte serie di misure furono eseguite appunto riponendo il coperchio metallico a una delle facce della pila. Riporto le seguenti, nelle quali la pila ha una sola faccia scoperta, rivolta verso il muro. Al solito, le deviazioni galvanometriche son segnate positive, quando è più calda la faccia scoperta, cioè quella rivolta al muro; negative, nel caso contrario.

30 giugno 1911. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
9 ^h 30 ^m	+ 21.5	10 ^h 30 ^m	+ 12.2
40	+ 25.1	15.20	— 6.0
50	+ 21.0	30	— 6.3
10.00	+ 20.2	40	— 6.1
10	+ 19.4	50	— 5.1
20	+ 13.5	16.00	— 5.0

6 luglio 1911. Gabinetto di Geodesia.

Ora	Δ	Ora	Δ
10 ^h 00 ^m	+ 8.9	16 ^h 10 ^m	— 31.0
20	+ 7.0	20	— 30.5
30	+ 5.1	30	— 30.0
40	0.0	40	— 31.1
50	— 2.0	50	— 31.9
16.00	— 30.0	17.00	— 32.7

In verità, durante queste osservazioni, le sole imposte della finestra erano aperte, mentre le invetriate si tenevan chiuse; ma anco a paragonarle con quelle del 25-26 marzo e del 10-12 luglio 1912, quando cioè si teneva la stanza al buio, si vede chiaro come gli effetti restino grandemente attenuati per l'azione dello schermo (coperchino metallico). Il fatto, del resto, si può constatare più direttamente (come si fece più volte), togliendo e rimettendo il coperchio metallico a una delle facce della pila, durante le osservazioni, in modo, però, da disturbarla il meno possibile. Per esempio, da una deviazione galvanometrica di — 44, quando era scoperta una sola faccia, si passò a una deviazione di — 90, scoprendo l'altra: e si tornò a — 44 circa, tornando a ricoprirla.

Tuttociò prova, contro l'opinione del Grossmann, l'utilità della cassetta o custodia, che è anch'essa uno schermo. Che peraltro sia così, è anche provato da alcune osservazioni, che si fecero senza cassetta, con la stanza, s'intende, perfettamente chiusa e al buio; e da altre, nelle quali la cassetta veniva successivamente tolta e rimessa. Anzitutto si ebbe a constatare, che quando la pila non era riparata dalla cassetta, l'ago del galvanometro oscillava troppo e non se ne poteva leggere che approssimativamente una posizione media.

In secondo luogo le deviazioni galvanometriche, quando non s'adoperava la cassetta, eran più forti di quelle che si avevano con la cassetta. Così, da una deviazione di circa

+ 60, senza cassetta, si passò a una deviazione di circa + 18, con la cassetta, e viceversa; altra volta, da una deviazione di circa - 55 si scese a una deviazione di circa - 15; ec. ec.

4. Le differenze di temperatura fin qui riportate, eran quelle che potevano nascere su due superficie *annerite*, situate da parti opposte e distanti 24 *mm.*, quali eran le due facce della pila. Poichè l'oscillazione della lente pendolare (nell'apparato di Sterneck) avviene in uno strato più ampio, ho voluto vedere se eventualmente le differenze di temperatura, nell'interno della cassetta, crescessero di molto con la distanza. Posi allora dentro la cassetta due pile opposte in serie, con le facce estreme scoperte, rivolte l'una verso il muro e l'altra verso l'ambiente, mentre le due facce intermedie eran riparate dai propri coperchini metallici. In questo modo, si abbracciava uno strato dello spessore di circa 10 centimetri, alla quale distanza erano appunto situate le facce scoperte delle due pile. Le osservazioni furono fatte sia con la finestra aperta sia tenendo al buio la stanza. Al solito, diamo il segno + alle deviazioni galvanometriche nel caso che la faccia rivolta verso il muro è a temperatura più elevata; il segno -, nel caso contrario.

Ecco alcune di queste serie, nelle quali si ebbero i massimi dislivelli.

18 giugno 1912. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
10 ^h 30 ^m	+ 8.5	14 ^h 10 ^m	- 46.1
40	+ 6.3	20	- 50.5
50	- 2.0	30	- 54.0
11.00	- 9.9	40	- 59.1
10	- 16.5	50	- 58.9
20	- 23.1	15.00	- 53.1
14.00	- 44.9	15.10	- 43.4

3 agosto 1912. Gabinetto di Geodesia.

Ora	Δ	Ora	Δ
9 ^h 00 ^m	+ 9.5	12 ^h 30 ^m	— 59.4
10	— 2.5	14.00	— 86.4
20	— 7.5	10	— 85.5
30	— 12.1	20	— 83.0
40	— 15.0	30	— 83.0
50	— 17.3	40	— 84.0
11.00	— 46.2	50	— 84.5
30	— 54.9	15.30	— 80.8
12.00	— 58.0	17.00	— 71.3

23 maggio 1912. Istituto di Fisica.

11.10	+ 12.1	14.10	0.0
20	+ 11.8	20	— 3.0
30	+ 11.3	30	— 5.8
40	+ 10.0	40	— 7.5
50	+ 8.9	50	— 9.5
12.00	+ 8.9	15.00	— 10.9

9 agosto 1912. Gabinetto di Geodesia.

10.00	+ 44.1	13.00	+ 8.2
20	+ 40.9	30	+ 2.6
30	+ 39.5	14.40	— 12.0
40	+ 36.5	50	— 14.4
50	+ 35.5	15.00	— 18.5
11.00	+ 31.2	30	— 19.0
12.00	+ 21.9	17.00	— 29.0
30	+ 15.3	30	— 31.0

Le osservazioni, nelle quali si lasciava entrar liberamente la luce solare dalla finestra aperta, son quelle del 18 giugno

e 3 agosto; nelle altre del 23 maggio e del 9 agosto, la stanza è tenuta al buio e si legge per mezzo d'una lampada. Se si paragonano con quelle compiute con una sola pila, è facile concludere che la distanza influisce ben poco. Infatti, gli effetti dovuti alle due pile, dato che esse siano poste esattamente l'una dietro l'altra e che la distanza non influisca, dovrebbero essere la somma degli effetti dovuti a ciascuna. Le due pile, però, non erano, per ragion di spazio, disposte l'una dietro l'altra; e quanto agli effetti di ciascuna pila separatamente, non li conosciamo a tutto rigore, dalle esperienze, se non nel caso in cui la faccia scoperta è rivolta verso il muro, essendo scarse le osservazioni nel caso opposto ¹⁾. Nulladimeno, possiamo osservare che gli effetti ottenuti

¹⁾ Possiamo citare le serie di misure seguenti, fatte nello stesso giorno, ora con una pila in ciascuna delle due le posizioni, ora con due pile collocate esattamente l'una dietro l'altra.

A.

Ora	Δ	Ora	Δ
11h55m	— 7.1	15h25m	— 22.5
12. 5	— 7.0	30	— 23.0
10	— 7.0		

B.

12.20	— 14.1	15.35	— 19.1
30	— 12.2	40	— 16.0
40	— 14.1	16.00	— 10.0

C.

10.45	+ 3.0	11.30	— 12.5
11.00	— 1.5	40	— 14.5
10	— 6.2	15.10	— 41.0
20	— 8.9	20	— 41.5

Nella serie A, l'unica faccia scoperta della pila è rivolta verso il muro, mentre nella serie B è rivolta verso l'ambiente; nella serie C, si opera con due pile opposte in serie e con le due facce estreme scoperte da parti opposte.

Pigliando indicazioni galvanometriche in tempi vicini, si vede che le indicazioni C si approssimano abbastanza alla somma delle indicazioni A e B.

non superano di molto, anco nei casi più sfavorevoli, il *doppio* degli effetti constatati nelle osservazioni del 30 giugno e del 6 luglio 1911.

Che se peraltro si vuole sceverare più esattamente la parte che nel fenomeno ha la distanza, basta disporre le due pile in modo che le due facce scoperte, anzichè da parti opposte, siano rivolte tutt'e due o dalla parte del muro o dalla parte dell'ambiente.

È facile, anzi, alternare i due dispositivi, giacchè dall'uno si passa all'altro, rotando una delle pile di 180° . Le esperienze provarono, che quando le facce scoperte son rivolte dalla stessa parte, i dislivelli di temperatura, che allora vanno attribuiti alla distanza, sono relativamente assai piccoli.

Per esempio: mentre in un certo istante, in cui le facce scoperte delle due pile eran rivolte da parti opposte, la deviazione galvanometrica era -61 , fatta rotare una delle pile di 180° , la deviazione passò a -10 ; e tornò poi a -61 , rimettendo la pila nella posizione iniziale. Ecco, peraltro, delle serie di osservazioni, nelle quali le facce scoperte delle due pile sono tutt'e due rivolte verso il muro. Il segno $+$ corrisponde sempre al caso in cui è a temperatura più elevata la faccia più vicina al muro; il segno $-$, al caso contrario.

19 aprile 1911. Istituto di Fisica.

Ora	Δ	Ora	Δ
9 ^h 45 ^m	+ 0.9	15 ^h 30 ^m	- 3.1
55	+ 1.0	40	- 3.8
10. 5	+ 0.3	50	- 4.1
15	+ 0.8	16.00	- 4.1
25	+ 0.9	10	- 4.1

9 luglio 1911. Gabinetto di Geodesia.

Ora	Δ	Ora	Δ
9 ^h 00 ^m	+ 13.9	15 ^h 30 ^m	— 4.8
20	+ 11.1	40	— 6.0
40	+ 9.5	50	— 6.0
10.00	+ 8.9	16.00	— 6.1
11.30	+ 5.1	10	— 6.8
12.00	+ 4.0	20	— 6.8

17 agosto 1912. Gabinetto di Geodesia.

11.00	— 13.0	14.30	— 7.0
20	— 12.3	40	— 6.8
50	— 11.3	50	— 6.2
14.00	— 7.8	16.00	— 4.0
10	— 7.9	30	— 2.8
20	— 7.3	17.00	— 3.0

In queste altre, invece, le facce scoperte delle due pile sono tutt'e due rivolte verso l'ambiente.

22 agosto 1912. Gabinetto di Geodesia.

Ora	Δ	Ora	Δ
9 ^h 45 ^m	+ 2.8	13 ^h 00 ^m	+ 0.1
10.00	+ 1.8	14.10	— 0.3
10	+ 1.7	20	— 0.5
20	+ 1.3	15.00	— 1.0
30	+ 1.3	10	— 1.3
40	+ 1.0	50	— 1.8
12.00	+ 1.0	17.00	— 1.8

24 agosto 1912. Gabinetto di Geodesia.

Ora	Δ	Ora	Δ
9 ^h 30 ^m	+ 2.0	14 ^h 10 ^m	— 5.0
50	+ 1.0	15.00	— 6.2
10.10	+ 0.4	15	— 7.4
20	0.0	40	— 7.6
40	0.0	16.00	— 8.0
11.00	— 0.3	16.30	— 8.3
12.30	— 2.0	17.00	— 8.2

Si vede che le differenze di temperatura, dovute alla distanza (che ora è di circa 9 centimetri), sono addirittura irrilevanti, non toccando 0°0009.

Per concludere, io ho dimostrato quanto segue.

1.° Nelle condizioni peggiori, cioè sperimentando con muri esterni (grossi o sottili), con superficie *annerite* (quindi dotate dei massimi poteri assorbente ed emissivo) e sotto l'azione dell'irraggiamento solare: in una parola, nelle condizioni più adatte a produrre le massime differenze di temperatura dovute a non uniforme radiazione; non si sono riscontrati che effetti poco notevoli, dacchè nei peggiori casi le pile termoelettriche non hanno svelato differenze di temperatura maggiori di 0°013, tra punti della cassetta, posti nelle più svariate condizioni, a distanze variabili da 3 a 10 centimetri circa.

In condizioni men cattive, cioè quando si teneva la stanza ben chiusa e riparata da radiazioni o correnti d'aria, le differenze di temperatura risultarono ancora più piccole. Addirittura irrilevanti saranno poi da aspettarsi quando si tratterà delle varie parti metalliche, quasi speculari, dell'apparato pendolare, e si adopereranno, come si fa in pratica, muri spessi e interni. Per vedere, peraltro, quanto questi effetti

siano del tutto insignificanti nelle determinazioni gravimetriche, basta riflettere che differenze (non mai verificatesi nelle nostre osservazioni) di $0^{\circ}02$ nella temperatura dei pendoli, portano al massimo incertezze di 0.9 unità della *settima* decimale nella durata d'oscillazione, e quindi di 3 unità della *quarta* decimale nel valore di g !

2.^o La radiazione del muro (sia pure esterno) non perturba in modo irregolare o brusco la distribuzione della temperatura nell'interno della cassetta; mentre sono assai più temibili le radiazioni provenienti dall'interno della stanza (sorgenti interne di calore o luce solare). Da queste radiazioni bisogna soprattutto riparare l'apparato pendolare, coprendolo con una custodia che non lasci passare il calore raggiante. Non è vero, quindi, quanto sostiene il Grossmann, vale a dire che sia preferibile non far uso della custodia: senza di questa, la quale tende a livellare le temperature che acquistano i vari punti nel suo interno in conseguenza delle diverse eventuali irradiazioni, l'apparato pendolare resta esposto a tutte le piccole correnti d'aria, che si posson determinare nella stanza, e, non foss'altro, alle perturbazioni dipendenti dalla presenza dell'osservatore. Nè, dopo quanto ho avvertito sull'entità degli effetti constatati, può recar maraviglia se il Grossmann, anco facendo a meno della custodia (ma operando con le debite cautele), non riscontrasse in pratica nessun inconveniente, val quanto dire nessuna variazione nella durata d'oscillazione dei pendoli. E si noti che il Grossmann sperimentava con muri freddi e umidi (come egli stesso dice) e con un clima assai più rigido del nostro, dove si verificano dislivelli di temperatura assai più grandi tra l'interno d'una stanza e l'esterno: la qual cosa prova che anco in quelle condizioni la distribuzione della temperatura nell'interno della cassetta non può esercitare nessuna influenza, nelle determinazioni gravimetriche.

3.^o Assai più — se mai — ci sarebbe da preoccuparsi dell'azione dei vetri delle finestre praticate lungo la faccia anteriore della cassetta, e soprattutto del modo con cui si legono i termometri retrostanti, cioè servendosi d'una candela, per illuminarne la graduazione attraverso i vetri medesimi.

Posta una pila termoelettrica dentro la cassetta con una faccia scoperta dietro uno dei vetri, si legga la scala e poi si faccia avvicinare una stearica accesa al vetro: anco a tennervela 10 secondi, si osservano deviazioni galvanometriche di 250 divisioni e più!

Gli errori temibili dal modo di lettura dei termometri, son quindi relativamente assai più grandi di quelli da aspettarsi per la diversità d'irradiazione nell'interno della cassetta. Non appena la temperatura dei pendoli si volesse pretendere con maggiore esattezza da termometri più sensibili e più pronti, bisognerebbe piuttosto far uso di una custodia metallica a doppia parete e coprirne le finestre di vetro con regoli scorrenti, portanti un piccolo foro, attraverso al quale il termometro, come è costume nei laboratori di Fisica, dovrebbe esser letto a distanza, mediante un cannocchiale.

A ogni modo: i dubbi accampati contro la mensola a muro, per quel che si riferisce alla temperatura, si son dimostrati al lume dell'esperienza assolutamente insussistenti.

Palermo, Gabinetto di Geodesia della R. Università.

(Giunta il 18 Gennaio 1913).

P.S. — Mentre il presente lavoro era in corso di stampa, è venuta a mia conoscenza una memoria del Dr. Bürgin: *Genanigkeitsuntersuchungen über die Bestimmung der Intensität der Schwerkraft durch relative Pendel-Messungen* (Harlsruhe, 1912), nella quale un capitolo è dedicato all'esattezza conseguibile nella determinazione di temperatura. Sebbene la ricerca sia altra da quella qui riferita, credo opportuno segnalarla a chi si occupa di determinazioni di gravità con apparecchi monopendolari; dappoichè nell'uso di cambiare periodicamente il pendolo oscillante, si riscontra un'altra causa di errori (non valutabili), derivante dal fatto che la temperatura nell'interno della custodia differisce sempre (e spesso notevolmente) da quella dell'ambiente esterno.

L'osservazione è perfettamente fondata: ma all'inconveniente si può assai facilmente riparare. Occorrendo, si potrà tenere dentro la custodia, oltre al pendolo oscillante, quello da sostituire: e il cambio — come del resto si suole — si farà con tutte le debite cautele, aspettando poi un tempo abbastanza lungo prima di ricominciare le osservazioni, in modo che il pendolo si possa mettere in equilibrio di temperatura coi termometri.