

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

František Link

Sur une nouvelle construction de microphotometre de l'Observatoire
National de Praha

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 68 (1939), No. 3-4, 198--205

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/109440>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1939

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Sur une nouvelle construction de microphotomètre de l'Observatoire National de Praha.

F. Link, Praha.

(Reçu le 18 février 1939.)

Description d'un microphotomètre destiné aux besoins astronomiques. L'appareil travaille avec deux cellules à couche d'arrêt au selenium (Tung-sram S 44) par compensation optique à l'aide d'un coin neutre. Il en résulte l'indépendance de l'intensité de la source qui est une lampe de 100 W alimentée sur le secteur. On donne la théorie de l'instrument ainsi que le résultat des essais pratiques.

1. Introduction. — Les problèmes d'astrophysique nécessitent l'usage d'un microphotomètre adapté aux besoins astronomiques. La plupart des appareils existants manquent toujours de quelques détails importants comme par ex. la possibilité de mesurer avec précision les deux coordonnées sur le cliché dont on mesure la densité. Il m'a paru alors utile de construire un appareil simple et muni de tout dont on pourrait avoir besoin dans la pratique astronomique. Cette construction s'imposait d'autant plus que l'Observatoire National de Praha ne possédait aucun instrument de ce genre. J'ai choisi le type d'appareil non-enregistreur, qui suffit dans la majorité des cas. Les récepteurs sont deux cellules à couche d'arrêt au selenium.

Les caractéristiques de notre appareil sont les suivantes:

- a) L'aire maxima du spot lumineux sur le cliché est de $0,5 \text{ mm}^2$ ou 4 mm^2 suivant l'optique employée. Dimensions plus faibles à volonté.
- b) La densité maxima mesurable à 1% près est de 4,6 ou 2,8 suivant les dimensions du spot ci-dessus dans le même ordre.
- c) Surface de la plaque à mesurer est de $13 \times 18 \text{ cm}$ dont la partie centrale de $11 \times 16 \text{ cm}$ est accessible aux mesures. Les coordonnées sont déterminées à $0,01 \text{ mm}$ près¹⁾ et l'angle de position à 1' près à l'aide des deux vis micrométriques et du cercle divisé.

¹⁾ Sans tenir compte des erreurs périodiques.

d) L'appareil travaille par compensation optique à l'aide d'un coin. L'indépendance de la constance de la source qui est alimentée sur le secteur alternatif (lampe Osram 100 W/12 V).

Le seul microphotomètre à cellule à couche d'arrêt entré dans la pratique astronomique est celui de Schilt modifié par Bennet²⁾ qui utilise une seule cellule sans compensation. Les mesures se font par la déviation du galvanomètre.

2. Description. — Le problème principal dont la solution est le but de chaque microphotomètre est d'associer à chaque plage de faibles dimensions sur le cliché à mesurer un nombre pas trop différent de la densité. La valeur absolue de la densité importe peu en général.

La lumière venant de la lampe (voir la fig. 1) L à court filament boudiné (12 V, 8 A) éclaire le condensateur C_1 et la fente F_1 . L'image du filament est alors projeté par C_1 sur l'objectif de microscope O_1 qui à son tour projete l'image de la fente sur la plaque P . L'image de la fente et celle de la plage à mesurer sont reprises par l'objectif identique O_2 et projetées sur la seconde fente F_2 . Entre l'objectif O_2 et la fente F_2 est intercalée une lentille de mise au foyer M et une glace à 45° qui permet de regarder la plage dans l'oculaire V . Derrière la seconde fente se trouve une autre glace qui permet de contrôler ce qui se projete sur la seconde fente. Le flux après avoir traversé la seconde fente tombe sur la première cellule à couche d'arrêt au selenium (Tungram S 44) T_1 .

D'autre part une autre partie du flux de la lampe est dirigée à l'aide d'un second condensateur C_2 à travers le coin circulaire G et le diaphragme S sur la seconde cellule T_2 . On peut interchanger les deux cellules entre elles pour contrôler leur sensibilité relative. Les deux cellules travaillant en opposition sont connectées suivant le schéma de la figure 1. On règle le coin de façon que le galvanomètre reste au zéro. Dans ce cas la densité de la plage à mesurer est sensiblement une fonction linéaire de la lecture du coin.

3. Théorie de l'instrument. Nous allons chercher maintenant la condition de l'équilibrage optique du galvanomètre. Pour les faibles flux f la force électromotrice de la cellule peut être écrite sous la forme

$$e = a f(1 + \alpha f)$$

et de même pour l'intensité du courant

$$i = b f(1 + \beta f)$$

d'où, la résistance, vu que les constantes α, β sont très faibles,

$$r = \frac{a}{b} [1 + (\alpha - \beta) f].$$

²⁾ Astrophys. Journal, 78 (1933), 305.

Le premier flux rayonné par la lampe vers la plaque subit d'une part des pertes p'_1 dues à l'optique intercalée sur son parcours et d'autre part la perte p_1 due à la densité de la plaque d ; $d = \log p_1$. Ecrivons alors le flux éclairant la cellule

$$f'_1 = f_1 p_1 p'_1.$$

Pour le second flux nous désignerons les pertes par l'optique p'_2 et celle due au coin p_2 et $D = \log p_2$. Le flux tombant sur la seconde

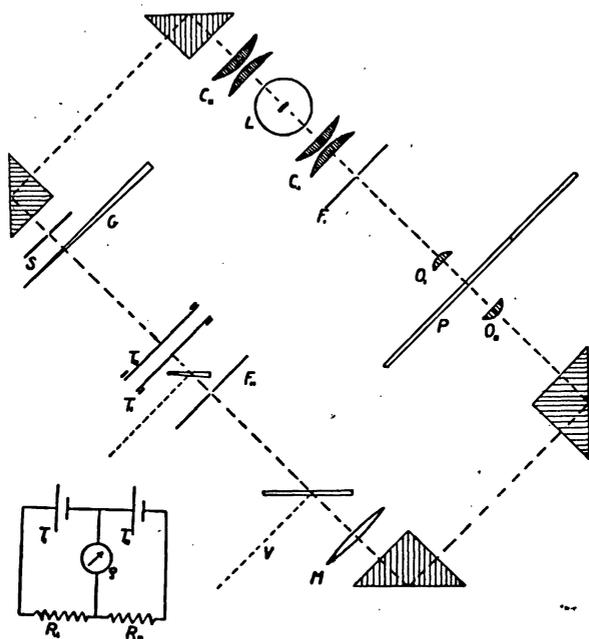


Fig. 1. Schéma optique et électrique du microphotomètre.

cellule sera alors

$$f'_2 = f_2 p_2 p'_2.$$

Les forces électromotrices engendrées dans les deux cellules seront alors

$$e_1 = a_1 f'_1 (1 + \alpha_1 f'_1), \quad e_2 = a_2 f'_2 (1 + \alpha_2 f'_2).$$

Le courant de la première cellule traversant le galvanomètre sera (voir la fig. 1)

$$i_1 = \frac{e_1}{(r_1 + R_1) \left(\frac{e}{r_2 + R_2} + 1 \right) + e}$$

ou très approximativement

$$i_1 = \frac{e_1}{r_1 + R_1 + \varrho}$$

car le rapport $\frac{\varrho}{r_2 + R_2}$ est faible en général ($< 0,1$). De même pour la seconde cellule

$$i_2 = \frac{e_2}{r_2 + R_2 + \varrho}$$

L'égalité des courants donne

$$d_1 = \log \frac{a_2}{\frac{a_2}{b_2} [1 + (\alpha_2 - \beta_2) f'_2] + R_2 + \varrho} -$$

$$- \log \frac{a_1}{\frac{a_1}{b_1} [1 + (\alpha_1 - \beta_1) f'_1] + R_1 + \varrho} + \log \frac{p'_{2f_2}}{p'_{1f_1}} + D_1.$$

Dans ce cas le plus général la lecture du coin à laquelle correspond la densité D_1 n'est pas en relation linéaire avec la densité d_1 de la plaque à mesurer puisque les deux premiers termes de notre formule dépendent de la valeur absolue des flux f'_1 et f'_2 . On peut les éliminer par l'inversion des cellules

$$d_2 = \log \frac{a_1}{\frac{a_1}{b_1} [1 - (\alpha_1 - \beta_1) f'_1] + R_2 + \varrho} -$$

$$- \log \frac{a_2}{\frac{a_2}{b_2} [1 - (\alpha_2 - \beta_2) f'_2] + R_2 + \varrho} + \log \frac{p'_{2f_2}}{p'_{1f_1}} + D_2$$

et la densité du cliché sera

$$d = \frac{D_1 + D_2}{2} + \log \frac{p'_{2f_2}}{p'_{1f_1}}$$

On admet a priori la constance du rapport $\frac{p'_{2f_2}}{p'_{1f_1}}$ ce qui est toujours réalisé avec une précision suffisante. D'autre part les constantes α, β étant faibles on obtient approximativement

$$d_1 = D_1 + \log \frac{a_2}{a_1} + \log \frac{r_1 + R_1 + \varrho}{r_2 + R_2 + \varrho} + \log \frac{p'_{2f_2}}{p'_{1f_1}}$$

Il en résulte que la différence de la sensibilité des deux cellules

peut être compensée en ajustant convenablement les résistances R_1 et R_2 .

En pratique l'appareil servira presque toujours à l'interpolation optique des plages inconnues dans l'échelle photométrique imprimée sur la plaque. Dans ces conditions une seule mesure suffit. D'autre part pour connaître en valeur absolue les densités de plages, il faudrait étalonner le coin. Mais dans le cas cité une telle précaution n'est pas nécessaire puisque les lectures du coin sont une fonction sensiblement linéaire de la densité et elles suffisent pour construire la courbe de gradation.

4. Essais pratiques de l'appareil.³⁾ Une partie des essais a donné les résultats donnés dans l'Introduction. D'autres essais sont les suivants:

a) Effet de fatigue. On a équilibré les deux cellules et l'on a noté la position du coin. Puis pendant une minute la cellule en position T_2 fut exposée à l'éclairement 1000 fois plus fort et ramenée ensuite à l'éclairement primitif. On a constaté que la cellule traitée de cette façon demande ensuite un éclairage un peu plus fort pour que le galvanomètre reste au zéro. La différence s'élevait d'abord à 4,5% pour tomber au bout de 4 minutes à une valeur déjà admissible de 1,0%. L'autre cellule traitée de la même façon a donné les résultats analogues. Dans la pratique un tel traitement est d'ailleurs peu probable quant à l'intensité et surtout à la durée de l'exposition.

Pour éliminer autant que possible cet effet on peut procéder de la façon suivante. On équilibre d'abord l'appareil avec la lampe peu poussée. Puis en augmentant progressivement le régime de la lampe on manipule en même temps le coin pour que le galvanomètre reste grossièrement au zéro. Dès que l'on juge la sensibilité assez grande on parachève l'équilibrage fin soit directement soit par l'interpolation. En employant toujours ce procédé on fait subir aux deux cellules le même traitement et l'effet de fatigue ne peut se manifester que par la différence, qui forcément est plus faible que la valeur absolue de la fatigue.

b) Constance des lectures. Après avoir équilibré l'appareil on éteint la lampe et on recommence au bout de certain temps et ainsi de suite. Les écarts des lectures du coin donnent la constance de l'appareil. Plusieurs séries de mesures de ce genre ont donné les variations oscillant de 0,5% autour de la valeur moyenne.

Comme le filament de la lampe est projeté sur l'objectif O_1 il faut que son image soit bien centrée sur le diaphragme de l'objectif. Dans le cas contraire l'allumage de la lampe donne toujours une

³⁾ Effectués dans les laboratoires de l'Observatoire en collaboration de M. V. Guth.

faible impulsion au galvanomètre équilibré par l'expérience précédente. Au bout de certain temps le galvanomètre revient au zéro. Ce phénomène est dû à ce que le filament brusquement allumé se déforme un peu et son image change de position sur le diaphragme de l'objectif O_1 .

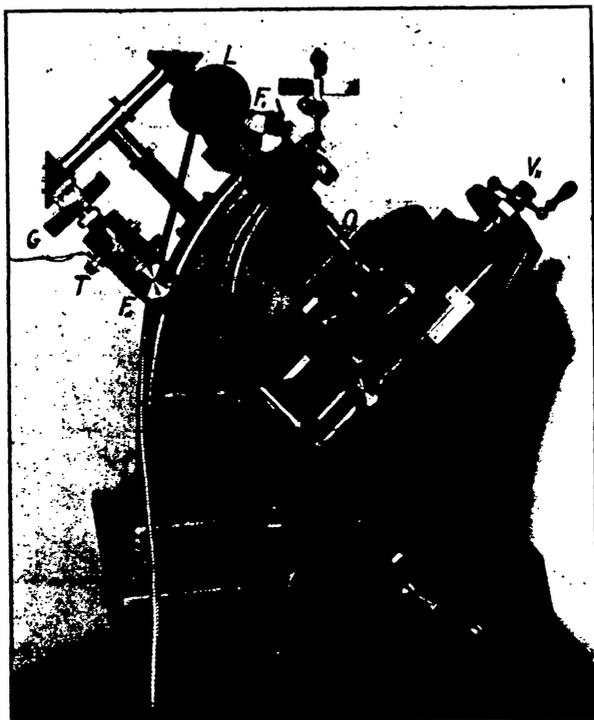


Fig. 2. L'aspect extérieur du microphotomètre. V_1 et V_2 sont les vis micrométriques pour les deux coordonnées.

c) Lumière diffusée. L'introduction de la seconde fente a pour le but d'éliminer autant que possible l'influence de la lumière diffusée sur l'optique précédente la plaque et de la lumière parasite. Pour fixer les idées supposons que l'on veut mesurer la densité d'une raie noire sur le fond clair. Si l'on projete l'image de la première fente juste sur la raie et la largeur de la deuxième fente couvre exactement les images superposées de la raie et de la première fente, les mesures de la densité seront toujours faussées par la lumière parasite mais beaucoup moins qu'en absence de la deuxième

fente. D'abord l'image de la première fente n'est pas parfaite. Elle est bordée d'une frange due aux multiples défauts de l'optique utilisée. Cette frange pénètre par la partie claire du cliché et, malgré son intensité relativement faible, elle donne un éclaircissement appréciable dans le plan de la seconde fente. Comme le seconde objectif ne forme pas l'image parfaite du cliché, une partie de la frange pénètre par la largeur de la seconde fente. D'autre part l'optique qui suit la plaque et l'émulsion du cliché diffusent une partie de la lumière de la frange à l'intérieur de la seconde fente. Finalement l'optique

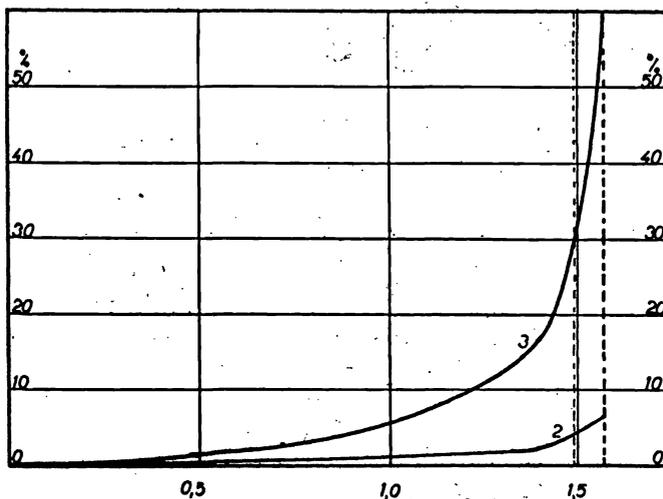


Fig. 3. L'effet de la lumière parasite sur une raie spectrale des densités 3 et 2 en fonction de l'ouverture de la deuxième fente.

qui précède la plaque diffuse de la lumière à travers les parties claires du cliché vers la seconde fente. Toutes ces causes ont pour l'effet de diminuer la densité de la raie.

Pour mesurer l'effet de la diffusion ou mieux de la lumière parasite nous avons procédé de la façon suivante. A la place du cliché on a tendu un fil métallique de 0,102 mm de diamètre. Sur ce fil on a projeté l'image de la première fente large de 0,092 mm soit 10% de moins. A cette dernière largeur correspond la largeur de la seconde fente égale à 1,49 mm. Dans ces conditions la déviation du galvanomètre serait de 630 cm sans fil et de 0,23 cm avec le fil. Si alors à la place du fil opaque se trouvait une raie spectrale dont la densité était de 3, la déviation du galvanomètre serait de 0,63 cm sans lumière parasite et celle-ci fausserait les mesures de 36% soit de

0,133 en densité. En fermant progressivement le seconde fente la lumière parasite diminue comme on le voit sur la fig. 3. Le cas choisi est un cas extrême pour que l'effet étudié soit assez grand. Si un tel cas arrivait dans la pratique l'effet de la lumière parasite serait du même ordre avec les autres microphotomètres car il dépend de l'optique qui est sensiblement la même dans les autres types de microphotomètres.

Depuis son installation dans les laboratoires de l'Observatoire le nouveau microphotomètre sert journallement aux mesures des clichés astronomiques. Les mesures se font très vite. Une seule suffit pour donner la densité à 0,01 près. La mise en place du point à mesurer à l'aide des vis micrométriques, l'allumage progressif de la lampe et l'équilibrage du galvanomètre à l'aide d'un coin optique durent une minute environ de façon qu'un observateur un peu entraîné peut mesurer une cinquantaine des points par heure. Après chaque mesure on éteint la lampe pour déterminer le zéro optique du galvanomètre. Sa position est légèrement variable au cours des mesures. En mesurant à deux nous sommes arrivés dernièrement M. Guth et moi à une moyenne de trois mesures complètes par minute.

En terminant qu'il me soit permis de remercier le Conseil National de Recherches ainsi que la Direction de l'Observatoire National de Praha qui ont accordé les subventions nécessaires pour la construction de l'appareil.

*

O nové konstrukci mikrofotometru Státní hvězdárny v Praze.

(Obsah předešlého článku.)

Podle návrhu autorova byl sestrojen fotoelektrický mikrofotometr sloužící k měření astronomických snímků. Jest užito dvou hradlových článků Tungstram S 44 zapojených proti sobě. Jeden článek je osvětlován světlem procházejícím měřenou deskou a druhý článek světlem procházejícím optickým klínem, kterým se vyrovnává galvanometr do nulové polohy. Jelikož světlo pochází ze společného zdroje, nemusí býti udržován tento na konstantní svítivosti. Praktické zkoušky ukázaly dobrou použitelnost i velkou rychlost měření jak hustoty tak i přesné polohy měřeného místa, což má důležitost pro většinu astronomických snímků. Přístroj byl postaven z podpory udělené Národní radou badatelskou a Státní hvězdárnou v Praze.