SUL GRAVIMETRO ATLAS

CARMELO AQUILINA

Descrizione. — Sotto gli auspici e con i mezzi del Piano E.R.P. l'Istituto di Geofisica Mineraria della Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Roma è venuto in possesso di un gravimetro « Atlas » costruito a Houston nel Texas (S.U.d'A.).

Si vuol dare, in questa nota, una breve descrizione dell'apparecchio, nelle sue parti principali, e riferire sul suo comportamento, per quanto riguarda la deriva, con il suo impiego in alcune stazioni, ripetute varie volte.

Ci sembra lecito considerare il gravimetro come derivante da un accoppiamento dei due principi sui quali si basano l'apparecchio di *Threlfall* e *Pollock* e quello di *Hartley*.

Il primo dei menzionati, come è noto, consta essenzialmente di un'asticina di quarzo, orizzontale, collegata ad un filo torsionale orizzontale anch'esso, ed anch'esso di quarzo.

Da questo, si sa, derivano i vari modelli di *Jsing*.

Il secondo, lo *Hartley*, è formato da un'asta, sempre posta orizzontalmente, sospesa a due molle a spirale, una, maggiore, di una lega di tungsteno e tantalio che rappresenta la molla principale, e che sostiene quasi al completo il peso dell'asta, una, minore, addizionale, che ha l'ufficio di compensare le piccole variazioni di posizione, da quella di equilibrio.

Nel gravimetro che descriviamo, (vedi fig. 1), la massa oscillante è ancora rappresentata da un'asticina di quarzo, della lunghezza di 5-6 cm circa, ed il cui spessore è inferiore al millimetro (circa mm 0,3).

Un'espansione a *T* di essa, alla base, permette il suo innesto ad un filo torsionale sottilissimo, anch'esso di quarzo, sollecitato tuttavia assai poco, data la piccolissima libertà di movimento consentita all'asticina, per la presenza dei fermi rappresentati da una forcilla di platino, visibile in figura. Il filo sottilissimo menzionato risulta privo di torsione quando l'asticina assume la sua posizione di equilibrio, ad apparecchio livellato.

Il filo torsionale è collegato ad una massa grossolanamente anulare

Fig. 1 a

di rinforzo, in quarzo, dello spessore medio di 3 o 4 millimetri. Questa è denominata « base ».

Una molla a spirale, sempre in quarzo, attaccata con un suo estremo ad un terzo, a partire dalla posizione del filo torsionale, dell'asticina oscillante, è la molla principale.

Fig. 1 b - Asticina di quarzo

Questa, sostiene l'asticina orizzontale, tirando obliquamente, ed è collegata ad un apparato « compensatore » della temperatura (vedi anche particolare c).

Detto apparato è costituito da un filo di tungsteno saldato per un estremo alla spirale descritta (come è visibile in fig. 1 particolare a) ed all'altro ad una base, sempre in quarzo, anch'essa collegata al supporto anulare prima menzionato.

Se si pensa al fatto che il variare della temperatura varia il coefficiente di elasticità del quarzo, e quindi, in particolare, della molla a spirale principale, è intuitivo che la stessa variazione di temperatura, variando la lunghezza del filo di tungsteno, farà spostare il punto *P* di collegamento del pezzo di filo di quarzo collegato a sua volta alla parte superiore della spirale principale. Un facile calcolo consente il dimensionamento del compensatore in modo tale che anche una notevole variazione di temperatura, entro, naturalmente, limiti ragionevoli non influisce sensibilmente sul funzionamento del gravimetro.

L'intervallo di variazione è di circa 50 gradi c.

Dai punti laterali della basetta in quarzo del compensatore, partono, rispettivamente, due molle, anch'esse a spirale e di quarzo: la molla di campo e quella di misura.

Fig. 1 c - Compensatore

La molla di campo, più robusta, è impiegata per permettere l'uso del gravimetro alle varie latitudini e a notevoli differenze di quote altimetriche.

I limiti massimi di impiego di un apparecchio, (per una escursione massima della vite di comando delle variazioni di lunghezza della molla in esame, pari ad un quarto di pollice, cioè circa cm 0,6),

sono dell'ordine di quasi 4 gal, e dipendono dalle caratteristiche delle parti costituenti i singoli gravimetri.

La molla di misura è collegata al compensatore, come si è detto, e quindi, (come quella di campo) tramite questo, alla base anulare. Il tutto, in quarzo, è visibile in fig. 1.

Il particolare invece della molla di misura, è ridisegnato nella fig. 2.

In esso è riportato, nel punto S, un tratto sottilissimo del filo di

Fig. 2

quarzo, nel quale si può manifestare, più facilmente una flessione. Detta sollecitazione, sussidiaria, impedisce alla molla di misura di essere tesa oltre certi limiti, e ciò le consente di mantenere una « sensibilità lineare » nei vari tratti della graduazione di un tamburo contagiri, denominato « contatore », che misura le variazioni di lunghezza della molla che si descrive. In altri termini il costruttore si propone di raggiungere la costanza per una certa variazione di gravità, degli intervalli ai diversi punti di sollecitazione della molla. Così sarà definito a sensibilità lineare un apparecchio che, per un intervallo di 80 unità di graduazione, intorno ai numeri 200; 500; 800 del contatore, non accusi differenze superiori ai tre decimi di parte.

Anche in questo caso l'escursione massima della vite, che comanda le variazioni di lunghezza della molla di misura, è di un quarto di pollice.

Le parti essenziali dell'apparecchiatura in quarzo, completa di compensatore, sono state rapidamente descritte. Diamo ora lo schema della forcella di platino avente la funzione di limitare l'ampiezza delle oscillazioni dell'asticina.

Nel particolare *b* della fig. 1 è visibile il colletto di platino, applicato all'asticina. Il colletto è posto in corrispondenza dei lati della forcella di platino (fig. 3).

Detti lati si prolungano in due sottili barre di ottone, o rame, divise da un corpo isolante, con sotto un'altra barra di ottone, piegata a C rovesciato, portante una vite di rame.

All'altro estremo si ha un'altra vite anche essa di rame, ma isolata opportunamente, in tutta la sua prima parte, in modo da collegare il solo lato superiore della forcella, con il coperchio metallico di alluminio della camera gravimetrica, nella quale viene praticato il vuoto, e fare con detto coperchio massa.

È la terra dello schema elettrico.

Il lato inferiore della forcella è collegata con un filo di rame che passa, isolato, attraverso il coperchio di alluminio, fino a raggiungere la testata del gravimetro.

Una vite, forata, per il passaggio del filo di rame, con opportuna doppia guarnizione di gomma, assai fortemente compressa, assicura la tenuta del vuoto.

Anche la presa di terra è portata sulla testata del gravimetro.

Nell'eventualità che l'asticina aderisca ad una parte della forcella, l'applicazione, per uno o due secondi, di una corrente continua, di

Fig. 3

Fig. 4 - Recipiente e vuoto

un volt e mezzo, è sufficiente a liberarla ed a riportarla in campo ad oscillare, nell'intervallo tra i due lati della forcetta.

Tutto l'apparato descritto è chiuso nella camera gravimetrica nella quale vien praticato il vuoto, e alla quale è collegato, a mezzo di un'asta di invar, che a sua volta parte dalla saldatura di chiusura del supporto anulare di base, in quarzo.

Dalla camera gravimetrica il cui diametro risulta di circa cm 10 (vedi fig. 4) partono varie appendici cilindriche.

Fig. 5 - Prisma illuminazione

Una di queste porta la sorgente luminosa che, attraverso un pezzo ottico speciale (fig. 5), manda i raggi di luce ad una graduazione, visibile dall'oculare, sulla quale si proietta la posizione dell'asticina, ed attraverso la parte del pezzo ottico funzionante da prisma, a due livelle toriche, una superiore, posta secondo la direzione dell'asticina, l'altra, inferiore, posta trasversalmente.

La sensibilità di dette livelle è intorno ai 50'' per parte. Queste vengono osservate attraverso un cilindro ottico, terminante superiormente a superficie lenticolare, per dar luogo, nella loro osservazione, ad un piccolo ingrandimento. Una opportuna colorazione dei tratti delle livelle rende più agevole la loro rettifica e centratura.

L'oculare è formato essenzialmente di due pezzi: l'oculare vero e proprio, che porta anche la graduazione, ed un pezzo esterno, ruotabile e fissabile a vite, sul coperchio di testata del gravimetro (fig. 6) per mezzo di un eccentrico, che permette piccoli spostamenti, nella direzione normale a quella dell'indice, che dà la posizione dell'asticina.

Ancora sulla testata del gravimetro sono riportate le parti terminali delle viti di comando delle due spirali, di campo e di misura, quest'ultima terminante col « contatore ». Si trovano inoltre le due

VISTA DALL'ALTO

Fig. 6

viti di rettifica delle livelle, quella superiore e quella inferiore, ed infine, come si è già prima detto, i due estremi dei conduttori provenienti dai lati della forcetta di platino.

La testata del gravimetro è avvitata su una bottiglia con intercapedine (fig. 7) nella quale è praticato il vuoto, che contiene la camera gravimetrica, rivestita di una o più calze isolanti, con tutte le sue appendici, cilindri ottici, ecc. Gli spazi, tra queste, sono riempiti di lana. Detti provvedimenti sono presi per proteggere il più possibile, la parte funzionante del gravimetro, dagli sbalzi di temperatura.

La bottiglia è a sua volta contenuta da una custodia metallica esterna che dà all'apparecchio, montato, l'aspetto della figura 8.

Rettifica del gravimetro. — La misura gravimetrica, con lo strumento del quale trattiamo, viene eseguita, assai rapidamente, ponendo l'apparecchio su un treppiede, o su una solida base. Si centrano le due livelle, la longitudinale e la trasversale, quindi si porta l'indice luminoso, (che dà la posizione dell'asticina come prima si è detto), agendo sul contatore, su un valore della graduazione che corrisponde alla posizione di equilibrio dell'asticina di quarzo visibile all'oculare.

La lettura, fatta sul contatore, è il valore ricercato.

Per poter eseguire la detta misura, è necessario che la posizione di equilibrio, dell'equipaggio gravimetrico, corrisponda alla posizione di centramento delle livelle. Inoltre dovrà esser nota la lettura, alla graduazione nell'oculare, corrispondente alla posizione d'equilibrio. Detta lettura è quella che prende il nome di lettura o linea di zero.

Le condizioni di rettifica sono le seguenti:

1) Stabilire la corrispondenza tra la sensibilità del contatore e quella dell'indice luminoso. È come dire di ricercare la posizione di equilibrio dell'equipaggio gravimetrico, nel piano contenente l'equipaggio stesso, nel piano cioè contenente la livella longitudinale.

Fig. 7 - Vista dello strumento nel thermos

Fig. 8 - Vista esterna

2) Determinare la posizione della linea di zero.

3) Rettificare le livelle longitudinale e trasversale.

Prima di eseguire le rettifiche enunciate è evidentemente necessario che, opportunamente agendo sulla molla di campo, l'indice luminoso sia portato nel campo di lettura della graduazione (cioè che l'asticina oscilli liberamente tra i lati della forcilla di platino).

A questo scopo è conveniente osservare che ad uno spostamento dell'indice luminoso verso la destra, cioè nel senso crescente della graduazione, corrisponde un abbassamento dell'asticina, viceversa uno spostamento verso sinistra, accusa un sollevamento di essa.

È pertanto evidente che, se l'indice è abbattuto sulla parte destra della graduazione, è necessario agire sulla vite della molla di campo, girandola nel senso antiorario: questo provoca un sollevamento e quindi uno spostamento dell'asticina nel campo di lettura.

Si agirà nel senso contrario, quando l'indice si sarà trovato abbattuto, sulla parte sinistra della graduazione.

Prima di operare detta correzione di massima è conveniente portare il tamburo del contatore, in corrispondenza della lettura che si desidera fare.

Rettifica n. 1. — A livelle centrate, per stabilire la sensibilità del contatore in rapporto a quella dell'indice luminoso, si ruota il tamburo del contatore per dieci divisioni e si constata se l'indice si è spostato di un numero uguale maggiore o minore di intervalli nella graduazione dell'oculare.

Nel caso che il numero risulti maggiore, si decentra la livella longitudinale, agendo, nel senso antiorario, sulla vite di base vicina all'osservatore, in modo da inclinare il gravimetro verso l'operatore. Nel caso contrario si agisce, sulla vite di base, nel senso orario. Al termine dell'operazione la livella va riportata in centro, agendo sulla vite di rettifica di essa, situata sulla testata del gravimetro.

Nel caso di uguaglianza dei valori, lo strumento è rettificato per quanto riguarda il n. 1.

Osserviamo che, poiché allo spostamento verso destra dell'indice, corrisponde un abbassamento dell'asta gravimetrica, è tollerato che a dieci divisioni del contatore ne corrispondano anche dodici dell'indice. Al contrario, per uno spostamento verso sinistra, alle dieci divisioni del contatore possono corrisponderne otto dell'indice.

Rettifica n. 2. — Per la ricerca della posizione della linea di zero, si opera nel modo seguente:

Decentrata la bolla della livella longitudinale, di un paio di parti, inclinando il gravimetro verso l'operatore, se l'indice luminoso, da un valore iniziale scelto in precedenza, subisce uno spostamento verso sinistra, esso va portato a fare una lettura inferiore, agendo sul contatore o, (se si preferisce), sulla vite di campo. Si tenga presente che ci si è accorti che la linea di zero si trova generalmente ad una distanza doppia, dello spostamento subito dall'indice, a causa dell'operazione eseguita.

Se l'indice luminoso subisce uno spostamento verso destra, cioè nel senso crescente della lettura, l'operazione da eseguirsi è, naturalmente, l'opposta della descritta.

In questo modo è possibile trovare, come valore di zero, un numero come, ad esempio, 105:96. Per portare la linea di zero al valore 100, sarà allora la graduazione dell'oculare che potrà spostarsi verso sinistra, o verso destra, nella direzione cioè della livella trasversale, ruotando il porta oculare, dopo avere svitato un perno che lo fissa all'oculare, ed un anello di sicurezza, che lo fissa alla testata dello strumento.

Rettifica n. 3. — Una volta nota la linea di zero, per rettificare le livelle, a linea di zero collimata, basta decentrare le bolle, una alla volta, di una divisione, prima in un senso, poi nell'altro. Se le letture all'indice non sono mutate, le livelle sono rettificate per quella linea di zero.

Se invece vi sono deviazioni nell'indice luminoso basta agire sulla vite di correzione corrispondente alla livella sulla quale si opera, riportando la bolla in centro, dalla posizione che aveva dato lo spostamento dell'indice, verso il senso crescente della graduazione. È ovvio che, per riportare sulla linea di zero l'indice, si dovrà agire sul contatore.

Vuoto nella camera gravimetrica. — L'apparecchio, per l'eventuale controllo del vuoto, dovrà accoppiarsi ad una pompa ad olio, azionata da un motorino elettrico.

Generalmente nella camera gravimetrica la tenuta è buona. Il controllo va fatto tuttavia ogni due mesi circa. Si tratta di una normale operazione di pompaggio eseguita dopo avere innestato, sull'apposita valvola di detta camera gravimetrica, un tubo di raccordo che è posto in comunicazione con la pompa.

È ovvio che, per questa operazione, è necessario procedere allo smontaggio delle parti esterne del gravimetro.

Caratteristiche dell'apparecchio. — Il gravimetro « Atlas » è di esiguo ingombro e di facile trasporto. Il suo peso è sui kg 5 e le sue dimensioni esterne, comprese le viti di base e le appendici di apparecchiatura ottica, sono di cm 15 di diametro e di cm 40 di altezza.

L'operatore può quindi trasportarlo, dove è necessario, senza fatica, a mano.

Fig. 9

Il tempo necessario per un'osservazione, compresa un'accurata livellazione, è di 5 minuti circa.

Controllo della deriva e verifica della costante. — Le osservazioni sul comportamento dello strumento, nei riguardi della deriva, si riferiscono al Mod. F.16 di proprietà dell'Istituto di Geofisica Mineraria dell'Università di Roma e sono state fatte leggendo periodicamente, in una stazione fissa, i valori del contatore, dopo aver riportato ogni volta sulla linea di zero, l'indice della graduazione illuminata.

I risultati sono quelli riportati nel diagramma di fig. 9.

In esso possiamo constatare come la tendenza a diminuire nel

tempo sia evidente e, se osserviamo che la verifica sul comportamento del gravimetro, nei riguardi della deriva, è stata fatta dopo un trattamento termico, atto a spostare i limiti degli intervalli di impiego alle varie latitudini, come appresso si dirà, possiamo concludere con il prevedere che la deriva dell'apparecchio del quale trattiamo, diminuirà ancora fino a raggiungere i valori intorno al centesimo di milligal per ora.

La costante dell'apparecchio esaminato, data dalla Casa, risultava di 0,1001. Poiché lo strumento presentava un'escursione della vite di campo pari ad un giro e mezzo, corrispondente a 480 mgal per le stazioni di latitudine crescenti, quindi a nord di Roma, e ad oltre

Fig. 10

nove giri al sud, corrispondente a 2,°1900 si è creduto opportuno far ritoccare a caldo, dal tecnico americano, i collegamenti del compensatore alla base, per dare al gravimetro un maggiore intervallo di impiego al nord ed uno minore al sud.

Ciò ha portato la ripartizione degli intervalli di possibile impiego del gravimetro ad oltre 2000 mgal verso nord e ad oltre 1000 verso il sud.

Prima di eseguire l'operazione accennata nell'equipaggiamento in quarzo dell'apparecchio, scelti due punti, uno alle Frattocchie, l'altro a Castelgandolfo, la differenza di g tra i quali risultasse di oltre i 50 milligal, si sono su di essi ripetute tre volte le misure ottenendo, come Δg , 53,55 milligal.

Terminata l'operazione di ritocco e rimontato il gravimetro, si

è verificata la costante riportandosi sui due punti scelti, rifacendo, su di questi, stazione per tre volte ancora.

La costante è risultata allora di 0,10008...

La deriva osservata in campagna si potrà controllare nel grafico di fig. 10.

Si può concludere pertanto con l'affermare che il gravimetro «Atlas» risponde ai suoi compiti, rimanendo un apparecchio più maneggevole e meno complesso di altri modelli basati oramai su criteri meno moderni di costruzione.

Si è particolarmente grati al C.N.R. che ha consentito gli esperimenti in campagna con il mettere a disposizione dell'Istituto di Geofisica Mineraria l'automezzo Fiat 1100 tipo coloniale.

Roma - Istituto di Geofisica Mineraria della Facoltà d'Ingegneria dell'Università - Settembre 1950.

RIASSUNTO

Viene illustrato, nelle sue varie parti, e nel suo funzionamento, il gravimetro Atlas. Sono inoltre indicate e descritte le rettifiche alle quali va sottoposto l'apparecchio prima del suo impiego.

Da due annessi diagrammi si può rilevare il suo comportamento nei riguardi della deriva.