

## Nogle elektriske måleapparater til brug ved jordbundsanalyser.

Af K. A. Bondorff og P. Ursin Knudsen.

Ved de jordbundsanalyser, der i stort antal udføres på Statens Planteavls-Laboratorium, har man gennem årene søgt at rationalisere og mekanisere arbejdet mest muligt. Pladsforholdene har hidtil stillet sig hindrende i vejen for en effektiv rationalisering og kun det ved undersøgelserne anvendte apparatur har man kunnet tilpasse efter de krav, et rutinearbejde kræver.

Ved et analysearbejde af den art, der her er tale om, er der 2 krav, som de anvendte apparater først og fremmest må opfylde: soliditet og let betjening. Apparaterne benyttes fra morgen til aften, dag ud og dag ind, og erfaringerne har vist, at i og for sig udmærkede apparater, der går i handelen, ikke kan holde til det »hårde« brug, der gøres af dem. De slides simpelthen for hurtigt op. Et andet forhold, som også spiller ind, er, at det under det ofte stærkt forcerede arbejde er umuligt at undgå uheld, navnlig spild af vædske på apparaterne. Og da i alt fald nogle af de anvendte vædske er stærkt ætsende, skal apparaterne også have en vis modstandsevne overfor påvirkninger af denne art. Flere af de i handelen gående apparater har galvanometer indbygget i apparatets låg og frembyder derved stor sårbarhed.

Apparaterne må være nemme at betjene. Hurtig betjening må naturligvis være mulig, men fordringen hertil er ikke den eneste. Apparaterne må kunne betjenes af personale, der ikke har nogen indsigt i deres virkemåde. De må være »fool-proof«.

Og endelig må apparaterne være således konstruerede, at de ikke virker unødigt trættende på personalet. Navnlig må alle aflæsningsskalaer være store og tydelige. Der er i årenes løb

gjort mange — og smertelige — erfaringer med hensyn til, hvad en lille aflæsningsskala betyder for aflæsningsfejl og dermed analysefejl, ikke mindst om eftermiddagen.

Man har derfor i årenes løb arbejdet med at konstruere egnede apparater til rutineanalyserne. De krav, der må stilles, har selvfølgelig vanskeliggjort konstruktionen. Men til gengæld er denne ofte lettet ved, at man har kunnet konstruere apparatet til eet, ganske bestemt, formål. Et fotokolorimeter har man således kunnet konstruere alene til måling af den blå farve, der fremkommer ved fosforsyrebestemmelsen. Man har ikke behøvet at konstruere et apparat, der også kunne måle røde eller gule opløsninger.

De første apparater var konstruerede til batteridrift, men kravet om let betjening medførte hurtigt, at man søgte at nå frem til apparater, der kunne tilsluttes lysnettet. Her var imidlertid spændingsvariationerne — og som det viste sig — også frekvensvariationerne af vekselstrømmen en vanskelig ting at overvinde. Og da afdelingen i Vejle oprettedes og man her havde jævnstrøm, medens der i Lyngby var vekselstrøm, fordobledes arbejdet.

I det følgende skal gives en kort beskrivelse af de fotokolorimetre og de rørvoltmetre til pH-bestemmelser, man foreløbigt er blevet stående ved og som man, efter at de nu har været benyttet nogle år, mener at kunne betegne som ganske gode konstruktioner.

#### *Rørvoltmeter til vekselstrøm.*

I fig. 1 er vist skemaet for dette apparat.

Der er anvendt 2 forstærkerør,  $V_1$  og  $V_2$ , i en speciel brokobling, således at kun *forskellen* mellem de 2 rørs anodestrømme påvirker viserinstrumentet, der giver fuldt udslag for 1mA. En variation af netspændingen vil påvirke de to rør ens og derfor ikke ændre forskellen mellem anodestrømmene, selv om disse ændres. Forskellen mellem anodestrømmene vil kun afhænge af den ændring i gitterspændingen i røret  $V_1$ , som frembringes af det element (x eller N), hvis spænding giver den søgte pH-værdi.

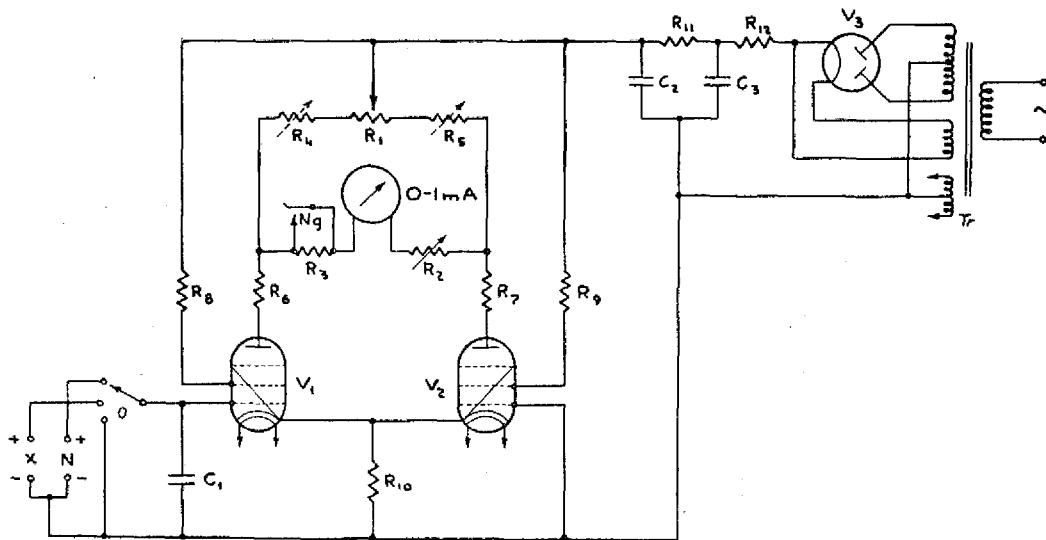


Fig. 1. Strømskema for rørvoltmeter til vekselstrøm.

**Komponenter:**

V<sub>1</sub> AL4 forstærkerør

V<sub>2</sub> AL4 »

V<sub>3</sub> AZ4 ensretterør

Tr 220V/2 × 280V, 4V, 4V

O omskifter, 3 still.

Ng tryknøgle

R<sub>1</sub> 100 Ω potentiometer

R<sub>2</sub> 2000 Ω »

R<sub>3</sub> 0,1 M Ω

R<sub>4</sub> 2000 Ω indstillelig

R<sub>5</sub> 2000 Ω »

R<sub>6</sub> 50 Ω

R<sub>7</sub> 50 Ω

R<sub>8</sub> 500 Ω

R<sub>9</sub> 500 Ω

R<sub>10</sub> 100 Ω

R<sub>11</sub> 2000 Ω

R<sub>12</sub> 2000 Ω

C<sub>1</sub> 20000 pF Trolitul

C<sub>2</sub> 32MF 320V

C<sub>3</sub> 32MF 320V

Apparatets virkemåde er følgende: Når omskifteren stilles på 0, indstilles milliamperemetret til et bestemt (lille) udslag ved hjælp af den regulerbare modstand  $R_1$ . Omskifteren stilles derpå på N, idet der her er tilsluttet en normalcelle med kendt spænding,  $n$ . Milliamperemetret skal herved vise et bestemt (stort) udslag, eventuelt efter anvendelse af reguleringsmodstanden  $R_2$ . Ud fra disse 2 fikspunkter kan skalaen inddeles i millivolt eller — da pH er en retlinet funktion af den ved målingen anvendte celledes spænding — direkte i pH. Når omskifteren stilles på X, angiver milliamperemetret da direkte pH i den ukendte opløsning.

Ved rutineanalyserne på Statens Planteavlslaboratorium anvendes kinhydronelektroder, med en Veibels elektrode som halvelement. Skalaens nulpunkt svarer da til pH 2.04. Som normalcelle anvendes ved de daglige målinger en celle med en fosfatopløsning efter Sørensen, svarende til pH 6.8.

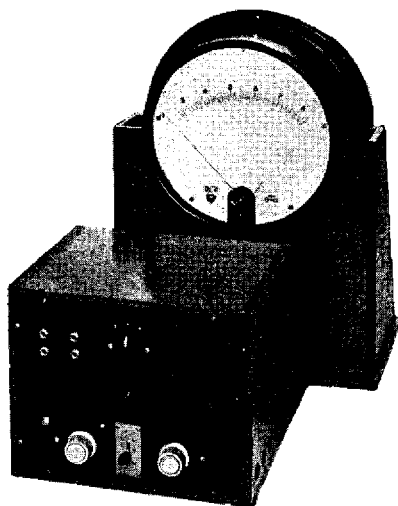


Fig. 2. Rørvoltmeter.

For ikke at overbelaste milliamperemetret, f. eks. hvis apparatet henstår uden tilkøbt målecelle, er der indskudt en modstand  $R_3$ , der, når målingen foretages, kortsluttes med målenøglen  $Ng$ .

Apparatets ydre fremgår af fig. 2. Foroven til venstre ses telefonbøsninger, hvorved elementerne N og X tilsluttes apparatet. I midten foroven er omskifteren, i midten forneden målenøglen  $Ng$ . Med de 2 hvide reguleringsknapper betjenes modstandene  $R_1$  og  $R_2$ .

Når der skiftes forstærkerør, må der foretages en indstilling af de 2 rørs anodestrømme, da det er vanskeligt, for ikke at sige umuligt, at få 2 ganske ens rør. Denne indstilling sker gennem de indbyggede, regulerbare modstande  $R_4$  og  $R_5$ . Modstandene  $R_6$ — $R_9$  og kondensatoren  $C_1$  er indført af hensyn til apparatets stabilitet.

### Rørvoltmeter til jævnstrøm.

Dette apparat er konstrueret efter ganske samme princip som vekselstrømsapparatet. Strømskemaet er vist i fig. 3.

Af hensyn til, at netspændingen ved afdelingen i Vejle er overordentlig varierende, er der foretaget en stabilisering af

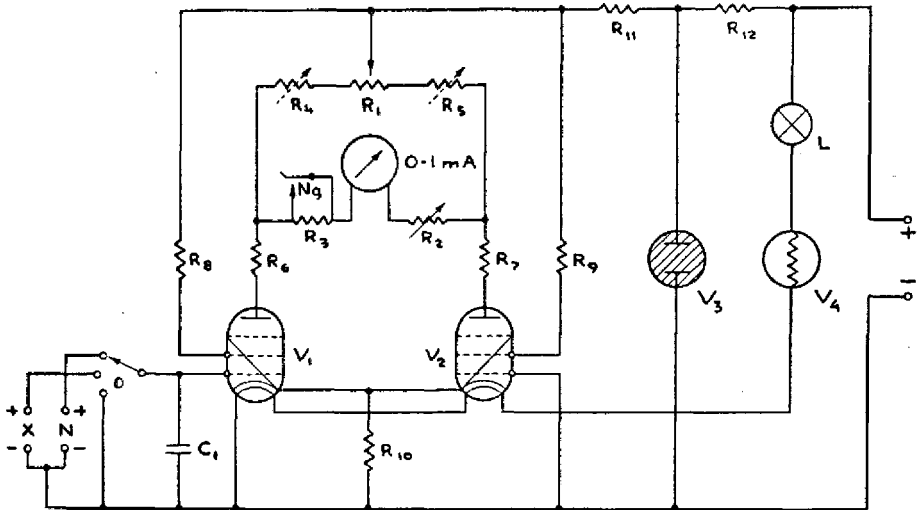


Fig. 3. Strømskema for rørvoltmeter til jævnstrøm.

<i>Komponenter:</i>	$R_1$ 2000 $\Omega$ indstillelig
$V_1$ CL4 forstærkerør	$R_5$ 2000 $\Omega$
$\frac{1}{2}$ $V_2$ GL4 »	$R_6$ 50 $\Omega$
$V_3$ 4687 glimstabilisatorrør	$R_7$ 50 $\Omega$
$V_4$ C8 strømregulatorrør	$R_8$ 500 $\Omega$
O omskifter, 3 stillinger	$R_9$ 500 $\Omega$
Ng tryknøgle	$R_{10}$ 75 $\Omega$
	$R_{11}$ 1000 $\Omega$
	$R_{12}$ 2500 $\Omega$
$R_1$ 100 $\Omega$ potentiometer	
$R_2$ 2000 $\Omega$ »	$C_1$ 20000 pF Trolitul
$R_3$ 0,1 M $\Omega$	

anodespændingen ved hjælp af glimrøret  $V_3$  og af glødestrømmen ved hjælp af regulatorrøret (jærn-brint rør)  $V_4$ .

Apparatets ydre og Apparatets virkemåde er ganske som for vekselstrømsapparatet.

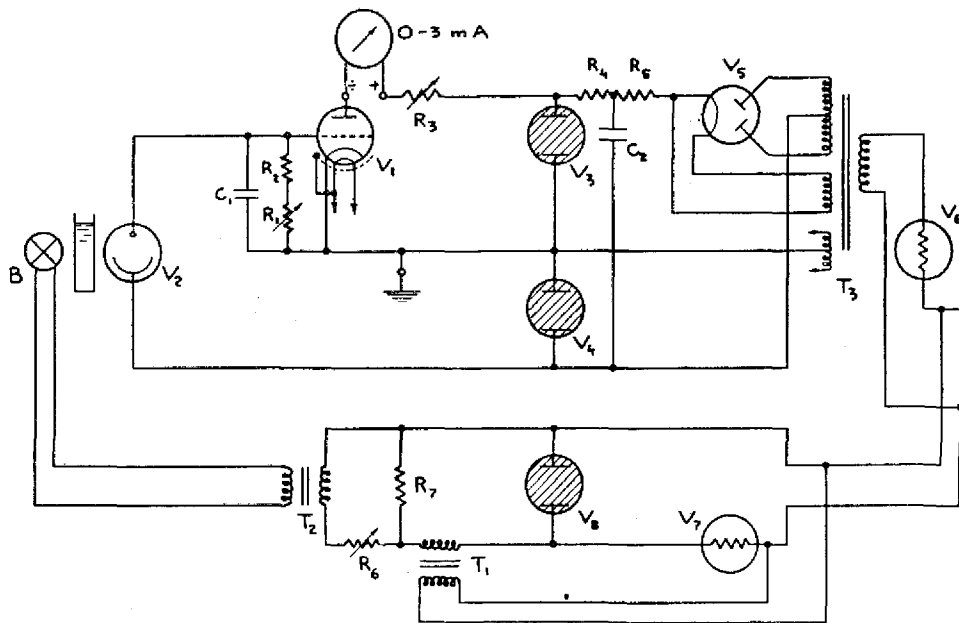


Fig. 4. Strømskema for kolorimeter til vekselstrøm.

**Komponenter:**

- V<sub>1</sub> Ac2 forstærkerør
- V<sub>2</sub> 3512 fotocelle, vacuum, cæsiumkatode
- V<sub>3</sub> 4687 glimstabilisatorrør 20 mA
- V<sub>4</sub> 4687 » » »
- V<sub>5</sub> AZ1 ensretterør
- V<sub>6</sub> C8 strømregulatorrør, 200 mA
- V<sub>7</sub> C8 » » »
- V<sub>8</sub> 13201 glimstabilisatorrør, 100 mA

- B Belysningslampe 10 V, 10 W
- T<sub>1</sub> 220 V/10 V
- T<sub>2</sub> 60 V/8 V
- T<sub>3</sub> 127 V/2 × 280 V, 4 V, 4 V

- R<sub>1</sub> 1 M Ω, variabel
- R<sub>2</sub> 3 M Ω
- R<sub>3</sub> 15000 Ω, variabel
- R<sub>4</sub> 2000 Ω, 5 W
- R<sub>5</sub> 2000 Ω 5 W
- R<sub>6</sub> 500 Ω, 10 W, indstillelig
- R<sub>7</sub> 5000 Ω, 5 W

- C<sub>1</sub> 20000 pF, trolitul
- C<sub>2</sub> 4 MF, 2000 V

### Kolorimeter for vekselstrøm.

Dette kolorimeter — som det tilsvarende jævnstrømsapparat — er konstrueret alene med henblik på bestemmelse af den blå farve, der fremkommer ved den kolorimetriske fosforsyrebestemmelse.

Apparatets strømskema er vist i fig. 4.

Lyset fra lampen B passerer en kuvette, eventuelt tillige et rødfilter og rammer fotocellen  $V_2$ .

Da lysstyrken af B må være konstant, er en ikke uvæsentlig del af apparatet stabiliseringsanordning for strømmen til B.

Strømmen kommer fra transformatoren  $T_2$ , hvis primærside er forbundet til glim-stabilisatorrøret  $V_8$ , hvorved spændingen holdes nogenlunde konstant trods svingninger i lysnettets spænding. For yderligere at forbedre stabiliteten, passerer strømmen til glimlampe og transformator stabiliseringsrøret  $V_7$  (jærnbrint-rør). Den sidste rest af spændingsvariation fjernes ved at indføre en modspænding direkte fra lysnettet i det stabiliserede kredsløb ved hjælp af den specialviklede transformator  $T_1$ . Hvis f. eks. lysnettets spænding stiger, vil spændingen over  $V_8$  stige lidt, men transformatoren  $T_1$  er da således afpasset, at den formindsker spændingen netop lige så meget.

Modstanden  $R_6$  tjener til indstilling af lampens lysstyrke (een gang for alle) og modstanden  $R_7$  er en sikringsmodstand, der skal forhindre, at glimrøret  $V_8$  overbelastes.

Når lyset fra B rammer fotocellen  $V_2$  og frembringer en større eller mindre fotostrøm, forstærkes denne ved hjælp af forstærkerørret  $V_1$ . Anodespændingerne for  $V_1$  og  $V_2$  er stabiliseret ved hjælp af glimrørene  $V_3$  og  $V_4$  og yderligere er indskudt et stabilisatorrør  $V_6$  mellem lysnettet og nettransformatoren  $T_3$ .

Ensretning sker gennem røret  $V_5$  og udglatning gennem modstandene  $R_4$  og  $R_5$  samt kondensatoren  $C_2$ .

Virkemåden er følgende: Når der er »mørke«, d. v. s. kuvetten absorberer lyset fra B totalt, giver fotocellen ingen strøm og forstærkerørrets gitter får spændingen 0 i forhold til katoden. Rørets anodestrøm bliver da stor. Milliamperemetret giver fuldt udslag for 3mA, og ved hjælp af modstanden  $R_3$  indreguleres anodestrømmen således, at milliamperemetret giver fuldt udslag for »mørke«.

Når der ingen lysabsorbtion sker i kuvetten (denne fyldt med destilleret vand eller bedre med en »blind prøve«), frembringes en fotostrøm, som bevirker et spændingsfald over modstandene  $R_1$  og  $R_2$ . Forstærkerørets gitter lades derved negativt i forhold til katoden og rørets anodestrøm aftager. Belysningslampen B's lysstyrke indstilles (een gang for alle) således, at milliamperemetret viser et lille udslag, lyspunktet, der bliver nulpunkt for målingerne.

Til at korrigere lyspunktet, der kan flytte sig lidt på grund af temperaturvariationer, tjener den variable modstand  $R_1$ .

Skalaen på milliamperemetret er delt i 100 intervaller mellem lyspunkt og mørkepunkt. En inddeling af skalaen direkte i fosforsyretal har vist sig umulig, da det ikke er muligt, når rørene må udskiftes, da at skaffe rør med nøjagtig samme egenskaber som de kasserede.

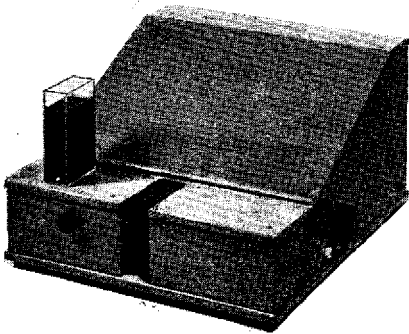


Fig. 5. Kolorimeter til vekselstrøm.  
Milliamperemetret ikke vist.

Apparatets ydre fremgår af fig. 5. På apparatets højre side ses den knap, der betjener modstanden  $R_3$  og regulerer mørkepunktet. På venstre side findes den tilsvarende knap til regulering af lyspunktet (nulpunktet). Disse to knapper er de eneste, dagligt anvendte reguleringsgreb. Telefonbøsningerne på højre side muliggør, at man, uden at åbne apparatet, kan foretage spændingsmålinger. Den sorte knap til venstre på forpladen

fortsættes i en stang, forsynet med en metalplade. Trækkes knappen ud, dækker metalpladen for lyset fra B til fotocellen. Har man en kuvette med destilleret vand placeret i apparatet, vil man derfor hurtigt kunne skifte fra lys til mørke og indregulere apparatet.

Apparatet er fremstillet i en egetræskasse. Imidlertid har det vist sig, at de vandrette flader, hvorpå kuvetten placeres ved målingerne, hurtigt slides. Man har derfor nu beklædt disse flader med plasticstoffet Vinidur, der har vist sig meget slidstærkt.



Det anvendte milliamperemeter er af ganske samme type og størrelse som det i fig. 2 viste og er anbragt i øjenhøjde, så aflæsningen sker bekvemt.

*Kolorimeter for jævnstrøm.*

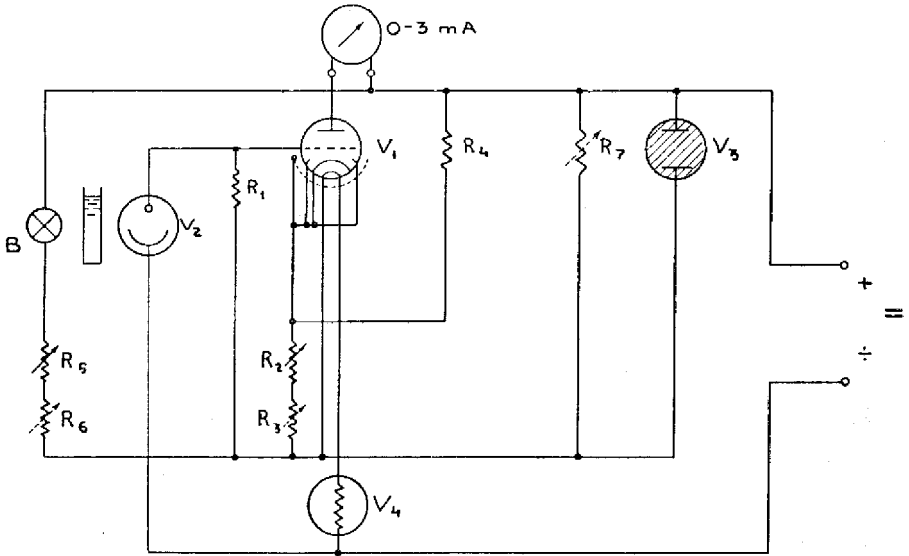


Fig. 6. Strømskema for kolorimeter til jævnstrøm.

*Komponenter:*

$V_1$ EBC3 forstærkerør	$R_1$ $3M \Omega$
$V_2$ 3512 fotocelle, vacuum, cæsium-katode	$R_2$ $200 \Omega$ , variabel,
$V_3$ 13201 glimstabilisatorrør, 100 mA	$R_3$ $500 \Omega$ , indstillelig
$V_4$ C8 strømregulatorrør, 200 mA	$R_4$ $5000 \Omega$
B Belysningslampe 110 V, 10 W	$R_5$ $200 \Omega$ , variabel
	$R_6$ $1000 \Omega$ , indstillelig
	$R_7$ $5000 \Omega$ , 5 W

Strømskemaet for dette apparat er vist i fig. 6.

Princippet er det samme som for vekselstrømsapparatet, men da ensretning jo ikke er nødvendig, er konstruktionen simplere. Stabilisering af lysnetsstrømmen sker gennem glimrøret  $V_3$ , der stabiliserer spændingen både til belysningslampen B og til forstærkerørret  $V_1$ 's anode. Til yderligere stabilisering er indskudt stabilisatorrøret  $V_4$ , som også stabiliserer forstærkerørrets

glødestrøm. Fotocellens anodespænding behøver ikke at være konstant og tages direkte fra lysnettet. Modstanden  $R_7$  forhindrer overbelastning af glimrøret  $V_2$ .

Apparatets virkemåde er følgende. Mørkepunktet, d. v. s. fuldt udslag på milliamperemetret indstilles een gang for alle med modstanden  $R_3$ . En lille efterkorrektio n kan foretages med modstanden  $R_2$ , der reguleres udefra. Disse to modstande er indskudt i forstærkerørets katodekredsløb og gennem modstanden  $R_4$  ledes en stadig strøm igennem dem, hvorved forstærkerøret får en gitterforspænding, der begrænser anodestrømmen til den størrelse, der giver fuldt udslag (mørkepunktet = 100 på skalaen).

Lyspunktet, skalaens nulpunkt, indstilles een gang for alle ved hjælp af modstanden  $R_6$  og efterkorrigeres med modstanden  $R_5$ . Lyspunktet indstilles altså ved regulering af lampen B's lysstyrke.

Apparatets ydre fremgår af fig. 7.

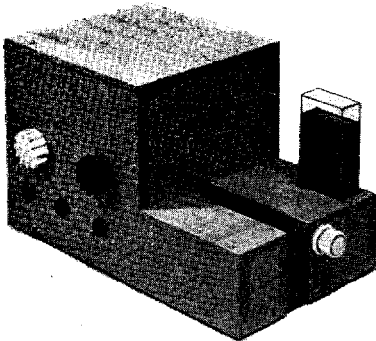


Fig. 7. Kolorimeter til jævnstrøm.  
Milliamperemetret ikke vist.

Den hvide knap på forsiden bevæger en metalklap, der afskærer lysstrømmen til fotocellen. Den sorte knap på siden er forbundet med  $R_2$  og regulerer mørkepunktet. Den hvide knap på siden er forbundet med  $R_5$  og regulerer lyspunktet.

Under disse knapper er, længst til venstre, anbragt en afbryder, samt 2 bøsninger. Gennem disse sidste kan man med en skruetrækker indstille modstandene  $R_7$  og  $R_6$ , hvis aksler er forsynet med en kær v.

Milliamperemetret, med fuldt udslag for 3 mA., er — som ved vekselstrømsapparatet — tilsluttet gennem to telefonbøsninger på apparatets bagside.

De her beskrevne apparater har gennem flere års dagligt brug vist sig tilstrækkeligt robuste og tilfredsstillende rimelige fordringer til stabilitet og følsomhed, skø nt de, da jordprøvernes afvejning fylder laboratorieluften med støv, hurtigt samler et tykt lag støv indvendigt.