

UN FOTOMETRO FOTOELETTRICO PER IL RIFRATTORE MERZ DI MERATE

Nota di A. KRANJC (*)

(Osservatorio astronomico di Merate)

RIASSUNTO. — Si descrive un fotometro fotoelettrico impiegante un fotomoltiplicatore tipo 931A scelto fra una novantina; l'alimentazione a circa novanta volta per stadio viene ottenuta tramite un raddrizzatore elettronico stabilizzato incorporato nel fotometro stesso in modo da evitare l'uso di cavi di connessione ad alta tensione nella cupola. E' possibile raffreddare la cellula con ghiaccio secco ed essicarla mediante drierite facilmente sostituibile. L'obiettivo del rifrattore visuale ha il diametro di 487 mm; con stella di 6^m tipo AO senza filtro la risposta della cellula è di $3 \cdot 10^{-9}$ amp ed il disturbo della corrente d'oscurità è dell'ordine di $4 \cdot 10^{-11}$ amp con costante di tempo di 2^s alla temperatura normale di 20°. La precisione ottenibile è dunque della frazione di centesimo di grandezza stellare ed \approx cellula raffreddata si arriva alla 11 ÷ 12 grandezza.

ZUSAMMENFASSUNG. — Es wird ein photoelektrisches Photometer beschrieben, welches einen Vervielfacher vom Typ 931A benutzt und an einem visuellen Refraktor (Objektivöffnung 487 mm) montiert ist. Die Stromquelle ist am Instrument selber angebracht. Die Empfindlichkeitsgrenze der trockenen und mit CO₂ gekühlten Photozelle liegt bei 11 ÷ 12^m.

SCELTA DELLA CELLULA FOTOMOLTIPLICATRICE.

L'osservatorio di Merate dispone di circa 90 fotomoltiplicatori tipo 931A; è ben noto che difficoltà di produzione impediscono una sufficiente uniformità della sensibilità di quei tubi e perciò sono stati esaminati uno per uno onde scegliere il migliore per costruire un fotometro fotoelettrico da adattare al rifrattore visuale Merz come strumento sussidiario alle osservazioni spettrofotografiche eseguite al riflettore Zeiss.

Per la scelta si è costruita una scatola di legno a tenuta di luce divisa internamente in due parti, comunicanti fra loro a mezzo di un foro di diametro regolabile. In una di esse era disposta una lampadina alimentata da accumulatori, nell'altra prendevano posto successivamente in posizione ben fissa i fotomoltiplicatori in prova, i quali erano dunque illuminati dalla luce diffusa delle pareti della parte della scatola contenente la lampadina. I fotomoltiplicatori erano alimentati a 90 volta per stadio, e tanto la corrente di oscurità quanto la corrente fotoelettrica

(*) Pervenuta il 3 agosto 1955.

erano misurate con un galvanometro normale avente la sensibilità di 5×10^{-9} Amp/mm fornito di shunt Ayrton incorporato.

La corrente di oscurità consta di due parti: la corrente termica e la perdita di isolamento, dovuta a fughe tra il pin 10 e il pin 11, vicini tra loro, tra i quali viene posta una differenza di potenziale di quasi 1000 volta. Generalmente le fughe ohmiche avvengono nello zoccolo il quale è più o meno igroscopico; le fughe attraverso la superficie esterna od interna del vetro sono assai minori. Misurata dunque la corrente di oscurità nel modo normale, si è invertita la polarità della tensione applicata ai fotomoltiplicatori. Allora la corrente termica va raccolta dal fotocatodo e non viene quindi misurata dal galvanometro, il quale misura invece al completo la corrente ohmica, oltre alla trascurabile corrente termica emessa dal collettore.

Diciamo corrente di oscurità invertita la corrente così misurata dal galvanometro. E' chiaro che la differenza tra la corrente di oscurità normale e quella invertita sarà dovuta alla sola corrente di oscurità di origine termica. Pertanto sono state scartate le cellule in cui questa differenza era grande, perchè è questa la parte veramente importante. Infatti la cellula scelta aveva una corrente di oscurità diretta di 50×10^{-9} Amp ed una corrente invertita di 49×10^{-9} Amp. La differenza di 10^{-9} Amp era evidentemente dovuta alla sola corrente termica, ed invece la corrente ohmica era di 49×10^{-9} Amp. L'estrazione dallo zoccolo del filo che va al piedino 10 ha, come era da aspettarsi, migliorato moltissimo la corrente ohmica, la quale infatti è scesa da 49×10^{-9} a $0,7 \times 10^{-9}$ Amp.

CIRCUITO ELETTRONICO.

Il fotomoltiplicatore richiede una tensione di alimentazione di 85 volta per stadio, cioè 935 volta in tutto. Questa tensione può essere ottenuta mediante pile di piccola capacità poste in serie, da ognuna delle quali si diparte un conduttore che va ad un dinodo, oppure dalle pile connesse in serie si va ad un partitore di tensione dal quale si ottengono le tensioni per i singoli stadii. Il primo metodo richiede cure particolari nei collegamenti ed è poco pratico. Il secondo ha l'inconveniente di scaricare le pile le quali si esauriscono rapidamente anche se il partitore ha una elevata resistenza.

Si è pertanto adottato un sistema elettronico. Un trasformatore innalza la tensione di rete a 2000 volta e successivamente un diodo del tipo 2X2 la raddrizza. Dopo un livellamento mediante un filtro ad RC un triodo tipo 12 AX 7 stabilizza la corrente mediante una compensazione parziale a ponte di amplificazione, e la corrente di placca passa attraverso undici tubi miniatura stabilizzatori campioni di tensione tipo Philips 85 A 2 aventi una resistenza dinamica di 3500 Ohm totali. In serie con essi è posto un milliamperometro con 5 mA a fondo scala. E' per-

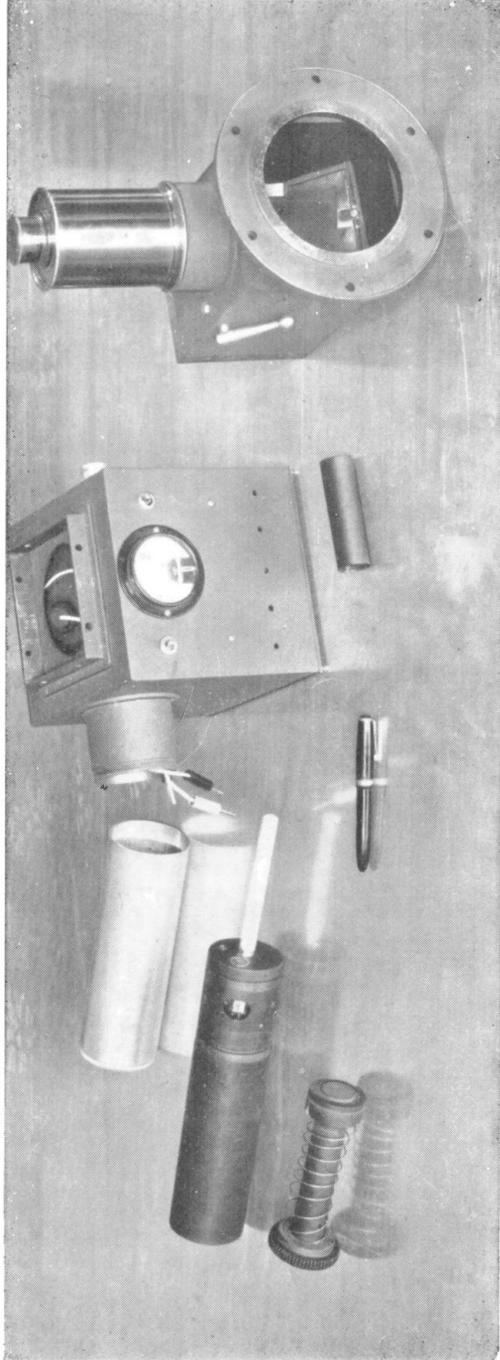


Fig. 1. — Il fotometro fotoelettrico smontato.

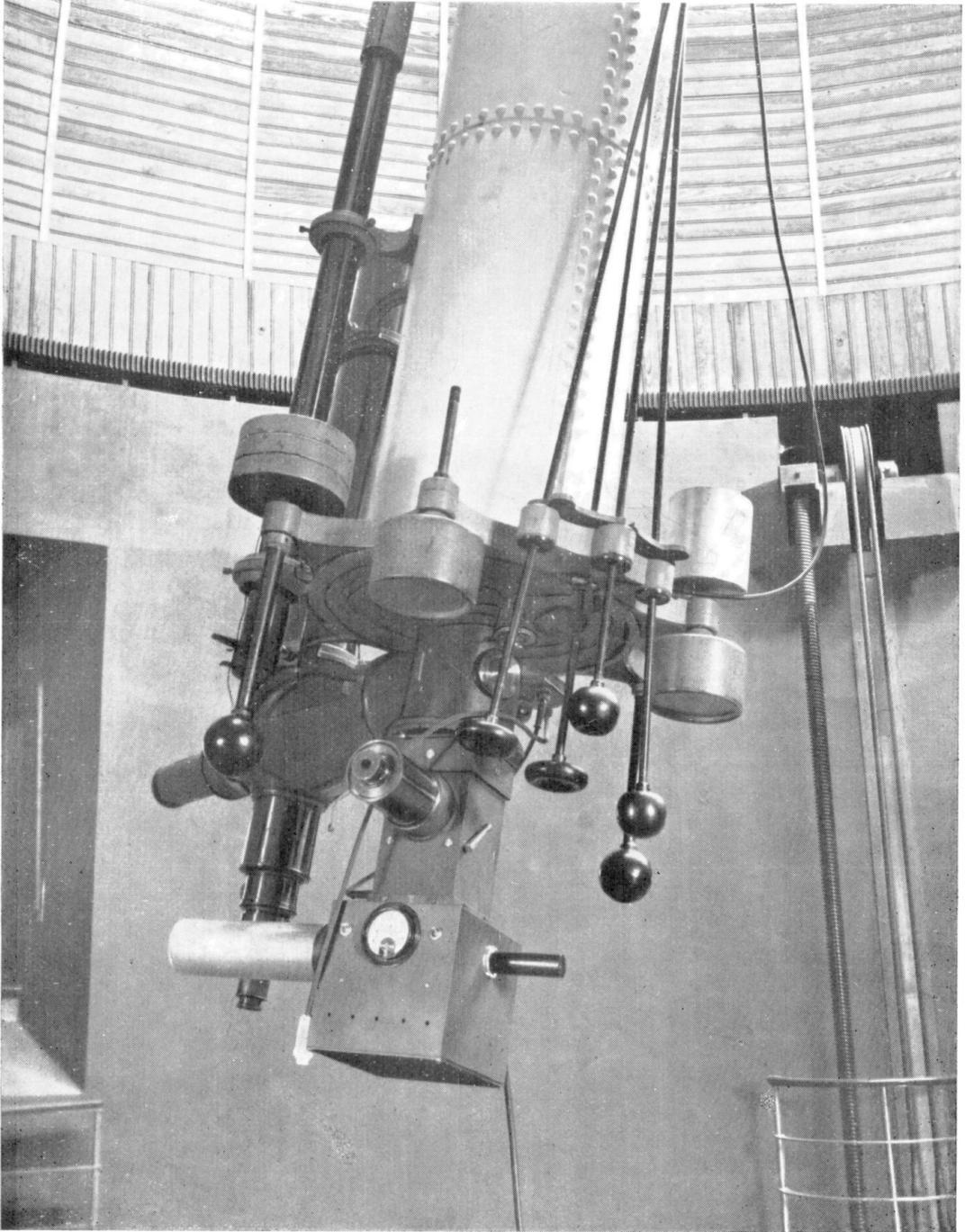


Fig. 2. — Il fotometro montato all'equatoriale Merz.

tanto possibile apprezzare minime variazioni di tensione all'uscita; infatti $5\text{mA} \times 3500 \Omega = 17,5$ volta e, siccome si può apprezzare nel milliamperometro il centesimo di fondo scala, si può di conseguenza stimare il quinto di volta su un potenziale totale di 940 volta; si è constatato ripetutamente che le variazioni di tensione non superano il 0,2 per mille.

L'alta tensione va inviata ad un divisore potenziometrico di 11 megohm in parallelo con la cascata di tubi al neon. A causa delle basse erogazioni del fototubo non c'è da temere effetti di retroazione tramite le resistenze $1 \text{ M } \Omega$.

L'alta tensione va anche ad una reticella che avvolge il vetro del fototubo; essa ha lo scopo di evitare fughe di elettroni dal labirinto e di impedire parzialmente la emissione di termo-elettroni i quali hanno una bassa energia, mentre i fotoelettroni hanno una energia più alta e non sono affatto influenzati. Una schermatura metallica del fototubo gli evita perturbazioni che, come si vedrà, possono essere notevoli nella disposizione attuata. Il filo corrispondente al collettore è stato estratto dallo zoccolo ed inviato al misuratore direttamente dal vetro, perforando lo zoccolo in posizione opportuna sul fianco.

Con tali precauzioni infatti il disturbo è notevolmente diminuito.

SISTEMA DI PUNTAMENTO.

E' molto più importante eseguire rapidamente le misure fotoelettriche successive fra variabile e confronto che curare il perfetto centramento della stella. Pertanto si è usato un oculare ad ingrandimento minimo possibile compatibilmente con il rendimento ottico; infatti al Merz, con obiettivo da 487 mm di diametro e focale di circa 7 metri, la pupilla d'uscita misurata è di circa 7 mm. Il piccolo ingrandimento permette un campo vasto, di mezzo grado di diametro, ciò che facilita molto la ricerca delle stelle.

Nel piano focale è anche inciso un cerchietto avente il diametro uguale a quello del foro che costituisce il diaframma di campo per la cellula sottostante.

Per rendere meno faticose le osservazioni, uno specchio piano invia perpendicolarmente all'asse ottico del rifrattore i raggi delle stelle sul centro di un crocicchio inciso sul vetro nel piano focale dell'oculare (positivo). Le direzioni del crocicchio sono marcate con lettere α e δ e nel senso crescente con frecce; quindi servono anche da riferimento rispetto alle coordinate previo orientamento.

Appena eseguito il centramento nel cerchietto al centro del crocicchio si ruota lo specchio dall'esterno e quindi i raggi provenienti dalla stella devono cadere nel foro del diaframma. Infatti per rettifica eseguita in laboratorio centro del diaframma di campo e centro del crocicchio sono specularmente simmetrici rispetto al piano dello specchio quando è incli-

nato. Una tale disposizione ha il vantaggio che, se si deve smuovere il fotometro, si è sicuri che rimettendolo a posto, anche in posizione un po' variata, se la stella viene centrata nel crocicchio dovrà successivamente e necessariamente cadere nel foro del diaframma. Se i due centri non fossero simmetrici rispetto al piano dello specchio ciò non avverrebbe. Naturalmente lo specchio è orientabile mediante viti di rettifica ed è tenuto fermo da pezzetti di sughero. Quando lo specchio è sollevato chiude la via alla luce che potrebbe cadere sulla cellula entrando dall'oculare. Ad ogni buon conto l'interno è stato dipinto di nero.

Non è stato necessario provvedere all'illuminazione del crocicchio perchè già il rifrattore Merz dispone di una illuminazione del campo che si è dimostrata sufficiente allo scopo.

SCATOLA DELLA CELLULA.

Subito sotto alla parte ottica, comprendente oculare e reticolo, specchio piano ribaltabile e diaframma è avvitata una scatola metallica a forma di un cubo di circa 20 cm di lato divisa in due parti, superiore ed inferiore, da un diaframma metallico. Nella parte inferiore prende posto l'alimentatore stabilizzato; in quella superiore la cellula. In tal modo, grazie alla compattezza dell'alimentatore stabilizzato, non è necessario tirarsi dietro nella cupola, al buio, dei cavi ad alta tensione, che possono essere pericolosi. Nelle pareti del tubo è fissato il mialliamperometro di controllo di cui si è parlato, e l'interruttore di rete. La cellula è montata su uno zoccolo il quale a sua volta è montato su un cilindro di bakelite, termicamente isolante, nel quale trova posto tanto il partitore ohmico quanto il ghiaccio secco sotto forma di piccoli pezzetti. Un pistoncino, pure in bakelite, spinto da una molla preme il CO₂ secco contro il fondo dello zoccolo portavalvola. E' facile dall'esterno togliere il pistoncino e mettere a posto il CO₂. Un cilindro di alluminio svitabile copre il cilindro di bakelite sporgente all'esterno.

La cellula è protetta dalla schermatura metallica fissata al cilindro di bakelite. Dal coperchio in bakelite circolare della schermatura fuoriesce un tubicino di vetro riempito dell'essiccante il quale è tenuto a posto da un po' di paglia di ferro. Un'altra apertura, normalmente coperta da un disco bloccato con viti, permette di estrarre il tubetto di vetro per il ricambio dell'essiccante e per agevolare lo smontaggio della cellula col cilindro di bakelite. Ciò è particolarmente utile in quanto è possibile estrarre facilmente cellula e cilindro in bakelite col partitore ohmico e porre il tutto in campana sotto vuoto: è questo il miglior modo per togliere le tracce di umidità.

Sempre nella parete del cubo è disposta una boccia per cavo coassiale in amphenol per il misuratore di corrente fotoelettrica.

SISTEMA DI MISURA.

Essenzialmente è un amplificatore di corrente continua azionato in corrente alternata, costruito dalla Photovolt Corporation e successivamente modificato per aumentarne la sensibilità, linearità e soprattutto per rendere possibile la connessione ad un registratore e servomeccanismo a bilanciamento galvanometrico costruito dalla C.G.S. avente scala di 150 mm resistenza 11200 ohm e sensibilità uguale a 250 μ A a fondo scala.

L'amplificatore ed il registratore costituiscono un sistema avente la sensibilità massima di circa $1,1 \times 10^{-10}$ amp/mm sulla carta del registratore. Ovviamente ciò è troppo poco per un fattore 10, ma d'altra parte le ricerche spettrografiche difficilmente permettono per ora a Merate lo studio di stelle più deboli della settima-ottava grandezza, e per tali grandezze la sensibilità è già sufficiente, come si vedrà.

RISULTATI OTTENUTI.

A temperatura normale la corrente d'oscurità d'origine termica è di circa $1,5 \times 10^{-9}$ Amp., mentre la corrente di isolamento è di $0,7 \times 10^{-9}$ Amp. Raffreddando con ghiaccio secco la corrente d'oscurità totale scende a $0,8 \times 10^{-9}$ Amp; ne segue che la corrente d'oscurità d'origine termica scende a circa $0,1 \times 10^{-9}$ Amp., e il disturbo, con costante di tempo di 2^s , scende da circa 4×10^{-11} a valori inferiori alla sensibilità dello strumento di misura.

Puntata ad una stella di sesta grandezza tipo A0, presso allo zenit, si ha una risposta di 3×10^{-9} Amp. Ne segue che il limite di prestazione ($S = N$) dello strumento a cellula raffreddata è posto sulla 11-12 grandezza.

