

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCC.

1903

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1903

Fisica. — *Intorno ad un nuovo apparecchio per la determinazione dell'equivalente meccanico della calorìa e ad alcune modificazioni del calorimetro solare, del dilatometro, del termometro e del psicrometro.* Nota di G. GUGLIELMO, presentata dal Socio P. BLASERNA.

In una Nota precedente (Rendiconti dell'Acc. dei Lincei, 2° sem. 1902) ho descritto un modo semplice per rimescolare un liquido contenuto in un recipiente chiuso ermeticamente da tutte le parti. Fissando nell'interno di questo, prima di chiuderlo, un numero conveniente di palette opportunamente disposte, e poscia dopo che è pieno di liquido e chiuso imprimendogli un movimento alternativo di rotazione in sensi opposti, attorno ad un asse qualsiasi ma preferibilmente attorno a quello di figura, le palette vanno ad urtare contro il liquido ancora immobile o moventesi in senso contrario e vi producono all'incirca lo stesso effetto come se il recipiente fosse immobile e nel suo interno si facesse ruotare nel modo solito una ruota a palette.

Nella stessa Nota ho descritto l'applicazione di questo modo d'agitare il liquido al calorimetro di Favre e Silbermann ed ho indicato l'utilità della medesima; molte esperienze che dimostrano questa utilità e l'esattezza dei risultati che si ottengono coll'apparecchio così modificato non poterono trovar posto nella Nota suddetta per mancanza di spazio e, per la stessa ragione, non potranno trovare posto nella presente.

In questa Nota descrivo altre applicazioni facili ed utili di questo modo d'agitare sebbene le esperienze in proposito non siano terminate, perchè la loro utilità mi pare evidente, ed inoltre dovendo attendere anche ad altri lavori, non so quando mi sarà possibile ultimare queste esperienze che saranno oggetto d'una Nota speciale.

Determinazione dell'equivalente meccanico della calorìa. — Il calorimetro di Favre e Silbermann modificato nel modo suddetto si presta facilmente e vantaggiosamente a questa determinazione in grazia della sua grandissima sensibilità. Nella Nota suddetta accennai al fatto, presentatosi nelle mie esperienze, che il calorimetro perdeva lentamente calore quando era in riposo, mentre invece ne guadagnava, pure lentamente, quando veniva fatto ruotare vivamente ed alternativamente in sensi opposti per agitare il liquido. Giudicando per analogia con ciò che avviene nei calorimetri delle mescolanze, ritenni che la quantità di energia meccanica trasformata in calore per effetto dell'agitazione del liquido fosse insufficiente a produrre un effetto termico sensibile, ed infatti anche nel calorimetro di Joule per la de-

terminazione dell'equivalente suddetto mediante l'agitazione dell'acqua, occorre la caduta reiterata di pesi di molti chilogrammi per produrre un riscaldamento molto piccolo. L'effetto tuttavia mi pareva inesplicabile e prima lo attribuii a casuali variazioni della temperatura ambiente, ma in seguito mi persuasi che esso era dovuto realmente alla trasformazione di energia meccanica in calore.

Difatti in queste esperienze la rotazione del calorimetro in un senso era prodotto da uno spago avvolto attorno ad un tamburo e sollecitato da un peso di 200 gr. che cadeva per un tratto di 90 cm. una volta ogni 6 secondi, all'incirca. È certo che l'energia di questa caduta non era interamente trasformata in calore nell'interno del calorimetro, sia perchè il peso non cadeva liberamente ma era sostenuto in parte dalla mano che teneva l'altra estremità dello spago, sia perchè il peso acquistava una certa velocità che si perdeva nei sostegni, sia finalmente per l'attrito notevole dell'asse sui cuscinetti molto grossolani. Tuttavia credo di poter ammettere senza sbagliar di molto che circa $\frac{1}{4}$ della suddetta energia fosse trasformata in calore nell'interno del calorimetro, e che un uguale quantità ne fosse trasformata nella rotazione in senso inverso. Quindi in ogni minuto la quantità di calore prodotto nel calorimetro sarebbe di circa 50. 0,90. 20 : 425 ossia 2 piccole calorie che producono nel termocalorimetro con benzina di petrolio la dilatazione facilmente osservabile di 6 mm³. La grande differenza di sensibilità in questo apparecchio ed in quello di Joule deriva, come già accennai, da ciò che nel primo tutto il calore che si vuol misurare e nel secondo solo una parte molto piccola di esso (quello cioè acquistato dal termometro) sono impiegati a produrre l'effetto che serve di misura, cioè rispettivamente la dilatazione di tutto il liquido del calorimetro e quella sola del mercurio del termometro.

Non ho ancora eseguito esperienze di misura con questo apparecchio, mi pare però che il produrre la rotazione del calorimetro mediante la caduta di pesi che agiscono su una funicella avvolta su di un tamburo (metodo che non differisce da quello di Joule) dia luogo ad errori nella misura dell'energia trasformata in calore nell'interno del calorimetro, i quali difficilmente si potrebbero evitare o correggere completamente. Questi errori derivano evidentemente dalla imperfetta flessibilità della funicella, dall'attrito della medesima sul tamburo, dalla velocità acquistata dal peso e comunicata ai sostegni, tutte cause che assorbono energia fuori del calorimetro. Mi pare perciò preferibile di produrre la rotazione suddetta mediante due forti molle a spirale (sul genere di quelle usate per gli orologi) le quali producano rotazioni opposte e possano alternativamente, prima esser tese indipendentemente dal calorimetro; e poi per mezzo d'apposito nottolino esser fatta agire sul calorimetro stesso, appare più semplicemente mediante la torsione di un

filo d'acciaio verticale convenientemente spesso (1 a 2 mm.), al quale sia sospeso e solidamente fissato il calorimetro.

Calorimetro solare. — Il calorimetro di Favre e Silbermann modificato si presta inoltre, quasi senza altre modificazioni, alla misura del calore dei raggi solari. Occorre bensì che il tubo ricevitore del calore (contenuto interamente dentro il calorimetro) abbia un diametro piuttosto grande affinché possa ricevere un fascio di raggi solari non troppo ristretto, ed inoltre che esso tubo sia vuoto ed abbia le pareti annerite. Occorre ancora che il calorimetro sia inclinato in modo che i raggi possano arrivare fino in fondo del tubo suddetto, che la rotazione avvenga attorno all'asse di questo e che uno o più schermi limitino il fascio dei raggi solari in modo che essi cadano solo dentro il tubo stesso. Il tubo graduato sul quale si osserva la dilatazione del liquido, si colloca comodamente dalla parte opposta a quella dell'apertura del tubo ricevitore, e col suo asse parallelo o meglio coincidente con quello di rotazione.

Anche in questo caso l'agitazione del liquido facilita la penetrazione del calore che si vuol misurare, e diminuendo la durata della medesima, diminuisce la correzione necessaria per l'effetto della temperatura ambiente.

Inoltre in questo calorimetro si evita un inconveniente che s'incontra in altri pireliometri, quello cioè che se lo strato di nero fumo è troppo spesso, esso, riscaldandosi, emette raggi verso l'esterno che vanno perduti e dei quali non si può determinare la intensità perchè cessano quasi istantaneamente quando cessa l'azione dei raggi solari, e non è possibile quindi separare le due azioni; mentre se lo strato di nero fumo fosse troppo sottile, una parte dei raggi incidenti potrebbe arrivare fino al metallo, riflettersi ed andare similmente perduta. Invece nel calorimetro suddetto i raggi emessi o riflessi dal fondo del tubo troppo o troppo poco annerito, cadono sulle pareti laterali del tubo stesso e vi sono quasi completamente assorbiti.

Lo stesso risultato s'otterrebbe ancor meglio se il fondo del tubo ricevitore dei raggi fosse formato da una sottile lamina di vetro un po' inclinata sulla direzione dei medesimi, cosicchè questi penetrerebbero in gran parte nell'interno del calorimetro e potrebbero esser ricevuti su una lamina annerita sospesa in mezzo al liquido, mentre i raggi riflessi cadrebbero sulle pareti laterali e vi sarebbero assorbiti, e quelli assorbiti dal vetro produrrebbero un riscaldamento che si trasmetterebbe al liquido per conduzione.

Un grande aumento di sensibilità ed un maggiore impedimento alla uscita dal calorimetro del calore portato dai raggi solari, si potrebbe ottenere concentrando i raggi con una lente di sal gemma avente il foco principale in un piccolo foro praticato nel coperchio del tubo ricevitore. In tal modo questo coperchio potrebbe lasciar penetrare una grande quantità di raggi solari, mentre tratterrebbe o rifletterebbe verso l'interno i raggi diretti verso l'esterno.

Sebbene le esperienze su questo calorimetro solare non siano ancora ultimate e non possano trovar posto in questa Nota, credo conveniente descrivere la forma del calorimetro da me usato. Esso è formato da una scatola cilindrica di latta alta circa 10 cm., di 5,5 cm. di diametro (una scatola da cacao, di 125 gr.) che aveva saldato sulla base superiore il tubo ricevitore del calore; questo aveva 4 cm. di diametro, penetrava dentro il calorimetro fino a pochi millimetri dalla base inferiore, era chiuso in fondo da una calotta sferica, era annerito internamente (cioè nella parte rivolta verso l'esterno del calorimetro) ed era chiuso superiormente da un coperchio di latta, non annerito, avente un foro centrale di 2 o 3 cm. Nel mezzo della base inferiore era saldato esternamente il tubetto in cui con sovero e gommalacca era fissato il tubo graduato che serviva per misurare la dilatazione del liquido (benzina di petrolio) che riempiva il calorimetro e che serviva inoltre come asse di rotazione, per produrre l'agitazione del liquido.

Invece delle palette, usai una lunga striscia di latta larga 3 o 4 mm., fissata sulla faccia convessa della parete cilindrica del tubo ricevitore, in modo che formasse due spire d'un elica generata da una retta perpendicolare all'asse; era mia intenzione di fissare una elica simile ma diretta in senso contrario sulla parete cilindrica interna del calorimetro, ma ritenni che non fosse indispensabile e ne feci a meno. Inoltre sotto il fondo del tubo ricevitore, ossia sulla sua faccia convessa, fissai 4 piccole palette piane, in croce, per agitare il liquido adiacente ad esso fondo e maggiormente riscaldato dai raggi solari; in tal modo questa parte del liquido viene messa in moto per l'azione delle palette e per l'azione della forza centrifuga viene poi spinta verso le pareti laterali ove risente l'azione dell'elica, e viene spinta prima verso la sommità del calorimetro e poscia indietro.

Il liquido usato per riempire questo calorimetro era la benzina di petrolio che per la sua piccola densità, per la piccola capacità calorifica e per la sua grande dilatabilità termica, mi parve, fra i liquidi comuni, uno dei più adatti.

Il tubo graduato sul quale osservavo e misuravo la dilatazione del liquido prodotto dal calore de' raggi solari nelle mie prime esperienze, era fissato entro un tubetto d'ottone saldato al fondo del calorimetro mediante un tappo di sovero ricoperto da uno strato spesso ed omogeneo di gomma lacca. Siccome però questo tubo (il cui asse coincideva con quello del calorimetro) funzionava anche da asse di rotazione, avveniva spesso che l'aderenza fra la gomma lacca ed il tubetto d'ottone era distrutta e la benzina usciva dalla fessura che s'era così formata e che era difficile chiudere nuovamente. In seguito il tubo di vetro era fissato mediante gomma lacca ad un'armatura, ossia un tubo d'ottone che s'avvitava entro il tubo saldato al calorimetro, e la chiusura era resa perfetta nel modo solito mediante una rotella di cuoio che avevo imbevuto di glicerina o colla.

Per far ruotare questo calorimetro attorno al suo asse di figura, il tubo graduato era infilato in due corti tubi o anelli d'ottone di diametro tale che esso potesse ruotarvi senza tentennare troppo, i quali erano fissati entro due tappi di sovero tenuti da due collarini fissati alle estremità d'una lista di legno. Affinchè il calorimetro potesse esser diretto verso il sole e potesse seguirne il movimento, questa lista era tenuta da una pinza snodata (di quelle usate nei comuni sostegni da laboratorio per sostenere i grossi tubi e i frigoriferanti) serrata entro una doppia morsetta a rotazione, la quale dall'altro lato era serrata sull'asta del sostegno, che poi dev'essere inclinata nel piano del meridiano astronomico in modo da essere perpendicolare all'asse terrestre. In tal modo l'asse di rotazione della morsetta può funzionare da asse polare, attorno al quale il calorimetro può ruotare seguendo il moto del sole, e si ottiene la declinazione costante dell'asse del calorimetro, uguale a quella del sole, per mezzo della pinza snodata che può essere fissata con un angolo qualsiasi rispetto al proprio gambo.

Differisco ad un'altra Nota la descrizione delle esperienze, ancora in corso, eseguite con questo apparecchio.

Dilatometro a palette. — L'utilità di agitare il liquido dei dilatometri per ottenere più rapidamente l'equilibrio di temperatura col bagno, è stata riconosciuta già da parecchi anni dal Forch (Wied. Ann. 1895, t. 55, p. 105), il quale usò a tale scopo un apparecchio elettromagnetico certamente efficace sebbene alquanto complicato. Alcuni anni prima io avevo riconosciuto similmente la necessità di agitare un liquido di cui si vuol determinare la tensione di vapore, specialmente se esso contiene disciolto un solido o un altro liquido, ed avevo fatto uso a tal uopo d'un apparecchio magnetico pure efficace, ma molto semplice e molto più facilmente applicabile.

L'attuale disposizione per agitare il liquido per mezzo di palette interne e della rotazione del dilatometro attorno al suo asse di figura non richiede l'uso nè di calamite, nè di correnti, è efficacissima, sicura e non complica quasi affatto nè la costruzione nè l'uso del dilatometro; basta, quando il bulbo del dilatometro è ancora aperto in fondo ma già saldato al tubo graduato con imbuto, introdurre un sistema di palette disposte opportunamente, chiudere nel modo solito il bulbo avendo cura di non riscaldar le palette tanto da sciuparle, e finalmente saldare il sostegno delle palette alle pareti del bulbo.

Ho fatto uso in alcuni dilatometri d'una astina di vetro cui erano saldati, a varie altezze, corti bracci laterali disposti simmetricamente rispetto all'astina e terminanti con laminette piane (formate di solito con pezzi di vetri coprioggetti da microscopio) non parallele all'asse, ma fatte ruotare di 45° tutte nello stesso senso, attorno ai bracci. Questi dilatometri hanno veramente un aspetto alquanto fragile, e sebbene durante molti mesi abbiano resistito a molte vicende, mi pare probabile che presto o tardi l'unica sal-

datura dell'astina sul fondo del bulbo in seguito a un urto brusco o una vibrazione si spezzi, oppure che le laminette si dissaldino dai bracci. Tuttavia anche con questa disposizione, forse troppo efficace, non sarebbe difficile ad un costruttore di ottenere maggiore solidità, saldando p. es. l'astina centrale ad entrambi i capi, ed usando laminette più spesse e più resistenti.

Invece dell'astina suddetta con palette, si può più semplicemente introdurre e saldare entro il bulbo un'astina diritta, collocata parallelamente all'asse, all'incirca a metà distanza fra esso e la parete, o meglio due astine parallele collocate ai due lati dell'asse, oppure un'astina unica ma ripiegata in forma di U o di ovale allungata. Questa disposizione è specialmente opportuna se il bulbo ha un diametro piuttosto piccolo, tale che sarebbe difficile farvi entrare un'asta con palette anche piccole. L'agitazione, sebbene meno efficace di quella ottenuta colle palette, è tuttavia sufficiente. L'astina potrebbe anche essere ripiegata in forma di elica e collocata coll'asse coincidente con quello del bulbo, così il liquido per effetto della rotazione dell'elica riceverebbe anche un movimento parallelo all'asse suddetto.

È opportuno notare che l'agitazione non deve essere troppo vivace, per evitare che si abbia una produzione di calore che tenderebbe a distruggere l'equilibrio di temperatura coll'esterno, che invece si vuole raggiungere.

Per ottenere prontamente questo equilibrio è anche utile d'infilare il dilatometro in una piccola ruota a palette inclinate fissata al disopra del bulbo, la quale per effetto della rotazione impressa al dilatometro, e quindi alla ruota stessa, spinge il liquido del bagno lungo le pareti del dilatometro, che così assumono la temperatura del liquido; questa agitazione però non esclude quella generale del liquido prodotta da agitatori più grandi e che esercitano la loro azione in tutte le parti del liquido. La ruota a palette si può costruire molto facilmente con un disco di lamina d'ottone con un foro centrale, e con sei o più tagli secondo i raggi equidistanti, ma che non arrivino fino al foro centrale. Storcendo alquanto attorno al raggio mediano i settori così formati, si hanno le palette inclinate.

Termometro a palette. — Le suddette disposizioni per agitare il liquido sia nell'interno che all'esterno del dilatometro mi paiono certamente utili anche pei termometri, specialmente se questi hanno il bulbo grosso e se sono molto sensibili, e specialmente se il liquido interno fosse diverso dal mercurio e quindi cattivo conduttore del calore. Sarebbe difficile e non necessario introdurre nel bulbo del termometro un'asta con palette, sarà più opportuno collocarvi un'astina diritta o ripiegata nel modo indicato per il dilatometro.

La ruota a palette esterna sarebbe utile tanto se il termometro fosse immerso in un liquido, quanto e forse più se esso si trovasse nell'aria. Per ottenere rapidamente la temperatura dell'aria, si usa talvolta di legare il termometro ad una funicella e farlo ruotare a modo di fionda; questo metodo

non solo è incomodo e lento e non scevro di pericolo sia per il termometro stesso, sia per gli strumenti e le persone circostanti, ma inoltre da risultati d' esattezza dubbia perchè il termometro ruota nell'atmosfera dell'operatore ed è esposto al calore irradiato del medesimo. Mi pare perciò preferibile di far arrivare l'aria sul bulbo per mezzo della ruota esterna a palette (agitando allo stesso tempo il liquido interno per mezzo delle palette o astine interne), ciò che si può ottenere stando lontani dal termometro protetto da uno schermo.

Psicrometro con ventilatore a palette inclinate. — L' utilità delle palette interne e dell'agitazione del mercurio nel termometro asciutto è evidente; in quanto al termometro bagnato, occorrerebbe assicurarsi coll' esperienza che la rotazione attorno al suo asse, che bisognerebbe imprimergli per agitare il mercurio (rotazione che potrebbe facilmente esser diversa a seconda dell'operatore e delle circostanze) non favorisca l' evaporazione e produca un abbassamento irregolare della sua temperatura.

Mi pare invece senz'alcun dubbio utile, che nei psicrometri a ventilatore, la ruota a palette di questo abbia le palette girate tutte d'uno stesso angolo e nello stesso senso attorno ai raggi rispettivi, e che essa ruota sia collocata al disotto dei termometri in modo che il prolungamento del suo asse sia parallelo ai termometri e approssimativamente equidistante da entrambi. In tal modo all'agitazione irregolare prodotta dall'attuale ruota coll'asse verticale e palette normali alla direzione del moto, agitazione che credo impossibile sottoporre a calcolo, si sostituirebbe un movimento nell'aria rotatorio e ascendente molto meglio determinabile. Se la ruota suddetta e i termometri fossero collocati entro un largo tubo verticale aperto ai due capi, di diametro poco maggiore di quello della ruota, il modo di funzionare di questo psicrometro si avvicinerrebbe molto a quello del psicrometro ad aspirazione.

Finalmente il metodo usato per agitare un liquido in un recipiente chiuso, può servire altresì per agitare invece un gaz, ciò che può essere utile in vari casi, come p. es. nella determinazione della tensione di vapore di un liquido in un gaz, per facilitare l'azione chimica di un gaz su di un altro corpo, per facilitare la convezione del calore, effettuata dallo stesso gaz.