

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1909.

Die Demonstration des Coulombschen Grundgesetzes der magnetischen Kraft.

Von

Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

Jede experimentelle Behandlung des COULOMBSchen Grundgesetzes wird in erster Linie dessen möglichst scharfe und unmittelbare Bestätigung ins Auge fassen, nimmer aber mit Versuchen beginnen, welche gegen seine Richtigkeit zu sprechen scheinen. Dies auszusprechen, erscheint nicht überflüssig im Hinblick auf gewisse Schulapparate, welche, wie in den ersten Zeiten der Magnetometrie¹⁾, die Fernkraft ganzer Magnete in verhältnismäßig kleinen Abständen durch Wägung bestimmen und zu Zahlenreihen führen müssen, aus denen niemand das zugrunde liegende Gesetz herleiten kann. Ebenso selbstverständlich hat der Experimentalunterricht, wenn irgend möglich, den von dem Entdecker des Gesetzes eingeschlagenen Weg einzuschlagen, also in unserm Falle den Einzelpol eines langen und dünnen Magnetstabes auf eine sehr kleine Magnetnadel in relativ großen Abständen wirken zu lassen, um so mehr, wenn ihm zur schulmäßigen Vorführung dieser Methode weit vollkommenere Hilfsmittel als zu COULOMBS Zeiten zu Gebote stehen. Dazu gehören namentlich die Lichtzeignadel und lineare Magnete, die bei jeder gewünschten Länge eine tadellose Magnetisierung gewährleisten.

Was zuerst die Lichtzeignadel nebst Zubehör in einer für Schulzwecke bewährten, wohlfeilen Ausführung betrifft, so sei an dieser Stelle auf meinen diesen Gegenstand behandelnden Aufsatz im vorigen Heft d. Zeitschr. verwiesen. In bezug auf die dort auch schon erwähnten langen Drahtmagnete mögen hier noch einige Angaben Platz finden. Zu ihrer Anfertigung dient ein in Ringen käuflicher, 2 mm starker Draht aus gutem Werkzeugstahl. Der blanke Draht besitzt infolge des Ziehens eine höhere Koerzitivkraft, als wenn er durch Abschrecken in Wasser gehärtet wäre. Freilich ist er äußerst widerspenstig, kaum zu feilen und schwierig zu richten. Man hat 2 gerade Stäbe von mindestens 2 m Länge nötig. Ihre Magnetisierung geschieht binnen einer Sekunde, indem man sie durch eine kurze und enge, mit mindestens 200 Amperewindungen auf 1 cm betätigte Magnetisierungsspule zieht. Sie werden, und dies ist für das gute Gelingen der Versuche besonders wichtig, durchaus regelrecht magnetisch, strahlen nur an den Enden auf eine Erstreckung von 8 cm Kraftlinien aus, während die ganze übrige Drahtstrecke völlig unmagnetisch erscheint, wie man mittels Eisenpulver leicht feststellen kann. Die Polpunkte liegen 2 cm vom Ende entfernt; die Polstärke ist etwa gleich 30 Einheiten. Diese Magnete werden in vertikaler Richtung so auf die Meßplatte gestellt, daß die Polpunkte der äußerst kleinen Nadel in I. Hauptlage gegenüberstehen. Die schon sowieso ganz unerhebliche störende Wirkung des oberen Pols wird dadurch völlig ausgeschaltet, daß man den Draht so weit hinüberbiegt, daß sein oberes Ende senkrecht über der Nadel liegt. Wie am angeführten Orte

¹⁾ Vgl. Gehlers phys. Wörterbuch VI, 744 ff.

näher beschrieben, sind die Standpunkte auf der Mittellinie der Meßleiste durch 2 cm tiefe, 2,5 mm weite Bohrungen im gegenseitigen Abstände von 5 cm genau vor-gezeichnet, so daß man den Drahtmagneten rein mechanisch einsetzen kann und weiterer Abstandsmessungen überhoben ist.

Obwohl die Drähte schon für sich hinreichende Steifigkeit besitzen, ist es doch bequemer, sie beide auf den Gegenseiten einer Holzleiste von 1 cm ins Quadrat mittels Krammen zu befestigen, und zwar den einen ganz fest, den andern mit einiger Reibung herausziehbar. Die Leiste wird 30 cm kürzer genommen, so daß die Drahtenden beiderseits je 15 cm überstehen.

Die Bestätigung bzw. Herleitung der Formel $k = \mu \mu_1 / r^2$ vollzieht sich in der Weise, daß man erst den Doppelstab in den Abständen 80, 60, 40 cm, dann den Einzelstab für 60, 40, 30 cm in Stellung bringt und die von der Klasse beobachteten und ausgerufenen Ausschläge an der Wandtafel in ein Schema einschreiben läßt.

Das Ergebnis der letzten Versuchsreihe sah beispielsweise so aus:

| r | 80 | 60 | 40 | 30 |
|-------|------|------|------|------|
| a_2 | 11,1 | 20,3 | 44,7 | — |
| a_1 | — | 10,1 | 22,2 | 39,2 |

Der Apparat arbeitet so schnell und sicher, daß die Ziffern binnen Minutenfrist dastehen. Eine große Zahl solcher zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Reihen verlief stets mit der gleichen Sicherheit und mit gleich befriedigender Genauigkeit.

Es steht nichts im Wege, diese Versuche schon auf der Unterstufe vorzuführen, obwohl der theoretische Zusammenhang zwischen Kraft und Nadelablenkung noch nicht erklärt werden kann. Aber man kann die Richtigkeit der Skala dadurch demonstrieren, daß die beiden Magnetpole vereint in allen Lagen den doppelten Ausschlag bewirken wie jeder einzelne von ihnen.

Hieran schließt auf der Oberstufe sich die indirekte Bestätigung nach der Methode von GAUSS aus der Gesamtwirkung kurzer Stabmagnete auf die in verhältnismäßig großem Abstände befindliche kleine Nadel. Ich verwende einen Stab aus bestem Wolframstahl von den Abmessungen 10 : 1 : 0,6 cm, welcher senkrecht zur schmalen Fläche durchbohrt und mit Gewinde versehen ist für das Hütchen und zum Einsetzen eines Stifts oder Aufhängehakens. Bei Ablenkungsbeobachtungen befestigt man darin einen kurzen, in die erwähnten Löcher der Meßleiste passenden Stift, mit Hilfe dessen man den Magneten rein mechanisch genau in die bestimmten Abstände bringen und in diesen umdrehen kann. Daher verlaufen die Beobachtungen noch müheloser, schneller und genauer als mit den langen Magneten. So wurden beispielsweise die nachfolgenden Beobachtungen in I. Hauptlage binnen 40 Sekunden gemacht und in das Schema an die Wandtafel geschrieben.

| r | 45 | 50 | 60 |
|-------|------|------|------|
| a_r | 41,7 | 30,3 | 17,8 |
| a_l | 41,6 | 30,3 | 17,8 |

Mittels des Pendeldynmessers wird unmittelbar vorher binnen 2 Minuten die horizontale Zugkraft des Erdmagnetismus bezogen auf den zu 8,3 cm angenommenen Polabstand l gemessen, und zwar rechts zu 70,6 Dyn, links 70,8, so daß also $k = H\mu = 35,35$ ist.

Aus diesen Ziffern ließ sich mittels des Rechenschiebers sofort die Horizontalintensität berechnen

$$H_{45} = 0,181 \quad H_{50} = 0,181 \quad H_{60} = 0,179.$$

Um die Berechnung schnellstens erledigen zu können, sind die in den Formeln für die I. und II. Hauptlage steckenden Faktoren

$$\left[r^2 - \left(\frac{l}{2} \right)^2 \right]^2 / 2lr, \quad \left[r^2 + \left(\frac{l}{2} \right)^2 \right]^3 / 2l$$

für die verschiedenen Abstände berechnet und wie folgt auf einer Papptafel weit sichtbar verzeichnet:

| I | | II | |
|----------|----------|----------|----------|
| <i>r</i> | <i>f</i> | <i>r</i> | <i>f</i> |
| 30 | 150 | 20 | 995 |
| 40 | 364 | 30 | 325 |
| 45 | 520 | 40 | 759 |
| 50 | 715 | 50 | 1470 |
| 60 | 124 | | |
| 70 | 198 | | |
| 880 | 296 | | |

Nun ist

$$H = \sqrt{\frac{k}{f \cdot a/2}}$$

So vorbereitet, kann man die Horizontalintensität in Anlehnung an die klassischen, noch heute von der Wissenschaft benutzten Methoden vor der Klasse und unter Mitarbeit der Klasse binnen 5 Minuten bis auf ein Prozent genau herausbringen. Wir teilen diese Schnelligkeitsziffern mit, um dem Fachmann ein Urteil über die Brauchbarkeit der Methode zu ermöglichen, nicht um einen Rekord aufzustellen. Auch wenn man in aller Ruhe und stets Umschau haltend das Ziel erreicht, so ist die verbrauchte Zeit immer noch klein im Vergleich zu dem Errungenen: Dem Selbsterwerb jener so unfaßbar scheinenden, geheimnisvollen Naturkonstante, welche der Grundstein ist für die ganze Galvanometrie und den Aufbau des absoluten elektromagnetischen Maßsystems. —

Im Zusammenhang mit unserm Thema ist es noch wünschenswert zu untersuchen, bis zu welchem kleinsten Abstände die Fernwirkung eines Magnetspols noch dem COULOMBSCHEN Gesetze zu entsprechen scheint. Dieses ist ja ein Punktgesetz. In Wirklichkeit gibt es aber nur mehr oder weniger weit auseinandergezogene Scharen magnetischer Punkte. Nur bei einem haarfeinen Stahldraht liegt die ganze Kraft nahezu im Endpunkte verdichtet. Aber schon bei unseren 2 mm Stäben breitet sie sich 8–10 cm lang aus. Nun ist es aber auf den ersten Blick einleuchtend und durch ein Zahlenbeispiel zu erhärten, daß zwei getrennte magnetische Teilchen *A* und *B* auf einen senkrecht zur Mitte von *AB* seitwärts liegenden Pol *M* (Vergl. Fig. 2) eine geringere Wirkung ausüben, als wenn sie beide im Mittelpunkte von *AB* vereint wären. Ihr Anziehungsmittelpunkt liegt also ein wenig hinter der Achse. Es läßt sich nun auch in der im Anhang ausgeführten Weise auf elementarem Wege die von einer mit dem Magnetismus *m* gleichmäßig belegten Strecke $AB = 2a$ auf einen gegenüberstehenden Pol *m*₁ ausgeübte Kraft berechnen. Wenn wir den Abstand $r = na$ setzen, ist:

$$k = \frac{m m_1}{a^2 n^2} \cdot \frac{n}{\sqrt{1+n^2}}$$

Da der im Mittelpunkte von *AB* verdichtete Magnetismus nach dem COULOMBSCHEN Gesetze die Kraft $k_1 = m m_1 / a^2 n^2$ ausübt, ist

$$k/k_1 = n/\sqrt{1+n^2}$$

Darnach berechnet sich z. B. für $n = 2, 4, 6$ diese Verhältniszahl zu 0,89, 0,97, 0,99.

Auch für den Fall, daß AB eine andere, gleiche, mit dem Magnetismus m_1 gleichmäßig belegte Strecke gegenübersteht, ist die Rechnung elementar durchführbar und ergibt, wie unten entwickelt werden wird, wenn wir $r = n \cdot AB$ setzen

$$k/k_1 = 2n[\sqrt{1+n^2} - n],$$

also für

$$\begin{array}{ccccc} n & = & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ k/k_1 & = & 0,828 & 0,944 & 0,973 & 0,985 & 0,990. \end{array}$$

Eine Stricknadel mit einer 6 cm langen Polstrecke würde demnach auf eine andere in der Polwageanordnung in 12 cm Abstand eine scheinbar um 6% zu kleine Kraft ausüben.

Selbstverständlich gilt dies nur annähernd für einen wirklichen Magneten, da dessen Magnetismus ungleichmäßig auf der Polstrecke verteilt ist. Wenn in diesem Falle die Rechnung versagt, so bleibt uns doch der experimentelle Weg offen. Wir bringen den Pol unserer langen Drahtmagnete in kleinere Abstände, nachdem zuvor, um mit der Skala zu reichen, die Empfindlichkeit der Nadel mittels des Richtmagneten bedeutend herabgesetzt worden. Bei einer Versuchsreihe mit $\frac{1}{8}$ Empfindlichkeit ergaben sich z. B. nachfolgende Ziffern:

| r | 30 | 20 | 15 | 10 |
|---------|-----|------|------|------|
| a | 4,9 | 10,8 | 18,4 | 39,8 |
| $a r^2$ | 440 | 432 | 415 | 398 |

Aus diesen und anderen ähnlich verlaufenen Beobachtungen ergibt sich, daß man bei der Bestätigung des Coulombschen Gesetzes mit Drahtmagneten von 2 mm Dicke nicht unter 30 cm Abstand gehen darf, und daß die scheinbare Abweichung vom Coulombschen Gesetze bei 10 cm Abstand etwa 10% beträgt.

Es lag mir daran, die analoge Abweichung auch an einer Polwage festzustellen. Diese sollte aber, um die Störung durch den Fernpol auszuschließen, Magnetstäbe von nicht weniger als 1,5 m Länge erhalten, von denen der eine als Wagebalken auszubilden wäre, und zwar bei symmetrischer Achsenlage, bei der, im Gegensatz zu der unsymmetrischen, das erste Korrektionsglied verschwindet. Allerdings sah ich davon ab, hierbei obigen Stricknadeldraht zu verwenden, weil dann eine Empfindlichkeit von 0,1 mg erforderlich wird, die jenseits der Grenzen meiner Experimentierkunst liegt. Ich wählte 20:3,5 mm-Flachstahl. Die Stäbe nahmen, weil dunkelrot fertig gewalzt, sehr kräftigen Magnetismus an. Leider dehnt sich die Polregion schon auf 30 cm aus. Mit der Lichtzeignadel wurden die Pollagen bei 6,7 cm Endabstand und die Polstärke auf 460 Einheiten festgestellt. Ihre

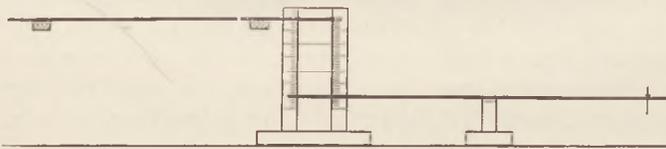


Fig. 1.

Zusammenstellung zur Polwage ist aus Fig. 1 ersichtlich. Die Achse besteht aus einem 4 cm langen Stück Stricknadel und ist unter dem flachliegenden Stabe festgelötet. Infolge des

Durchgangs, den man durch vorsichtiges Biegen passend ändern kann, bildet sich stabiles Gleichgewicht heraus. Die Pfanne besteht aus zwei Stückchen Spiegelglas, die, genau in einer Ebene liegend, horizontal auf einen Holzklötz gekittet sind. Die wirkenden Enden der Stäbe sind mit Zeigern versehen, welche dicht vor zwei auf einem gemeinsamen Vertikalbrett befestigten Millimetermaßstäben spielen. Durch ein aufgeklebtes Blechgewicht wird der Balken genau ins Wagerechte gebracht. Die Empfindlichkeit dieser Polwage war derart, daß 2,5 mg, auf die Polstelle gelegt, noch

deutlichen Ausschlag gaben. Gewogen wurde mit Dezigrammstücken und einem 0,1-Reiter.

Der feste Stab ruht auf verstellbaren Balken zweier eisenfreier Stative. — Einige mit diesem Apparat erhaltene Ziffern sind in nachfolgender Tabelle vereint, worin k die an den Polpunkten wirksamen Kräfte in Zentigrammen bedeutet.

| | | | | |
|---------|-----|-----|-----|------|
| r | 30 | 20 | 15 | 12,6 |
| k | 21 | 42 | 62 | 80 |
| | 20 | 41 | 63 | 80 |
| | 21 | 42 | — | — |
| $k r^2$ | 189 | 168 | 140 | 127 |
| μ | 435 | 410 | 374 | 356 |

Hier erscheinen die Abweichungen nicht nur absolut genommen, sondern auch relativ weit größer als bei den vorhin untersuchten Wechselwirkungen zwischen dem Polende eines Drahtmagneten und der Lichtzeigernadel. Selbst für 30 cm Abstand ist der für μ aus der Formel $\mu = r \sqrt{k}$ errechnete Wert im Verhältnis 460 : 435, also um 5,5%, zu klein.

Bei den geschilderten Polwageversuchen wurde ich darauf aufmerksam, daß sich mit einem balancierenden Stabmagneten die Vertikalintensität des Erdmagnetismus durch Ummagnetisieren leicht und anschaulich bestimmen läßt. Die Stäbe nehmen ja, wenn man sie wiederholt im umgekehrten Sinne durch die Magnetisierungsspule zieht, immer ziemlich genau dieselbe Polstärke an. Es ist nun leicht einzusehen, daß, der vorher einspielende Stab nach einer Ummagnetisierung mit einer Kraft, die das 4-fache des Produkts μV ist, aus dem Gleichgewicht gebracht werden wird. Bei unserm Stabe mußten 0,85 g auf die Polstelle gelegt werden, wenn die Wage wieder einspielen sollte. Danach ergibt sich $r = 850/4 \cdot 460 = 0,46$. — Es ist wirklich schade, daß man die richtige Polstärke 460 nicht an der Wage selbst erhält, und daß die von der Polwage bezweckte vereinfachte Magnetometrie an der unabwendbaren natürlichen Beschaffenheit der Magnete scheitert.

Zur Beurteilung der Polwage gehört auch noch die Frage, ob die beobachteten großen Abweichungen vom Coulombschen Gesetze aus einer zeitweiligen gegenseitigen Schwächung der Magnete zu erklären sind. Eine solche Influenz ist behauptet und bestritten worden. Deshalb beschloß ich, mir durch direkte Versuche nach dieser Richtung hin Aufklärung zu verschaffen. Zunächst sind die oben zur Bestätigung des Coulombschen Gesetzes mitgeteilten Ziffern auch hier entscheidend. Sie enthalten die Tatsache, daß die beiden gleichen Drahtmagnete, dicht nebeneinandergestellt, die doppelte Wirkung eines einzelnen haben. Als man einen etwas schwächer gemacht hatte, entsprachen die Ablenkungen bei gleicher Pollage der Summe, bei ungleicher der Differenz der Einzelablenkungen. Auch zwei nur 20 cm lange, aus diesem Draht hergestellte Magnetstäbe verhielten sich nicht anders. Ferner bewirkten zwei 5 mm dicke und 1,5 m lange Stäbe aus gewalztem Gußstahl selbst bei gegenseitiger Berührung Ablenkungen gleich der algebraischen Summe der Einzelwirkungen.

Dagegen lenkten 2 Stricknadeln, welche einzeln im Abstände von 40 cm die Ausschläge 13,9 und 14,4 bewirkten, zusammengelegt nur auf 27,3 ab; zusammen mit 1 cm Zwischenraum auf 27,6. Es zeigt sich also als Folge der geringeren Stahlqualität eine mäßige gegenseitige Schwächung, die aber schon bei 3 cm Zwischenraum unmerklich wird. Bei der Stricknadelpolwage, wo weit größere Abstände vorgeschrieben sind, fällt die gegenseitige Influenz demnach außer Betracht.

Im Gegensatz zu den Drahtmagneten bleibt bei Magneten größeren Querschnitts die Summenwirkung bedeutend zurück. Zwei alte Stabmagnete unserer Sammlung,

30:2,7:0,6 cm, gaben aus 100 cm Abstand einzeln die Ablenkungen 12,2 und 10,8, platt aufeinanderliegend zusammen 18,2, hochkant aufeinander 19,6; mit 2 cm Zwischenraum platt nebeneinander 20,0. In Übereinstimmung mit diesen Beobachtungen steht auch die Tatsache, daß diese Magnete sich bei gleichen Abständen gegenseitig weit stärker anziehen als abstoßen. Als ein Stab auf der Klassenwage tariert worden und man den andern mit befreundetem Pol in 1,2 cm Abstand in Polwageanordnung darüber anbrachte, ergab sich eine Anziehung von 6,50 g, wogegen der feindliche Pol nur mit 1,85 g abstieß. Bei 7 cm Abstand ergab ein ähnlicher Versuch 0,53 und 0,48 g.

Diese gegenseitige Schwächung ist um so bedeutender, je größer beide Querdimensionen der Stäbe sind. Aber sie zeigt sich auch bei Blattmagneten. Beispielsweise bewirkten zwei magnetisierte Streifen Stahlblech — 16:1:0,05 cm — platt aufeinanderliegend 29,4 Skalenteile Ausschlag, einzeln 16,2 und 16,4; zusammen mit 1 cm Zwischenraum 31,2, mit 2 cm Zwischenraum 32,2. —

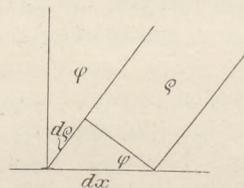
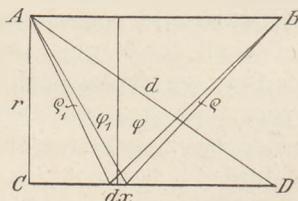
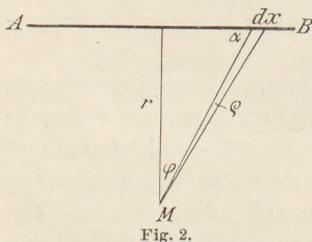
Obwohl ich nach dieser Richtung hin noch viele Versuche ausgeführt habe, nehme ich von weiterer Mitteilung der stellenweise ganz interessanten Ergebnisse Abstand, weil sie für die Beurteilung der heute erörterten Frage keine neuen Anhalte mehr bieten.

Anhang.

I. Fernwirkung einer mit Magnetismus von der Dichte μ gleichmäßig belegten Strecke $AB = 2a$ (Fig. 2) auf einen in der Mittelsenkrechten im Abstande $r = na$ befindlichen Polpunkt M von der Stärke μ_1 .

Die Kraft zwischen dem Element dx und μ_1 ist $\mu \mu_1 dx/q^2$. Für ihre senkrecht gegen AB gerichtete Komponente gilt $dk = \mu \mu_1/q^2 \cdot dx \sin \alpha = \mu \mu_1/q^2 \cdot q d\varphi = \mu \mu_1/q \cdot d\varphi = \mu \mu_1/r \cdot d\varphi \cos \varphi = \mu \mu_1/r \cdot d \sin \varphi$. Demnach ergibt sich für die Summe aller Kraftelemente ohne weiteres

1) $k = 2 \mu \mu_1/r \cdot \sin \varphi$.



Sei nun der Gesamtmagnetismus von AB gleich m , also $\mu = m/2a$, so wird, wenn wir $r = na$ und für $\sin \varphi = a/\sqrt{a^2 + n^2 a^2}$ setzen:

2) $k = \frac{m \mu_1}{n^2 a^2} \cdot \frac{n}{\sqrt{1 + n^2}}$.

Da nun der erste Teil dieses Ausdruckes die nach der Coulombschen Formel für den Mittelpunkt von AB berechnete Kraft k_1 ist, folgt:

3) $k/k_1 = n/\sqrt{1 + n^2}$.

Für $n = 2, 4, 6, 8$ sind die zugehörigen Werte von $k/k_1 = 0,89, 0,97, 0,99, 0,99$.

II. Fernwirkung einer mit Magnetismus von der Dichte μ gleichmäßig belegten Strecke $AB = a$ (Fig. 3) auf eine gleichlange, ihr parallel gegenüberliegende CD mit der Dichte μ_1 .

Die von AB auf ein Element dx der Strecke CD ausgeübte Kraft ist nach Gleichung 1)

$$dk = \mu \mu_1 dx/r \cdot \sin \varphi + \mu \mu_1 dx/r \sin \varphi_1.$$

Da nun, wie die Nebenfigur deutlicher zeigt, $dx \sin \varphi = d\varrho$ und $dx \sin \varphi_1 = d\varrho_1$, wird

$$dk = \mu \mu_1 / r [d\varrho + d\varrho_1].$$

Die Summe aller $d\varrho$ sowie die aller $d\varrho_1$ ist aber gleich $(d-r)$, mithin

$$4) \dots \dots \dots k = 2 \frac{\mu \mu_1}{r} (d-r).$$

Seien die Gesamtmagnetismen m und m_1 , also $\mu = m/a$; $\mu_1 = m_1/a$, und werde r wiederum gleich na gesetzt, so ergibt sich

$$5) \dots \dots \dots k = \frac{m m_1}{a^2 n^2} 2r [\sqrt{1+n^2} - n].$$

$$6) \dots \dots \dots k/k_1 = 2n [\sqrt{1+n^2} - n].$$

Hieraus berechnet sich für

| | | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|-----------|
| $n = 1$ | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $k/k_1 = 0,828$ | $0,944$ | $0,973$ | $0,985$ | $0,990$. |

Über die Pole von Magneten.

Von

Oberlehrer Dr. Paul Schulze, Gardelegen.

Die Abhandlung von Prof. Dr. Ruosz (ds. Zeitschr. XXI, 304) veranlaßt mich, eine Methode zur Bestimmung des Polabstandes für Magnete bekannt zu geben, die F. RICHARZ und ich¹⁾ vor einigen Jahren benützten, als wir die Schwingungen einer Wage untersuchten, an welcher an Stelle der einen Wagschale ein senkrecht herabhängender Magnet befestigt war, unter den ein zweiter in dessen Verlängerung aufgestellt wurde.

Versetzt man die Wage in dieser Anordnung (siehe Fig.) in Schwingungen, so zeigt schon ein oberflächlicher Anblick, daß dieselben unsymmetrisch sind, d. h. ist der Ausschlag des Zeigers nach der einen Seite (Richtung des Pfeiles) gleich ϑ , so ist der entsprechende nach der anderen Seite größer oder kleiner als ϑ , so daß man setzen kann:

$$\alpha = -\vartheta + \varepsilon.$$

Die theoretische Berechnung führt nun zu folgender Bestimmungsgleichung für ε :

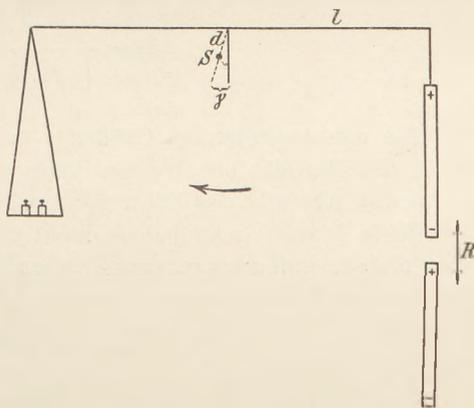
$$\varepsilon = \frac{2R^2B - 2R^2\sqrt{BE} - 4B\sqrt{E} \cdot l \sin \vartheta}{R^2C - 2lC\sqrt{E} \sin \vartheta - 2lB\sqrt{E} \frac{\sin(\gamma - \vartheta)}{\sin \gamma}},$$

worin für B, C, E folgende Werte zu setzen sind:

$$B = R^2 + 2lR \sin \vartheta + 4l^2 \sin^2 \frac{\vartheta}{2},$$

$$C = 2lR \cos \vartheta + 2l^2 \sin \vartheta,$$

$$E = R^2 - 2lR \sin \vartheta + 4l^2 \sin^2 \frac{\vartheta}{2}.$$



¹⁾ Ann. d. Physik, 4. Folge, Bd. 8, S. 348, 1902.

Beschränkt man sich auf kleine Schwingungen, so daß höhere als zweite Potenzen von δ vernachlässigt werden können, so ergibt sich für ε der einfachere Wert:

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{1}{3} + 2 \frac{l^2}{R^2}\right) \delta^2}{\cotg \gamma - 2 \frac{l}{R}}$$

Darin bedeuten:

l die Länge des Wagebalkens,

γ den Winkel, um welchen der Schwerpunkt der Wage mit der daran hängenden Last durch den daruntergestellten Magneten gehoben wird,

R den Polabstand.

l und γ sind der Messung zugänglich, R jedoch nicht. Die Annahme, daß der Abstand des Poles von den Endflächen gleich $\frac{1}{12}$ der ganzen Länge des Magneten ist, ist hier offensichtlich unzulässig. Denn beide Pole wirken influenzierend aufeinander ein.

Zur Bestimmung des wahren Polabstandes kann man nun die Asymmetrie der Ablenkungen benutzen. Legt man nämlich auf der einen Seite ein kleines Übergewicht δ zu, so dreht sich der Wagebalken um einen gewissen Winkel β_1 ; dasselbe Übergewicht δ erzeugt, auf der anderen Seite zugefügt, eine Drehung um einen Winkel β_2 , welcher von β_1 verschieden ist.

Die Rechnung zeigt nun, daß β_1 und β_2 darstellbar sind durch eine Gleichung:

$$\beta = \mu \delta + \nu \delta^2,$$

woraus man β_1 und β_2 erhält für $+\delta$ und $-\delta$. Darin sind die Koeffizienten μ und ν folgende:

$$\mu = \frac{l}{q d \cos \gamma - 2 q d \frac{l}{R} \sin \gamma}$$

$$\nu = \frac{3 q d \sin \gamma \frac{l^2}{R^2} \cdot l^2}{\left(q d \cos \gamma - 2 q d \frac{l}{R} \sin \gamma\right)^3}$$

Die neu auftretenden Größen q und d bedeuten:

q das Gewicht des Wagebalkens und der Last,

d den Abstand des Schwerpunktes vom Unterstützungspunkt.

Beide braucht man jedoch nicht einzeln zu bestimmen. Vielmehr läßt sich $q \cdot d$ selbst finden, indem man den zweiten Magneten entfernt und durch ein Gewicht p dasselbe Gleichgewicht wiederherstellt. Dann ist nämlich:

$$q \cdot d \cdot \sin \gamma = p l,$$

also:

$$q d = \frac{p \cdot l}{\sin \gamma}.$$

Die Koeffizienten μ und ν lassen sich nach der Methode der kleinsten Quadrate finden, indem man für verschiedene Werte δ die entsprechenden Werte von β beobachtet. Sind μ und ν gefunden, so kann der Koeffizient μ nun zur Bestimmung von R benutzt werden. Aus:

$$\mu = \frac{l}{q \cdot d \cos \gamma - 2 q d \frac{l}{R} \sin \gamma}$$

folgt wegen:

$$q \cdot d = \frac{p l}{\sin \gamma}$$

$$\mu = \frac{l}{p l \cdot \cotg \gamma - 2 p \cdot l \frac{l}{R}}$$

oder:

$$R = \frac{2 p \cdot l \cdot \mu}{\mu p \cotg \gamma - 1}$$

Für eine Messungsreihe ergaben sich folgende Resultate:

$$\begin{aligned} p &= 1,35 \\ l &= 200 \\ \mu &= 0,0595 \\ \cotg \gamma &= 18,048 \end{aligned}$$

mithin:

$$R = 71,28 \text{ mm.}$$

Die Endflächen beider Magnete waren 56 mm voneinander entfernt. Jeder Magnet hatte eine Länge von 300 mm. Da ihre Momente nahezu einander gleich waren, so betrug also der Abstand eines jeden Poles von der Endfläche 7,6 mm.

Bei unseren keineswegs sehr feinen Messungen — solche waren für den damaligen Zweck nicht erforderlich — ergab die Benützung des so berechneten Wertes R bei der Untersuchung der Schwingungen eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den Beobachtungen. Für beliebige Werte von ϑ läßt sich nämlich nun unter Benützung des gefundenen Wertes für R der Wert ε berechnen aus der obigen Formel:

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{1}{3} + 2 \frac{l^2}{R^2}\right) \vartheta^2}{\cotg \gamma - 2 \frac{l}{R}}$$

Andererseits kann der Wert ε auch aus direkter Beobachtung der Umkehrpunkte gefunden werden. Die gute Übereinstimmung beider zeigt folgende Zusammenstellung:

| $\vartheta =$ | berechnet: $\varepsilon =$ | beobachtet: $\varepsilon =$ |
|---------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 0,04771 | 0,00294 | 0,00313 |
| 0,03859 | 0,00192 | 0,00207 |
| 0,02856 | 0,00106 | 0,00118 |
| 0,02047 | 0,00054 | 0,00060 |

Einfache elektrostatische Versuche.

Von

Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

1. Ist man zum Gebrauche des Elektrophors übergegangen, so kann man die Grunderscheinungen zum zweiten Male etwas drastischer vorführen. Daß große Kugeln von Sonnenblumenmark (von Meiser & Mertig in Dresden, Max Kohl in Chemnitz) vom angehobenen Deckel in Wurfbahnen abspringen, ist gewiß schon oft gezeigt worden. Je nach ihrer Auflagestelle ist die Bahn flacher oder haubitzenartig (s. Fig. 1). Man erkennt, wie die Kraft nahe dem Rande mehr wagerecht, über der Mitte hingegen aufwärts gerichtet ist. Beim mechanischen Wurf dieser leichten Bälle ist der absteigende Ast sehr stark gekrümmt. Jetzt erscheinen die Äste symmetrisch, da die Abstoßung länger wirkt. Gut erkennbar wird die Bahn durch die Größe der weißen Kugeln und die geringe Hast der Bewegungen.

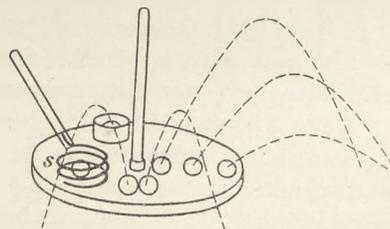


Fig. 1.

2. Inmitten leitender, auf den Deckel gelegter Gegenstände, welche die Kugel überragen, bleibt diese in Ruhe. Legt man die Kugel in eine niedrige Schachtel, so ist sie darin beim Abheben des Deckels vor dem Herausgetriebenwerden sicher, auch wenn sie ein wenig aus der Schachtel herausragt. Befestigt man an einer Siegellackstange einen Draht, den man zu einer weiten Spirale (s, Fig. 1) von wenigen Windungen biegt, so bleibt eine in der Mitte liegende Kugel beim gemeinsamen, berührenden Emporheben von Deckel und Spirale in Ruhe¹⁾. Drückt man mit der Siegellackstange die Windungen herunter, so schnellt die Kugel heraus. (Für das Zurückhalten von Kugeln auf dem Tische, auch bei anderen Versuchen, den Geschossen der Heurekaipistole nach Grimsehl usw., empfiehlt es sich, drei aus Blech für den Tischrand zurechtgebogene, etwa 1 m lange Randstreifen zu verwenden, die federnd festsitzen oder noch in der Mitte ihrer Länge mit einer billigen Eisenschraube angeedrückt erhalten werden.)

3. Zupft man einen Wattebausch zu einem Scheibchen auseinander, das fallschirmartig nicht zu schnell durch die Luft fällt, so tritt eine eigenartige Bewegung der Flocke auf, wenn man sie auf einen kräftig geladenen und verkehrt aufwärts gehaltenen Elektrophordeckel herabfallen läßt. Nach Berührung der wagerechten Fläche schwebt sie empor. Indem man den Deckel balancierend etwas bewegt, erhält man die Flocke, aber nur etliche Sekunden lang, in der Luft. Offenbar durch Spitzenwirkung an ihren leitenden Fäserchen verliert sie an Ladung, sie eilt dem Deckel zu, alsdann wieder aufwärts und wiederholt das Spiel eine Anzahl von Malen. Ganz anders fällt dieser Versuch mit einem etwa 2 cm breiten Bausch aus den sehr leichten Fruchthaaren der Schwarzpappel aus. Im Juni kann man sich ein Kästchen voll reifer Kätzchen besorgen. Einen Bausch der Haare zieht man davon ab und hindert durch Schließen des Kästchens, daß ein Luftzug den überaus leichten Vorrat verweht. Nicht immer gelingt es sofort, die Flocke auf die Deckelunterseite niederzulassen, ohne daß sie gleich darauf an Hand oder Ärmel fliegt. Man läßt dann höher herabfallen. Nach einmaliger Berührung elektrisiert, bleibt nun eine solche weithin sichtbare Flocke mehrere dm hoch über dem Deckel in der Luft schweben (Fig. 2). Etwas Balancieren ist auch jetzt erforderlich. Mühelos kann man die Flocke beliebig durch die Luft wandern lassen. Hat man sie mit dem Deckel etwas in die Höhe getrieben, so läßt ihr langsames Fallen genügend Zeit, den Deckel wieder neu zu laden. (Um durch den Luftzug die schwebende Flocke nicht mit herabzuziehen, nimmt man den Deckel am besten erst wagerecht darunter fort.) Es ist überraschend, wie lange die Flocke geladen bleibt. Durch Berührung am geladenen Elektroskop erkennt man, daß das feine Haarmaterial leitet. Der haltenden Hand wird die Ladung der Blättchen aber nur ziemlich langsam zugeführt. Man kann wohl annehmen, daß hauptsächlich nur die von den Fingern erfaßt gewesenen mittleren Teile der Haare besser leiten.

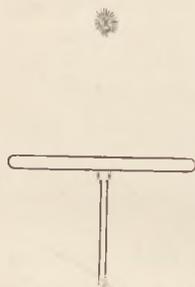


Fig. 2.

Um eine auf dem Deckel mit emporgehobene Flocke frei in die Luft zu bringen, greife man von der entgegengesetzten Seite am Handgriff zu. Zweckmäßig dreht man beim Abheben den Deckel schon dicht über dem Kuchen so, daß die Flocke mehr angehoben wird und mehr aus der Anziehung der Tischplatte herauskommt. Die Kraftlinien treiben sie dann senkrechter empor (Fig. 2, a). Man kann auch die Flocke durch einen Ebonitstab beim Abheben an den Deckel drücken. Haftet sie beim Losnehmen an dem Stabe, so wird sie meistens beim Anschlagen gegen den Deckel frei und läßt sich leicht zum Schweben bringen.

¹⁾ Eine solche Spirale an Ebonitgriff liefert Max Köhl in Chemnitz.

4. Prächtig gestaltet sich der Puppentanz dieser Flocken auf dem Tische, wenn man den Elektrophordeckel nähert. Auf ziemlich große Entfernung setzen sie sich in Bewegung und zerfasern dabei infolge Abstoßung der Teile und der Erschütterungen zu langgestreckten Gespensterfiguren. Zum Teil geben diese bald ihre Aufundabbewegung auf, um in Richtung der Kraftlinien die Leiter zu ver-

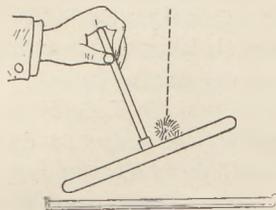


Fig. 2 a.

binden. Aus der Nähe kann man noch viel mehr von diesen zierlichen Anordnungen sehen.

Natürlich wird man im Klassenzimmer mit dem lockeren Material etwas sparsam umgehen; es kann übrigens ganz leicht mit der Bürste vom Rocke wieder entfernt werden. Eine geriebene Ebonitstange nimmt

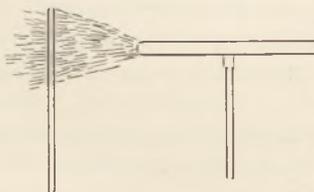


Fig. 2 b.

verstreute Flöckchen schnell vom Tische zusammen. Bringt man den geladenen Elektrophordeckel gegen eine solche Stange, so erzielt man eine hübsche Wirkung. Die feinen, aber weithin sichtbaren Flocken zerren sich in Richtung der Kraftlinien nach dem Deckel hin auseinander (Fig. 2, b). Ein Teil berührt den Deckel selbst und wird dann auf dem gleichen Wege zurückgeweht. Die Kraftlinien verlängern sich hinter der Ebonitstange durch losgerissene Flockenstrahlen, die ziemlich geradlinig hinausfliegen.

Schnürt man einen etwa 2 cm großen Bausch der leichten Fruchthaare mittels eines Coconfadens schwach zusammen und bringt dessen langes Ende an dem weit vorspringenden Galgen eines großen elektrischen Pendels an, so hat man einen besonders wirksamen Indikator für elektrische Kräfte. Ein Ebonitstab von Kleinfingerdicke treibt nach der Anziehung den Bausch bis zu wagerechter Lage des Coconfadens empor. Bei Annäherung eines elektrisierten Körpers dreht sich der Bausch in eine bestimmte Gleichgewichtslage zu demselben. Bewegt man den Körper, so wendet der Bausch ihm stets gleichsam dieselbe Seite zu. Entgegengesetzte Ladung dreht ihn um etwa 180 Grad. Offenbar gibt es in dem sehr unregelmäßig begrenzten Bausch ein dem Schwerpunkt analoges Kraftzentrum. Das Gewicht eines solchen Bausches ist um mehr als die Hälfte kleiner als das einer etwa gleich großen Flocke lockerer Watte.

5. Als eine sehr bequeme und zuverlässige Vorrichtung zum positiven Laden des Blattelektroskopes konnte ich (ds. Zeitschr. XII, 295) ein im Glasröhrchen angebrachtes Stück Kollodiumhaut bezeichnen (Fig. 3). Bei einem Durchmesser der Elektroskopkugel von 19 mm bewährte sich eine Außenweite des Gläschens von 25 mm, dessen Wandung etwa $1\frac{1}{4}$ mm dick war. Das Röhrchen sei 6—7 cm lang. Es braucht nicht rund zugeschmolzen zu sein. Eine Verengung gibt dem etwa 1 cm langen Kork nach dem Hineinschieben festen Sitz. Das auf der Korkmitte vorher aufgeschmolzene Siegellack wird mit hineingestelltem, erhitztem Glasrohr erweicht, bevor die Kollodiumhaut mit einem schwach erwärmten Reagenzglas hineingeschoben wird. Nötigenfalls wird mit letzterem nochmals angedrückt und das Kollodium festgeschmolzen. Die Wirkung kann so kräftig sein, daß man den Kollodiumlader nur $\frac{1}{2}$ —1 cm weit über die Elektroskopkugel zu schieben und abzuheben braucht, um die Blättchen bis 90° auseinander zu treiben, und daß diese völlig wagerecht hinterbleiben, wenn man ganz (d. h. 4—5 cm weit) übergestülpt hatte. Die zu erteilende Ladung kann also leicht beliebig bemessen werden. Schwächer ist die Wirkung der Reibung zwischen dem Metall und Kollodium, wenn letzteres eine sehr ungleichmäßige Faltung

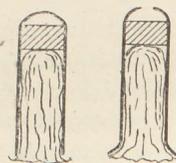


Fig. 3.

im Glasröhrchen besitzt; an Stellen, wo eine einzige zarte Hautschicht die Kugel von dem etwas leitenden Glase trennt, tritt teilweise Entladung ein (vgl. Nr. 7). Mit schwächer wirkenden Ladern elektrisiert man kräftig, wenn man sie einige Male über der Kugel schnell auf und ab oder drehend bewegt. Ein solcher Kollodiumlader wurde während 6 Jahren sehr oft benutzt, ohne Schaden zu nehmen.

Die Vorrichtung ist gleichsam das Gegenstück zur Probekugel, die ja der Elektroskopkugel ebenso bequem und zuverlässig abstufbare negative Ladungen zuführt, nachdem sie an Tuch oder Pelz gerieben war. In der elektrostatischen Spannungsreihe steht Katzenfell am positiven, Kollodium am negativen Ende.

Hinzugefügt sei, daß bei nur einigermaßen zentralem Überstülpen die Kollodiumhaut den Glaswänden ringsherum angedrückt bleibt. Bei unverletzter Haut ist das Elektroskop vom Glase des Laders isoliert. Natürlich darf der Lader nicht zu lang sein, und der Verschuß der Elektroskopflasche darf höchstens von den Spitzen der Kollodiumhaut berührt werden. Nach einiger Ruhezeit des Laders wirkt er, wie ja auch sonst beim Elektrisieren durch Reibung zu beobachten ist, anfangs etwas schwächer. Ist das Kollodium erst elektrisch, so schmiegt es sich der Metallkugel inniger an, so daß bei jedem folgenden schwachen Reiben kräftig elektrisiert wird.

6. Bringt man den Kollodiumlader, durch dessen Abheben die Blättchen zum starken Spreizen gebracht waren, wieder über die Kugel, so fallen sie wieder zusammen. Hierdurch kann gezeigt werden, daß durch Reibung gleiche Mengen entgegengesetzter Elektrizität entstehen. Ein minder kräftig wirkender Lader läßt die wichtige Tatsache so bequem und deutlich, wie überhaupt möglich ist, erkennen. Wird sehr kräftig elektrisiert, so treten Verluste ein, und nach erneutem Überstülpen des Laders ist das Elektroskop mehr oder weniger positiv geladen. Wurde vor dem erneuten Überstülpen die Kugel ableitend berührt, so ist hinterher negative Ladung bemerkbar.

Bei übergestülptem Lader kann man ein Elektroskop beliebig durch Mitteilung oder Verteilung positiv oder negativ laden und entladen. Das gewöhnliche Glas ist ein so guter Halbleiter, daß alles ebenso wirkt, wie wenn die Metallkugel selbst berührt wäre. Nur wenn nach einem derartigen Laden des Elektroskopes der Lader isoliert, etwa durch Zugreifen mit der Ebonitklammer der Photographen abgehoben wird, hinterbleibt nach negativem Aufladen ein sehr geringer, nach positivem ein besonders starker Spreizzustand der Blättchen, da sich die durch Reibung entstehende Ladung entweder subtrahiert oder addiert.

7. Zieht man ein Stückchen Kollodiumhaut zwischen zwei ausgestreckten Fingern hindurch, so wird es zwar darnach von der Elektroskopkugel angezogen und macht die Blättchen stark spreizen; wird aber das anhaftende Membranstückchen von der Kugel abgezogen, so ist das Elektroskop wieder völlig unelektrisch. Eine mit dem Elektroskop verbundene Spitze aber nimmt die negative Ladung des Kollodiums leicht auf. Bringt man quer über dem Ende einer Siegellackstange eine Stecknadel an, legt ihr Köpfchen an die Kugel und nähert das geriebene Kollodium bis auf etwa 1 cm, so ist nach dem Fortnehmen das Elektroskop negativ geladen. Ferner verbleibt es positiv geladen, wenn man ein an der Kugel haftendes Membranstückchen dort, wo es das Metall berührt, mit dem Finger oder einem Metallstück betupft, und wenn man hierauf das Kollodium von der Kugel zieht. Trotzdem also das isolierende Kollodium die beiden freilich einander sehr nahen Leiter trennt, wird freie Elektrizität scheinbar abgeleitet, in Wirklichkeit werden aber wohl nur zu beiden Seiten des Kollodiums sich bindende Ladungen kondensatorartig angehäuft. Eine Durchbrechung der Haut durch die so schwach gespannten Ladungen hätte natürlich die gleiche Wirkung. Den gleichen scheinbaren oder wirklichen Durchgang von Elektrizität durch die $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{200}$ mm dicke Kollodiumhaut erkennt man, wenn man ein Stückchen davon über die Elektroskopkugel breitet und auf der andern

Seite z. B. eine schwach geriebene Probekugel auf tupft. Der hinterher an die gleiche Stelle gedrückte Finger nimmt die Ladung wieder fort. Die Kollodiumhaut muß natürlich an der Berührungsstelle glatt und nicht zerknittert sein, wie die Ballons des Handels es meistens sind.

Mit dünner Gummimembran fallen die Versuche ähnlich aus. Wegen der größeren Dicke der Gummihaut ist die kondensatorartige Bindung der Ladungen auf ihren beiden Seiten weniger ausgedehnt als an Kollodiumhaut. Nimmt man eine elektrisierte Probekugel von der mit Gummi bedeckten Elektroskopskugel wieder fort, so bleiben zwar die Blättchen getrennt, aber erheblich weniger stark, als während des Anliegens der Probekugel.

8. Um für diese und andere Versuche sehr schwache oder stärkere Ladungen beider Arten längere Zeit verfügbar zu haben, kann man den Ebonitkondensator von GRIMSEHL (ds. Zeitschr. XXI, 3) bequem verwenden, an dessen Metallecken zwei Schrauben angebracht sind, in denen kugeltragende Drähte im gewünschten Abstände voneinander festgeklemmt werden können (Fig. 4). Ein kleines, aus Brettschichten oder Blech hergestelltes Fußgestelle nimmt den Kondensator auf, wenn man ihn geladen aus der Hand lassen will. Ein winziger Funke, den man an die eine Metallecke bringt, während man die andere anfaßt, gibt genügende Ladung, um bald die eine, bald die andere Elektrizitätsart, z. B. für die vorhin beschriebenen Versuche, abgeben zu können. Verwechslungen verhütet ein + Zeichen an der einen Ecke. Die anderen Enden der verstellbaren Drähte sind ebenfalls mit Kugeln versehen, die auch als Gegengewichte Drehungen der nicht ganz festgeschraubten Drähte hindern.

Der so vorgerichtete Kondensator ist besonders bequem und sicher für Entzündungszwecke verwendbar. Schon am Bunsenbrenner zeigt sich dies. Während der Funke eines Elektrophordeckels nicht jedesmal das ausströmende Gas entzündet, wurde bisher kein Ausbleiben dieser

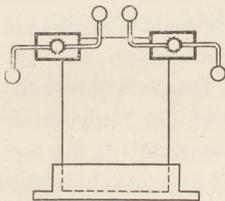


Fig. 4.

Wirkung bemerkt, wenn der mit etwa 3 Funken am Elektrophor geladene Kondensator mit der einen Kugel an die Mündung der Brennröhre gebracht und mit senkrecht darüber befindlicher anderer Kugel nach unten bewegt wurde. Zeitersparend ist auch die Verwendung zur Zündung im Endiometer. Nachdem ein Schüler den Kondensator geladen, berührt man den einen Platindrath mit der einen Kugel und dreht zugleich, bis die anderen Metallteile durch

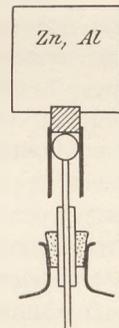


Fig. 5.

den Funken überbrückt werden. Nach kräftiger Ladung kann der Kondensator bequem für beide Arten Lichtenbergscher Figuren benutzt werden. Zur Erhaltung der Isolation des Ebonits bewahrt man den Kondensator im Dunkeln auf²⁾.

9. Ohne zeitraubendes Auf- und Abschrauben bringt man für lichtelektrische Versuche dünne Zinkblechplatten auf dem Elektroskope an, wenn man zylindrische überstülpbare Aufsätze verwendet, die aus rechteckigen Abschnitten einer 2 mm dicken Bleiplatte hergestellt sind. Über einem Holzzylinder von passender Weite biegt man sie zurecht, so daß die Elektroskopskugel gerade hineingeht, und ein in Stanniol gehüllter Kork einige mm weit in den Bleizylinder fest eingesetzt werden kann (Fig. 5). Der Spalt im Zylinder braucht nicht verlötet zu werden. Das Stück amalgamierten Bleches klemmt man in einen senkrecht in den Kork (nach dem Überziehen mit Stanniol) gemachten Messereinschnitt. Soll es für senkrechten Einfall von Sonnenstrahlen schräg stehen, so biegt man das kinderhandgroße Blechstück

¹⁾ Siehe Rebenstorff, Über Eigenschaften der Kollodiummembran, Sitzungsber. d. naturw. Ges. Isis zu Dresden, 1904, S. 15 ff.

²⁾ Den vorgerichteten Kondensator liefert M. Kohl in Chemnitz.

vor dem Amalgamieren hierfür zurecht. Auch Klempner verwenden Zinkblech von nur 0,2 mm Dicke.

Ist das Zimmer sonnenbeschienen, so verlangsamt ein den Fenstern entgegen vor dem Elektroskop aufgestellter Schirm das dann schon im zerstreuten Lichte auftretende allmähliche Zusammenfallen der negativ geladenen Blättchen. Mit Magnesiumlicht kann man die ruckartige Abnahme der Ladung durch einen Pulverblitz beobachten lassen, ferner die beständig fortschreitende nach Entzünden einer Bandflamme und dabei vor allem die Beseitigung der entladenden Wirkung durch eine vorgehaltene Glasscheibe. Magnesiumspäne entzündet man in einer zur Düte gebogenen Ecke eines Drahtnetzes. Ein schmaler Abschnitt von Magnesiumblech gibt eine besonders kräftige Flamme. Auch die Flamme des in Wasserdampf verbrennenden Metalles kann man wirken lassen. Man erhält diese äußerst bequem in einem Becherglase, in dem etwas Wasser kocht, und das von einem Aluminiumdeckel¹⁾ mit übergreifendem Rand und zentraler Öffnung bedeckt ist. Der Magnesiumbandstreifen wird entzündet hineingesenkt. Hierbei verfehlt man die Öffnung nicht, wenn man einen Glasstab oder dergl. zum Anlehnen des Bandes nahe dem brennenden Ende benutzt. Da andere Metallflammen weniger lichtelektrisch wirken, und gerade Magnesium beim Verbrennen auch mit Stickstoff sich verbindet, so könnte man in der Chemilumineszenz beim Entstehen des Nitrids die Hauptquelle der wirksamen ultravioletten Strahlung erblicken. Die wirksame Flamme in Wasserdampf widerlegt diese Ansicht. Übrigens ist die noch mehr Nitrid bildende Flamme des Calciums (Calciumgries in der Drahtnetzecke) lichtelektrisch wenig wirksam.

Besonders schnell kann man das Verhalten negativer und positiver Ladungen auf der amalgamierten Zinkplatte, sowie den Übertritt der Elektronen in die Luft im Sonnenlichte beobachten lassen, wenn man nur eine geriebene Ebonitstange zum Elektrizieren, und zwar durch Verteilung, benutzt. Hält man diese in einigem Abstände von der belichteten Scheibe auf der Schattenseite und etwas tiefer, etwa in der Höhe der Elektroskopkugel, so wird das Elektroskop in wenigen Augenblicken positiv geladen, wie die entfernte und wieder genäherte Ebonitstange erkennen läßt. Die jetzt vorhandene Ladung bleibt im hellsten Lichte so lange wie im Dunkeln bestehen. Dreht man das positiv geladene Elektroskop so herum, daß der Schatten der Zinkscheibe schmal ist und auf eine bis etwa 1 cm genäherte zweite amalgamierte Platte fällt, die man in der Hand dahinter hält, so nimmt die daraus entweichende negative Ladung schnell fast alle positive des Elektroskopes fort. Hat man mehr Zeit, so kann man auch beobachten lassen, daß eine auf der Lichtseite des Zinkbleches gehaltene Ebonitstange eine negative Elektroskopladung gleichsam festhält, und daß ein positiv geladener Stab gerade entgegengesetzt wirkt wie ein negativer. Es ist dies wohl das bequemste Verfahren der Vorführung des Hallwachs-Effektes. Die Beseitigung der entladenden Wirkung des Sonnenlichtes gelingt besser als mit farblosem Glase mit einer gelblich gefärbten Scheibe, zumal wenn sie so groß ist, daß sie auch das meiste zerstreute Licht am direkten Einfallen auf das Metall hindert.

Auch ein frisch mit Smirgelleinen behandeltes Aluminiumblechstück zeigt schnell die entladende Wirkung, wenn es in gleicher Weise auf einem gewöhnlichen Blattelektroskop angebracht wird. Aus dem so häufig verwendbaren Blech von 0,2 mm Dicke¹⁾ schneidet man ein Stück von Oktavgröße zurecht. Man kann die leichte Platte auch in den Schlitz eines in Stanniol gehüllten Korkes schieben, der mittels einer engen Durchbohrung statt der Kugel auf die Elektroskopstange geschoben wurde. Für den Grundversuch kommt man ganz ohne Vorkehrungen mit einem rechteckigen Stücke des leichten Bleches aus, das dachartig gebogen ist und einfach

¹⁾ Nr. 23 im Prospekt IV von Gustav Müller in Ilmenau. Auch Aluminiumblech von 0,2 mm Dicke ist von dort beziehbar.

quer über die Elektroskopkugel gelegt wird, wo es mittels einer genau in der Mitte befindlichen, ziemlich zur Hälfte über die Kugel greifenden Kreisöffnung ziemlich festliegt.

10. Bezüglich des Blattelektroskopes sei bemerkt, daß man gerade der Umstände des unterrichtlichen Gebrauches wegen unbedingt die vorzügliche Isolation durch Bernstein ausnutzen sollte. Man kann die Kugelstange mit einem Bernsteinröhrchen umgeben und dieses in den alten, weiter ausgebohrten Verschluß einsetzen lassen. Die unter allen Umständen sich lange erhaltende Konstanz des Spreizwinkels der Blättchen zeigt, daß es wenig nützlichere Verbesserungen in der Apparatsammlung gibt.

Ein einfacher, auch projizierbarer Versuch mit dem Elektroskop vermittelt ein gründlicheres Verständnis der Spitzenentladung. Mit einer feinen Feile macht man auf der oberen Endfläche des Bernsteinröhrchens, die zentrale Metallstange etwas mit anfeilend, eine schwache Querrinne. In diese kann mit sicherer Berührung des Metalles eine Nadel gelegt werden, deren Spitze also frei nach der Seite hin vorragt. Nähert man dieser langsam eine geriebene Probekugel, so gehen die Blättchen zunächst stetig weiter auseinander. Entfernt man die Probekugel, wenn noch nichts weiter zu sehen war, so fallen die Blättchen wieder ganz zusammen. Bringt man aber die Probekugel der Spitze immer noch näher, so springen plötzlich die Blättchen bis auf einen erheblich größeren Spreizwinkel auseinander, da bei einer bestimmten Größe der Spannung Spitzenentladung erfolgte. Der Winkel nahm z. B. plötzlich von 60° bis auf 100° zu. Nach Entfernen der Probekugel fallen die Blättchen nur etwa halb zusammen und bleiben trotz der Spitze stehen.

Eine Abänderung des Höflerschen Bodendruckapparates.

Von

Dr. H. Teege in Wilhelmshaven.

Fast allgemein benutzt man zur Demonstration des hydrostatischen Paradoxons einen Apparat, der schon von Pascal angegeben worden ist und im Laufe der Zeit nur wenige Abänderungen erfahren hat. Bei diesem Apparate wird bekanntlich ein fester beweglicher Boden gegen ein zylindrisches, nach oben erweitertes und nach oben verengtes Gefäß gepreßt, das unten genau abgeschliffen ist, und nun gezeigt, daß der Boden bei der gleichen Standhöhe des Wassers in den verschiedenen Gefäßen abreißt, wenn der untere Gefäßquerschnitt derselbe ist. Es muß aber die Kraft, die den Boden anpreßt, sehr genau zentrisch ausgeübt werden, da schon bei einer geringen seitlichen Verschiebung des Bodens infolge des Ungleichwerdens der statischen Momente, die auf entgegengesetzten Seiten des beweglichen Bodens angreifen, schon früher ein Ausfließen des Wassers stattfindet, ehe noch die theoretische Höhe erreicht worden ist.

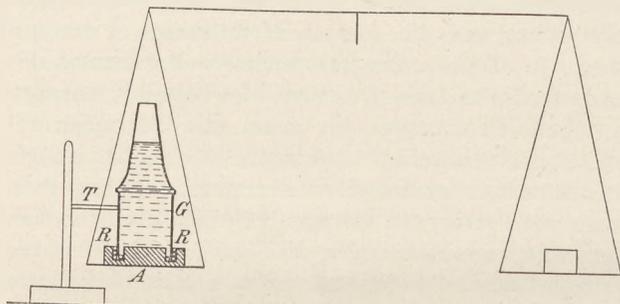
Nun hat zwar Herr Professor HÖFLER in dieser Zeitschrift (*XVI, 257 ff.*) einen anderen Apparat angegeben, bei dem die den Bodendruck erleidende Fläche einem wasserdicht verschiebbaren Kolben angehört. Der Kolben besteht aus Hartgummi und ist sehr genau in ein zylindrisch ausgeschliffenes Glasgefäß eingepaßt, so daß übergelassenes Quecksilber, das selber vermöge der Kapillarwirkung nicht in den engen Zwischenraum zwischen Kolben und Wandung eindringt, einen vollkommen wasserdichten Abschluß bewirkt. Aber abgesehen davon, daß der Einfluß der Reibung so keineswegs ganz aufgehoben ist, kann auch der Boden, wenn er mittelst eines Drahtes an einer Wage befestigt wird, wegen der Unmöglichkeit der Seitenverschie-

bung nicht zum freien Einspielen kommen, wie es doch zu einer genauen Auswägung des Bodendrucks unumgänglich nötig ist.

Dies hat mich nun veranlaßt, den beweglichen Boden nach etwas anderen Gesichtspunkten zu konstruieren, so daß er sich nicht nur auf und ab, sondern auch seitlich frei verschieben läßt und fast so beweglich ist wie eine Wagschale. Auch hier wird Quecksilber zur Abdichtung benutzt, nur befindet es sich in einer genügend breiten (ca. 2 cm) und verhältnismäßig tiefen Rinne der Bodenplatte, in welche der Unterrand des eigentlichen Wassergefäßes eintaucht.

Nebenstehende Figur möge die Konstruktion erläutern.

Der Boden *A* aus Hartgummi oder Holz, dessen Dicke ca. 4 cm betragen muß, hat bei *R* eine breite und ca. 3 cm tiefe Quecksilberrinne, deren Durchmesser derselbe



wie bei den gebräuchlichen Apparaten sein kann. Der Boden selbst wird am besten direkt auf das kreuzförmige Untergestell einer gewöhnlichen Wagschale gestellt, von der man die eigentliche Schale entfernt hat; dann kann das durchtretende Wasser direkt an den Gestellstangen der Wagschale vorbei nach unten abfließen, ohne die Wage zu

belasten. Durch einen Seitenarm *T*, der wieder an einer Säule auf schwerem Stativ befestigt ist, wird der untere, nicht auswechselbare Teil des eigentlichen Wassergefäßes *G* getragen; oben ist dieser zylindrische Glasteil mit einer Messingfassung versehen, in deren Gewinde der Reihe nach das zylindrische, das nach oben erweiterte, das nach oben sich verengende Gefäß eingeschraubt werden kann.

Es ist leicht einzusehen, wie der Apparat funktioniert. Zunächst füllt man die Quecksilberrinne des Bodens bis etwas über die Hälfte mit Quecksilber an und bringt dann den Glaszylinder *G* in die geeignete Stellung, so daß er, wenn der Zeiger der Wage auf Null steht, fast bis zum Grunde in das Quecksilber eintaucht. Stellt man nun durch Auflegen von Gewichtsstücken das Gleichgewicht her, so schwebt der Boden vollständig frei, fast so beweglich wie eine gewöhnliche Wagschale, ermöglicht aber nichtsdestoweniger einen vollständig wasserdichten Abschluß. Denn da Quecksilber 13,6mal so schwer ist wie Wasser, so kann der Wasserstand in dem eigentlichen Wassergefäß bis über 30 cm betragen, ehe das Wasser in dem Innengefäß das Quecksilber über den Außenrand der Rinne drängt.

Für die Anstellung des eigentlichen Versuches beschwert man die eine Wagschale und drückt dadurch den mit Quecksilber gedichteten Boden gegen den unteren Rand von *G*. Gießt man nun Wasser in das mit einem der beschriebenen Aufsätze versehene Glasgefäß *G*, so wird bei einer ganz bestimmten Standhöhe des Wassers die innere Wassersäule gerade bis zu dem unteren Rande von *G* reichen, so daß bei weiterem Nachfüllen das Wasser unter dem Rande durch nach außen tritt, hier in dem äußeren Quecksilber nach oben steigt, die Rinne zunächst ganz anfüllt und dann über den Rand hinweg nach unten abfließt. Selbst bei nicht sehr sorgfältigem Nachgießen von Wasser geht dieses Abfließen derartig gleichmäßig vor sich, daß bei nur geringem Schwanken des vollständig beweglichen Bodens der Wasserstand sich leicht auf ein Millimeter genau einstellen läßt. Ersetzt man das Aufsatzgefäß von *G* durch ein anderes, so kann man mit großer Genauigkeit zeigen, daß der Bodendruck nur abhängig ist von dem Querschnitt des Bodens und der Höhe des darüber stehenden Wassers. Ich glaube nicht, daß man mit einem anderen Apparate eine ähnliche Genauigkeit erhalten kann.

Übrigens kann man sich den Apparat leicht improvisieren. Man braucht zu diesem Zweck nur auf das Tragekreuz einer Wagschale, deren eigentliche Schale man abgenommen hat, eine etwas größere Glasschale von ungefähr 4—5 cm Höhe zu stellen, Quecksilber einzufüllen und nun einen weiten Glaszylinder, der von einem Stativ gehalten wird, in das Quecksilber eintauchen zu lassen. Man kann sich dann leicht von dem guten Funktionieren des Apparates überzeugen; besonders schön erscheint das gleichmäßige Durchfließen des Wassers unter dem Rande des Zylinders durch, wobei sich die Oberfläche des Quecksilbers mit leichten Kräuselwellen bedeckt, ohne daß ein Überspritzen des Quecksilbers zu befürchten ist. Den Eindruck einer kompakten, fest schließenden Bodenplatte macht allerdings die zuerst beschriebene Anordnung in weit höherem Grade.

Sehr hübsche Überlegungen ergeben sich auch, wenn man sich die Aufgabe stellt, zu berechnen, wie groß die Belastung der Wagschale ist, die den Quecksilberverschluß trägt, doch will ich nicht näher darauf eingehen, sondern nur noch kurz zeigen, wie man an der Hand des Prinzipes von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung das Experiment umkehren kann.

Zu diesem Zwecke stellt man den Quecksilberboden direkt auf den Tisch und hängt das Gefäß *G* so an dem einen Ende des Wagebalkens auf, daß es in das Quecksilber der Rinne eintaucht. Füllt man dann Wasser ein, so wird man bemerken, daß bei einem zylindrischen Gefäß keine oder doch nur eine ganz geringe Störung des Gleichgewichtes eintritt, daß dagegen bei einem nach oben erweiterten Gefäß der Wagebalken sinkt, bei einem sich nach oben verengenden Gefäß der Wagebalken steigt. Schließlich kann man durch genaue Wägung die Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung zeigen.

Den letzten Fall des sich nach oben verengenden Gefäßes, der von allen drei ohne Frage den stärksten Eindruck des Paradoxen macht, kann man sich übrigens leicht gleichfalls mit sehr einfachen Hilfsmitteln improvisieren. Man braucht zu diesem Zwecke nur einen Trichter mit langem, weitem Trichterrohr umgekehrt in Quecksilber zu tauchen und Trichter und Rohr bis oben mit Wasser zu füllen; man fühlt dann deutlich, daß der Trichter mit beträchtlichem Drucke hochzusteigen strebt. Man hat zu diesem Experimente allerdings ziemlich große Mengen Quecksilber nötig; auch muß man dafür sorgen, daß der Trichter nirgends anstößt, denn sonst wird infolge der Kapillarwirkung das Quecksilber von solchen Stellen weggedrängt, während umgekehrt das Wasser in solche Verengungen eindringt und, ohne vom Quecksilber gehindert zu werden, leicht nach außen durchtreten kann.

Ein Beitrag zur Messung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Von

Dr. A. Wendler in München.

Fig. 1 zeigt im Maßstab 1:3 verkleinert eine einseitig offene Hülse, die in allen Teilen aus dem gleichen Metall besteht und mittels der an dem Ring *r* befestigten Stifte so mit einer Korkscheibe *K* von 3 cm Dicke und etwa 10 cm Durchmesser verbunden ist, daß sie sich, wenn die Korkscheibe durch ein in den Haken *a* eingehängtes Gewicht *Q* in Drehung versetzt wird (Fig. 2, Maßstab 1:2), zugleich mit der Korkscheibe dreht, wobei die Metallhülse als Drehachse zwischen den Bremsbacken *H, H* aus Eichenholz läuft. Diese Bremsklötzchen sind in den Metallring *R* eingeschraubt, der durch Anziehen der Schraube *S*₁ gestattet, die für eine augenblickliche Bremsung nötige Zusammenpressung der Holzbacken gegen die metallene Drehachse

zu erzeugen. Die Befestigung des Apparates an einer Wand ist ohne weiteres aus Fig. 2 zu sehen, welche den Apparat von der Seite zeigt mit dem offenen Hülsende nach vorn. Die Bohrung der Hülse ist dem zylindrischen Gefäß eines horizontal einzusteckenden Zehntelgradthermometers angepaßt, an dem mit einer Lupe Hundertstelgrade noch mit einiger Zuverlässigkeit geschätzt werden können. Das mit dem Apparat möglichst im gleichen Raum aufzubewahrende Thermometer wird einige Minuten vor einer Messung eingesteckt, während der wenige Sekunden betragenden Fallbewegung herausgenommen und unmittelbar nach der Bremsung wiederum eingesteckt zur Ablesung

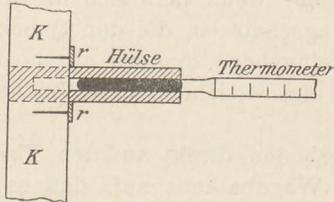


Fig. 1.

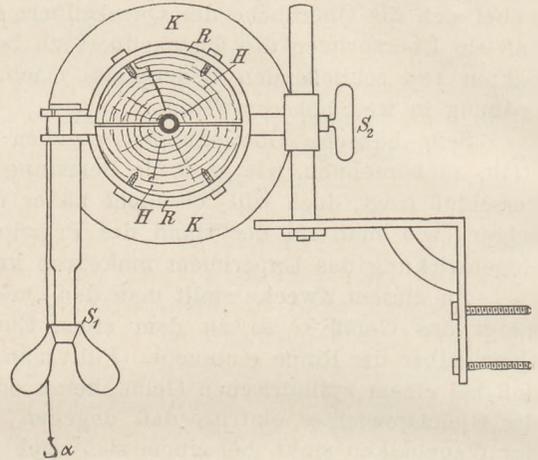


Fig. 2.

der Temperaturerhöhung $\Delta t = t - t_0$.¹⁾ Will man nach Aufwindung der in einer Nute der Korkscheibe laufenden Schnur eine weitere Messung anschließen, so steckt man in die Bohrung ein mit Äther befeuchtetes Wattebäuschchen, so daß die Abkühlung auf die Ausgangstemperatur beschleunigt wird. Bei einiger Übung kann man leicht 5 bis 6 Messungen in einer Stunde machen.

Ist nun $Q_{(\text{kg})}$ das angehängte Gewicht, $h_{(\text{m})}$ die Fallhöhe, so beträgt die mechanische Arbeit $(Qh)_{(\text{mkg})}$, wobei theoretisch folgende Korrektionsglieder in Betracht kämen:

- E_1 , der von dem Gewicht der abgelaufenen Schnur und des Anhängelhäkchens α herrührende Energiebetrag,
- E_2 , zur Überwindung der Trägheit der bewegten Massen,
- E_3 und E_4 , die durch Seilsteiifigkeit verlorenen bzw. durch die Schnurelastizität gewonnenen Arbeitsbeträge.

Bei den gewählten Abmessungen können diese Zusatzglieder vernachlässigt werden, um so mehr, als sie, zum Teil mit entgegengesetztem Vorzeichen in die Rechnung eingehend, sich teilweise aufheben.

Ist nun J das mechanische Wärmeäquivalent, w_M der rechnerisch oder experimentell bestimmte konstant angenommene Wasserwert der Metallhülse, w_T der Wasserwert²⁾ des Quecksilbergefäßes am Thermometer, x der spezifische Wärmebetrag, der außer von der Kapazität der die Hülse umgebenden Medien auch von der Oberflächenbeschaffenheit und der Leitfähigkeit der Hülse³⁾ abhängt, so kann man setzen:

$$I. \quad Q \cdot h = J \cdot (w_M + w_T + x) \cdot \Delta t.$$

¹⁾ Die Korrektur, welcher Quecksilberthermometer nach Rowland zwischen 15° und 16° gegenüber den Angaben des Luftthermometers bedürfen, kann zunächst vernachlässigt werden.

²⁾ Berechnet nach der von PFAUNDLER angegebenen Formel $0,00046 \cdot v$ (Kilogr. Kal.), wo v in ccm das Volumen des Quecksilbergefäßes ist.

³⁾ Um die durch das Thermometer nach außen hin vermittelte Wärmeausstrahlung möglichst klein zu machen, kann man das Thermometer in dem unteren an die Hülse angrenzenden Teil mit Watte umwickeln.

Den Einfluß, welchen die Vernachlässigung von x auf die Resultate für J hat, ersieht man aus dem folgenden Schema, in dem die Versuche in 6 Gruppen geteilt sind.

| Art der Metallhülse | I | II | III |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | Q fällt sehr langsam | Q fällt mit mittlerer Geschwindigkeit | Q fällt sehr rasch |
| A. gut leitend (Kupfer usw.) | J durchschnittlich 15% zu groß | J durchschnittlich 10% zu groß | J durchschnittlich 5–10% zu groß |
| B. relativ schlecht leitend (Messing, Stahl usw.) | J durchschnittlich 5% zu groß | J durchschnittlich = 427 | J durchschnittlich 4–5% zu klein |

Eine Vernachlässigung von x ist also nur gerechtfertigt, wenn das betreffende Metall nicht zu große Temperaturleitfähigkeit besitzt, und die Bewegung einerseits nicht so langsam erfolgt, daß die Strahlungsverluste störend wirken, andererseits aber auch doch langsam genug, daß die vom Thermometer angezeigte Maximaltemperatur von den in Rechnung gezogenen Körpern möglichst geteilt wird.

Die zu B. II. gehörenden 15 Einzelversuche lieferten die Werte: 424, 427, 428, 422, 439, 427, 421, 422, 438, 423, 427, 423, 428, 435, 425. Dabei war Q meist 2 kg, $w_M = 0,00341$, $w_T = 0,00059$; h lag zwischen 1 m und 1,4 m. Bei Schulversuchen genügt es also, ein relativ schlecht leitendes Metall wie Messing oder Stahl zu benutzen und mit der Formel I ($x = 0$) zu rechnen.

Im allgemeinen hat man bei zwei verschiedenen Metallen zu setzen:

$$\text{II.} \quad d_1 = J \cdot (w_1 + w_T + x);$$

$$\text{III.} \quad d_2 = J \cdot (w_2 + w_T + y), \quad d = \frac{Qh}{\Delta t}.$$

Benutzt man nun immer ein und denselben Apparat und das gleiche Thermometer, ferner 2 kongruente Metallhülsen mit zwar verschiedenen Kapazitäten, aber gleicher Oberflächenbeschaffenheit, indem man sie beide etwa galvanisch vernickelt, und gleicher Temperaturleitfähigkeit (Legierungen!), so kann man $x = y = z$ aus II und III eliminieren und findet so, indem w_T mit aus der Rechnung fällt:

$$J = \frac{d_1 - d_2}{w_1 - w_2} \quad \text{und}$$

$$z = \frac{w_1 d_2 - w_2 d_1}{d_1 - d_2} - w_T.$$

Ist unter Beziehung des Hilfsmetalls z ein für allemal bestimmt, so kann man fortan aus II oder III J mit ein und derselben Hülse finden.

Die Interferenzfarben dünner Blättchen.

Von

Prof. Dr. B. Walter in Hamburg.

Auf S. 32 dieses Bandes zeigt Herr W. VOLKMANN zunächst geometrisch, daß die Farben dünner Blättchen, wenn man von senkrechter zu schräger Betrachtung derselben übergeht, nicht, wie vielfach fälschlich angegeben wird, nach der roten, sondern nach der violetten Seite des Spektrums hinwandern. Zum experimentellen Nachweis dieser Erscheinung bedient er sich dann eines Newtonschen Ringsystems, d. h. einer zwischen zwei optisch dichteren Medien gelegenen dünneren Luftschicht.

Seine mathematische Beweisführung dagegen bezieht sich nicht auf ein dünnes Blättchen dieser Art, sondern vielmehr auf ein wirkliches dünnes Blättchen, wie es z. B. durch eine sehr dünne Glimmerschicht oder auch durch die Wand einer Seifenblase dargestellt wird.

Da nun aber diese beiden Fälle bei der in Rede stehenden Erscheinung nicht unwesentliche Unterschiede zeigen, wie ich dies bereits in meinem Buche über „Die Oberflächen- oder Schillerfarben“ (Braunschweig 1895) ausführlich dargelegt habe, so dürfte es von Interesse sein, die betreffende Stelle des Buches hier anzuführen.

Zum näheren Verständnis schicke ich voraus, daß die eigentlich in dem Buche behandelten Farben, also z. B. der Oberflächenschiller von Kristallen, Schmetterlingschuppen und Vogelfedern, ebenfalls vom roten zum violetten Ende des Spektrums hinwandern, wenn man von senkrechter zu schräger Betrachtung übergeht; und daß es mir deshalb an der betreffenden Stelle des Buches darum zu tun war, charakteristische Unterschiede in dieser Veränderlichkeit der Oberflächenfarben einerseits und der Farben dünner Blättchen andererseits zu finden, um dadurch besonders den Zoologen zu befähigen, durch einfache Mittel festzustellen, ob er es in einem bestimmten Falle mit der einen oder der anderen Farbenart zu tun hat.

Ich lasse nun meine damaligen Darlegungen S. 88—90 des Buches wörtlich folgen und habe nur die Figuren für die hier im Anschluß daran gegebenen Erläuterungen etwas umgezeichnet:

„Um nun aber auch bei den Farben dünner Blättchen die Art ihrer Veränderlichkeit mit dem Einfallswinkel verfolgen zu können, ist es nötig, von vornherein die beiden Fälle zu unterscheiden, daß einmal das dünne Blättchen aus einer zwischen zwei festen Stoffen befindlichen dünnen Luftschicht bestehen kann, wie dies z. B. beim Newtonschen Ringsystem der Fall ist, oder zweitens ein wirkliches dünnes Blatt aus einer festen oder flüssigen, stärker brechenden Substanz ist (Glimmerblättchen, Seifenblasen). Im ersteren Falle nämlich ändert sich die Farbe der dünnen Schicht ganz erheblich viel stärker mit dem Einfallswinkel als im letzteren, ein Unterschied, der auch schon an und für sich für die Zoologie von Wichtigkeit sein dürfte¹⁾, und der daher auch schon aus diesem Grunde eine genauere Betrachtung verdient.

Derselbe rührt daher, daß bei einer Luftschicht der Winkel, welchen der Strahl in ihr mit der Normalen ihrer Endflächen bildet, gleich dem Einfallswinkel draußen ist und mithin zugleich mit diesem zwischen 0 und 90° variiert (s. Fig. 1), während bei einem wirklichen dünnen Blättchen der innere Einfallswinkel gewöhnlich viel kleiner ist als der äußere, so daß, wenn der Brechungsexponent des Blättchens z. B. 1,6 ist, selbst bei 90° äußerem Einfallswinkel der innere doch nur eine Größe von ungefähr 40° erreicht (s. Fig. 2). Die Folge hiervon ist, daß im letzteren Falle die Farbe zwischen 0 und 90° äußerem Einfallswinkel ungefähr nur diejenige Veränderlichkeit zeigt, welche sich im ersteren Falle zwischen 0 und 40° darbietet, also in dem einen Falle viel geringfügiger werden muß als in dem andern. Eine einfache geometrische Betrachtung der beiden interferierenden, in Fig. 1 und 2 gezeichneten Strahlen lehrt nämlich, daß für die Phasendifferenz δ derselben in beiden Fällen die Gleichung $\delta = \frac{2d \cos i}{\lambda}$ gilt, wo d die Dicke der Schicht, λ die Größe der Wellenlänge in ihr und i der Winkel ist, welchen der sie durchsetzende Strahl mit der Normalen ihrer Grenzflächen bildet. In beiden Fällen muß mithin auch die Farbenverschiebung mit gleich stark zunehmendem inneren Einfallswinkel vollständig gleich verlaufen.

¹⁾ Brücke z. B. hat mehrfach die Annahme gemacht, daß gewisse Färbungen beim Chamäleon durch solche dünne parallelwandige Luftschichten verursacht würden.

Für $i = 0$, d. h. für senkrechten Auffall, erreicht δ seinen größten Wert $\delta_0 = \frac{2d}{\lambda}$; mit wachsendem Einfallswinkel ferner wird es immer kleiner, so daß sich also die Schicht dann, trotzdem der Weg des Strahles in ihr immer größer wird, dennoch wie eine immer dünnere verhält¹⁾, bis endlich für $i = 90^\circ$, aber natürlich nur dann, wenn i diesen Wert überhaupt erreichen kann, also nur bei dünnen Luftschichten, die Größe $\delta = 0$ wird, oder, mit anderen Worten, die Schicht sich wie eine unendlich dünne verhält. Eine solche zeigt nun aber im reflektierten Lichte bekanntlich das sog. Schwarz der ersten Ordnung (Mittelpunkt des Newtonschen Ringsystems); und

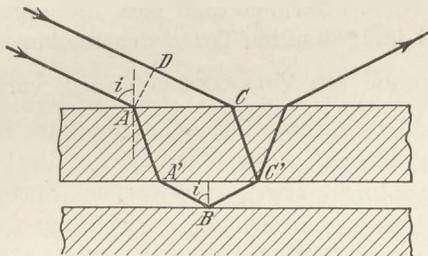


Fig. 1.

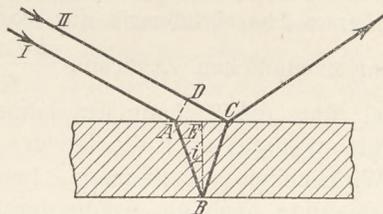


Fig. 2.

wir haben mithin die wichtige Regel, daß die Farbe einer dünnen Schicht, in welcher der innere Einfallswinkel zwischen 0 und 90° variieren kann, dabei unter allen Umständen, d. h. welches auch die Dicke der Schicht und welches demnach auch ihre Anfangsfarbe (für $i = 0$) sein mag, stets sämtliche Farbentöne des Newtonschen Ringsystems von jener Anfangsfarbe bis zum Schwarz der ersten Ordnung hin durchlaufen muß. Tatsächlich kann man denn auch an den Farben jenes Systems selbst beobachten, wie bei immer schrägerem Draufblicken das Schwarz der ersten Ordnung sich immer weiter nach außen hin ausdehnt.

Die Interferenzfarbe einer dünnen Luftschicht ändert sich demnach um so schneller mit dem Einfallswinkel, je höher hinauf ihre Farbe in dem Newtonschen Ringsystem liegt, d. h. je dicker die sie erzeugende Schicht ist. Der Farbenwechsel selbst verläuft dabei allerdings in demselben Sinne wie bei den Oberflächenfarben, nämlich im Spektrum vom Rot durch Gelb und Grün zum Blau hin; indessen ist hier eine Verwechslung beider Farbenarten vollständig ausgeschlossen, da eben bei der dünnen Luftschicht der Farbenton sich ganz außerordentlich viel schneller mit dem Einfallswinkel ändert als bei den Oberflächenfarben.

Viel eher dagegen ist dies bei der zweiten der oben genannten Arten der Farben dünner Blättchen möglich, wo das Blättchen aus einer stärker brechenden Substanz bestand und demnach der innere Einfallswinkel einen weit geringeren Spielraum hatte als bei den dünnen Luftschichten. Der Sinn der Farbenänderung ist nämlich auch dann natürlich derselbe wie oben und mithin auch derselbe wie bei den Oberflächenfarben; die Größe der Verschiebung dagegen wird jetzt erheblich kleiner als früher und kommt mithin derjenigen bei den Oberflächenfarben näher. Am meisten aber wird dies bei den dünneren Blättchen der Fall sein, bei denen auch hier aus denselben Gründen wie oben der Farbenwechsel kleiner ist als bei den dickeren.“

Soweit aus dem Text des Buches. Die darin gegebene Erklärung der hier in Rede stehenden Farbenänderung weicht allerdings von der VOLKMANNSCHEN etwas ab, und so möge dieselbe hier noch etwas näher erläutert werden. Die Figur 2, welche sich auf ein „wirkliches dünnes Blättchen“ bezieht, zeigt nämlich, daß die

¹⁾ Die Vergrößerung des Wegunterschiedes drinnen wird nämlich durch den draußen entstehenden mehr als aufgehoben.

beiden interferierenden Strahlen I und II bei schrägem Auffall eine Wegdifferenz DC in der äußeren Luft haben, welche bei senkrechtem Auffall nicht vorhanden ist, und daß der Strahl I dem Strahl II um diese Differenz voraus ist, so daß also die dadurch bewirkte Phasendifferenz von der in dem Blättchen bewirkten abzuziehen ist, und mitbin die wirkliche Phasendifferenz nicht $\frac{AB + AC}{\lambda_i}$, sondern $\frac{AB + AC}{\lambda_i} - \frac{DC}{\lambda_a}$ beträgt, wo λ_a und λ_i die Wellenlängen draußen und drinnen bedeuten. Kurz ausgedrückt, kann man also sagen, daß die für schrägen Auffall stattfindende Vergrößerung des Wegunterschiedes drinnen durch den draußen entstehenden mehr als aufgehoben wird, wie ja auch in dem Buche steht. Rechnet man sich die soeben abgeleitete Phasendifferenz aus, so erhält man dafür den im Texte des Buches angeführten einfachen Ausdruck $\frac{2d \cos i}{\lambda_i}$, der ja auch von VOLKMANN gefunden wurde. Dabei führt die Methode des letzteren zwar nicht unwesentlich schneller zum Ziel als die meinige; aber die letztere dürfte dafür den eigentlichen Grund für die hier in Wirklichkeit stattfindende, im ersten Augenblick etwas unerwartete Farbenverschiebung noch ein wenig deutlicher zum Bewußtsein bringen. Außerdem aber hat sie noch den Vorzug, ohne weiteres auch auf den Fall der dünnen Luftschicht (Fig. 1) anwendbar zu sein, indem dann die Phasendifferenz offenbar $\frac{A'B + BC'}{\lambda_a} - \frac{DC}{\lambda_a}$ ist, so daß also hier diese Differenz direkt proportional der Differenz $A'B + BC' - DC$ ist, von der man unmittelbar aus der Figur sieht, daß sie sich für sehr schrägen Auffall immer mehr der Null nähert, da dann $DC = AC$ und $AC = A'C' = A'B + BC'$ wird¹⁾.

Hamburg, physikalisches Staatslaboratorium, den 2. Februar 1909.

Über einen zuverlässigen Interferenzspiegel und ein einfaches Interferenzprisma.

Von

Wilhelm Volkmann.

Einer der unangenehmsten optischen Schulapparate ist der FRESNELSche Interferenzspiegel, denn es genügt ein äußerst kleiner Fehler in der Stellung der beiden Spiegel, um den Apparat unbrauchbar zu machen. Daher kommt es denn, daß die meisten in Schulsammlungen befindlichen Interferenzspiegel unbrauchbar sind, sei es, daß sie es immer waren oder nach kurzer Gebrauchsdauer wurden, und daß so mancher durchaus nicht unerfahrene Experimentator, nachdem er sich hin und her bemüht hat, die Erscheinung zu sehen, endlich sich entschließt, die Beugungsstreifen, die an jedem der Spiegelränder entstehen, für das Interferenzbild auszugeben und zu halten, obgleich diese unscharfen Streifen zur Beschreibung vom Aussehen der Interferenzlinien gar nicht passen.

MICHELSON und unabhängig von ihm einige andere haben Interferenzstreifen genau der gleichen Art mit zwei Spiegeln hervorgebracht, die nicht fast einen gestreckten, sondern fast einen rechten Winkel miteinander bildeten. Es werden hierbei

¹⁾ *Ann. der Redaktion.* Zu den letzten Ausführungen bemerkt Herr W. Volkmann: Er habe auch schon (a. a. O. S. 33) den Schluß gezogen, daß die Erscheinung in beiden Fällen wesentlich dieselbe bleibe. Zeichne man die Fig. 1 auf S. 32 für ein optisch dünneres Blättchen, so treffe unter Umständen das Lot nicht auf den Strahl selbst, sondern auf seine Verlängerung, d. h. l werde negativ und es sei dann:

$$k - l = k(1 - \cos[180^\circ - 2\beta]) = k(1 + \cos 2\beta).$$

durch je zweimalige Reflexion die beiden virtuellen Bilder erzeugt, die als Quellen kohärenten Lichtes für die Interferenz in Betracht kommen. Zur bequemen Benutzung dieser Methode, die mit Sicherheit immer die Streifen gibt, habe ich den im nachfolgenden beschriebenen Apparat gebaut.

Auf ein Brettchen (Fig. 1) von 12—15 cm Länge ist als Lager für eine der Glasplatten mit Siegellack in der heißen Ofenröhre ein Klötzchen aus dem RICHTERSchen Ankersteinbalkkasten¹⁾ gekittet. Am andern Ende ist ein Loch gebohrt, in dieses ein Kork und da hindurch eine Schraube gesteckt, in deren Schlitz als Handhabe ein Draht geklemmt ist. Der Kork gibt der Schraube eine sanfte Bewegung ohne jeden toten Gang. Auf der Schraube ruht ein zweites Brettchen, das an seinem unteren Ende zwei kleine Füßchen, etwa Siegellacktröpfchen, hat. Auf ihm ruht die zweite Glasplatte, und zwar ist es gut, wenn sie mit einer recht scharfen, glatten Bruchkante die andere Platte berührt. Gutes Material für diese Platten geben die Objektträger aus Spiegelglas ab, die man in Mikroskophandlungen vorrätig findet. Der ganze Apparat ist in der Figur mit einem untergekitteten Kork drehbar auf einem Glasstiel befestigt. Die Drehbarkeit ist nicht nötig, sie bietet nur die Bequemlichkeit, daß man den Stiel, nachdem man ihn aus dem Kork im Fußklotz gezogen hat, umlegen kann, so daß er dem Brettchen anliegt; der Apparat kann dann in einem kleinen Kasten verwahrt werden.

Zum Gebrauch des Apparates bedient man sich am besten einer elektrischen Glühlampe mit gespanntem Faden. Sie wird etwa 60 cm über dem Spiegel horizontal angebracht. Der Spiegel steht, mit der Berührungskante der beiden Glasplatten dem Lampenfaden parallel, unter und etwa 25 cm vor der Lampe (Lampe, Berührungskante und Auge in derselben Ebene). Man richtet ihn so aus, daß man den Lampenfaden doppelt sieht, der Berührungskante gleichlaufend und nur wenig davon nach links und rechts abstehend. Es ist dann der Winkel zwischen den Platten ein wenig kleiner als ein rechter. Die Lampe braucht sich durchaus nicht in der Halbierungsebene des Winkels zu befinden, fast der ganze Winkelraum ist verwendbar. Bringt man nun vor das Auge, das die Bilder der Lampe in der beschriebenen Weise sieht, eine schwache Lupe (5—10 cm Brennweite), so wird man sogleich die scharfen Interferenzstreifen erblicken. Mit der Schraube oder auch schon durch die geringe

Verbiegung des Holzes beim Berühren kann man nun den Winkel der Spiegel ändern und beobachten, wie sich dabei auch die Erscheinung ändert. Es ist nicht erforderlich, die Spiegel auf der Rückseite zu schwärzen, man wird sich diese Mühe jedenfalls erst machen, nachdem man sich ein recht gutes Plattenpaar ausgesucht hat; die Schwärzung braucht durchaus nicht undurchsichtig zu sein. Zur objektiven Darstellung ist der Spiegel nicht sehr bequem, die Erscheinung auch nicht sehr lichtstark; jedenfalls kommt nur Sonnen- oder Bogenlicht in Betracht. Aufstellung am besten: Lampe, Spalt, Spiegel, Schirm ohne irgendwelche Sammellinsen.

Das FRESNELSche Dachprisma ist für den Interferenzversuch nur zu brauchen, wenn die brechenden Winkel der beiden Hälften einige Bogenminuten nicht übersteigen, zugleich aber die Dachkante scharf ist. Das ist nun sehr schwer herzustellen;

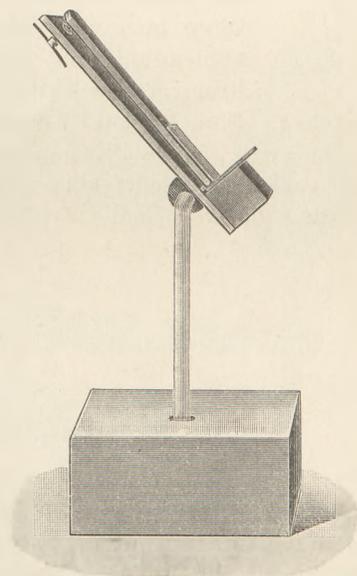


Fig. 1.

¹⁾ Diese Steine werden für einige Pfennige einzeln verkauft und sind ihrer Genauigkeit wegen vielfach gut zu brauchen.

bei der Politur wird sich die Kante gar zu leicht in störender Weise abrunden. ABBE hat darauf aufmerksam gemacht, daß man mit weit größeren brechenden Winkeln, also mit einem weit spitzeren Dach, arbeiten kann, wenn man das Prisma in eine Flüssigkeit taucht, deren Brechungsindex nur wenig geringer ist als der des Glases. Alle Fehler des Schliffs und der Politur sind unter diesen Bedingungen weniger nachteilig; man kommt ganz gut mit Stücken von facettierten Spiegeln aus, deren Versilberung man entfernt, wenn nicht die Facette sehr liederlich poliert ist. Solche Abfallstücke findet man in jeder größeren Glaserei. Man bedeckt nach Fig. 2 das Spiegelglas mit einem anderen Stück, das man etwas über die Facette vorragen läßt, und bringt einen Tropfen Terpentinöl dazwischen. Damit der Tropfen hängen bleibt,

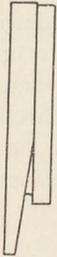


Fig. 2.

spannt man die Platten mit horizontaler Dachkante in die Klemme und muß natürlich auch einen horizontalen Spalt anwenden. Für subjektive Beobachtung bedient man sich einer schwachen Lupe. Bei objektiver Darstellung folgen Bogenlampe, Spalt und Prisma in einigen Zentimetern Abstand aufeinander, dann in einigen Metern Abstand der Schirm. Will man die Erscheinung vergrößern, so stelle man einen Meter nach dem Prisma eine starke konkave Zylinderlinse auf¹⁾; sie breitet das Licht nur nach oben und unten aus, während vergrößerter Schirmabstand es zugleich nach den Seiten hin ausbreiten, also viel mehr schwächen würde. Bei sorgfältiger Ablendung des Nebenlichtes kann man mit einer Lampe von 5 Amp. Stromverbrauch die Erscheinung hell genug für einen großen Hörsaal machen. Eine kleine Unsymmetrie der Streifen, bedingt durch den Umstand, daß nicht zwei gleiche Prismen, sondern eine Platte und ein Prisma aneinandergrenzen, ist vorhanden, stört aber nicht wesentlich. Je nach Abstand zwischen Spalt und Prisma ändert sich die Erscheinung in leicht erklärlicher Weise.

Ein neuer Uhrheliostat.

Von

W. Stephan, Oberlehrer am Kgl. Gymnasium in Burgsteinfurt.

Der im folgenden beschriebene Uhrheliostat ist aus dem Bestreben konstruiert, ein Instrument zu schaffen, welches durch die Einfachheit seiner Konstruktion und Handhabung besonders geeignet ist, bei Vorlesungs- und Schulversuchen Verwendung zu finden, andererseits aber infolge seiner präzisionsmechanischen Ausführung die bisher bekannten, kostspieligeren Uhrheliostaten auch bei wissenschaftlichen Arbeiten zu ersetzen imstande ist.

Die Figur zeigt das Instrument in perspektivischer Ansicht ($\frac{1}{5}$ nat. Gr.).

Die Azimutachse ruht auf dem Kernstück eines kräftigen, mit zwei Stellschrauben versehenen Dreifußes. Ein Durchbruch erlaubt, die in das Kernstück eingesetzte, zur Vertikalstellung dienende Dosenlibelle zu beobachten. An der Azimutachse ist der in Grade geteilte Kreisbogen zur Einstellung der Polhöhe befestigt. Derselbe trägt einen Schieber, in welchem die radial zum Kreisbogen verlaufende Stundenachse gelagert ist. Mit dem Schieber fest verbunden ist das arretierbare Uhrwerk, welches der Stundenachse durch Trieb und Zahnrad in 48^h eine Umdrehung im Sinne der Sonnenbewegung erteilt. Das untere Ende der Stundenachse ruht zur Erreichung eines sicheren und leichten Ganges mit gehärteter Spitze auf einer in das Uhrgehäuse eingesetzten polierten Stahlscheibe.

¹⁾ Der Optiker R. Arnoldi, Berlin NO 43, Neue Königstraße 42, hat mir eine solche Linse von 12 cm Länge und 4 cm Breite besorgt, die auch für objektive Beugungsversuche gut zu brauchen ist.

Das Zifferblatt ist an der Oberseite des Schiebers befestigt. Es trägt eine von Ost über Süd bis West reichende Teilung in halbe Grade und ist von 0 bis 24^h beziffert. Ein Teilungsintervall entspricht demnach einer Drehungszeit der Stundenachse von 4 min; die reichlich bemessene Größe des Teilkreises gestattet, noch auf Bruchteile des Intervalls einzustellen.

Die Ebene des Spiegels ist parallel zur Stundenachse gerichtet. Der Rahmen desselben ist auf den oberen, über das Zifferblatt herausragenden Teil der Stundenachse gesteckt und kann mittels Rändelschraube an derselben festgeklemmt werden. Der Spiegelrahmen trägt die mit Indexstrich versehene, zur Spiegelebene normale Alhidade. Die Feineinstellung erfolgt mittels eines aus der Bodenplatte der Uhr hervortretenden Rändelknopfes.

Zur bequemen Aufstellung des Heliostaten in der Meridianebene ist an der Rückseite des Spiegelrahmens eine Dioptereinrichtung angebracht.

Die Größe des rechteckigen Spiegels beträgt 10 zu 18 cm.

Um dem reflektierten Strahlenbündel jede gewünschte Richtung geben zu können, ist das Instrument mit einem allseitig beweglichen Hilfsspiegel von 12 cm Öffnung ausgestattet, dessen Trägerarm um die Azimutachse geschwenkt werden kann.

Es ist aber hervorzuheben, daß auch ohne Benutzung dieses Hilfsspiegels das nur einmal — vom Hauptspiegel — reflektierte Strahlenbündel horizontal gerichtet werden kann.

Die Wirkungsweise des Heliostaten ist diese:

Da die gemeinsame Drehungsachse der Sonne und des Spiegels in der Ebene des letzteren liegt, so bleibt das gespiegelte Bild der Sonne bei jeder Stellung des Spiegels mit dieser selbst in demselben Tagkreis. Die Winkelgeschwindigkeit der Sonne ist doppelt so groß als die des Spiegels; infolgedessen ist die relative Winkelgeschwindigkeit der Sonne gegen den Spiegel gleich der absoluten Winkelgeschwindigkeit des Spiegels selbst. Hieraus ergibt sich, daß das Bild der Sonne fest steht, also die Richtung des reflektierten Strahlenbündels unverändert bleibt.

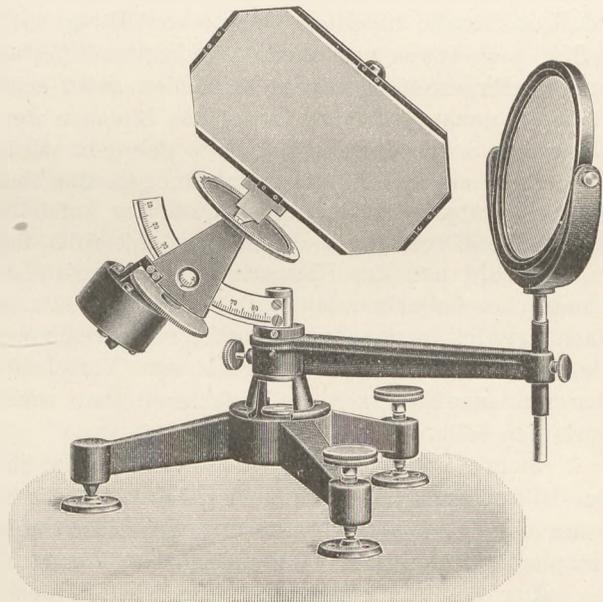
Man sieht ferner leicht, daß die Sonne und ihr gespiegeltes Bild auf einem Durchmesser des Parallelkreises liegen, wenn die Spiegelnormale in den Stundenkreis der Sonne fällt. Im ganzen folgt:

I. Die Sonne und ihr Spiegelbild haben gleiche Deklination.

II. Der Stundenwinkel des Sonnenbildes ist um 180° größer als derjenige der Sonne zur Zeit, in welcher ihr Stundenkreis die Spiegelnormale aufnimmt.

Soll also der reflektierte Strahl horizontal gerichtet sein, so ist die Spiegelnormale so einzustellen, daß sie entweder 12 Stunden vor Sonnenuntergang oder 12 Stunden nach Sonnenaufgang in den Deklinationskreis der Sonne fällt.

Die eingehende mathematische Theorie des Instruments bietet übrigens eine geeignete und interessante Aufgabe für den mathematisch-physikalischen Unterricht in der Prima.



Damit die Einstellung auf horizontale Richtung des reflektierten Strahls zu jeder Zeit nach einer einfachen Vorschrift ausgeführt werden kann, ist das Zifferblatt mit der schon angegebenen Einteilung und Bezifferung versehen. Die Vorschrift lautet:

Ist t die wahre Sonnenzeit des Gebrauchsortes, a die Zeit des wahren Sonnenaufgangs am betreffenden Tage, so ist die am Zifferblatt des Heliostaten einzustellende Uhrzeit gegeben durch:

$$\begin{aligned} t_1 &= t - a \\ t_2 &= t + a \end{aligned}$$

Hierbei ist die Zeit t , ebenso wie a , mit Mitternacht zu beginnen und bis 24^h durchzuzählen. Die Sonnenaufgangszeit berechnet sich nach bekannter Formel aus Deklination und Breite; für den praktischen Gebrauch wird sie einer dem Instrument beigegebenen Tabelle entnommen.

Um den Heliostaten aufzustellen und in Gang zu setzen, verfährt man wie folgt.

Die Stundenachse wird auf die Breite des Ortes eingestellt und der Schieber festgeschraubt. Nachdem das Uhrwerk aufgezogen ist, wird das Instrument auf die Unterlegscheiben gesetzt, zunächst annähernd in die Meridianstellung gebracht und mit Hilfe der Dosenlibelle nivelliert. Kurz vor Mittag wird der Spiegel so gestellt, daß der Index noch etwas vor dem 0-Punkt des Zifferblattes steht, das Uhrwerk ausgelöst und wieder arretiert, sobald der Index auf 0 zeigt. Um 12^h Mittags wird dann der Heliostat genau gerichtet, indem das Bildchen der Diopteröffnung auf den als Marke dienenden Strich der Auffangplatte gebracht wird.

Nach einmal erfolgter Einstellung in den Meridian können die Unterlegscheiben festgeschraubt werden. Bei wiederholter Aufstellung hat man dann nur nötig, die Spitzen des Dreifußes in die Körnerpunkte der Scheiben zu setzen.

Sobald nun das Uhrwerk in Gang gesetzt ist, bleibt das reflektierte Strahlenbündel bei beliebiger anfänglicher Spiegelstellung im Raume fest. Eine Einstellung nach der Deklination der Sonne ist zur Erreichung dieses Zweckes nicht erforderlich. Dagegen ist nach der oben gegebenen Vorschrift die Deklination durch Einführung der Sonnenaufgangszeit zu berücksichtigen, wenn der reflektierte Strahl horizontal verlaufen soll.

Steht der Heliostat vor dem Fensterladen, so wird das reflektierte Bündel mittels des Hilfsspiegels in das Zimmer geleitet. In diesem Falle wie im allgemeinen dann, wenn eine genaue Horizontierung der Lichtstrahlen nicht gefordert wird, kann der Hauptspiegel des Heliostaten auch ohne Benutzung des Teilkreises gestellt werden.

Der beschriebene Uhrheliostat wird in den Mechanisch-Optischen Werkstätten von R. Fueß, Berlin-Steglitz, als Präzisionsinstrument ausgeführt und kann von dieser Firma bezogen werden.

Schulversuche aus der Elektronentheorie.

Von

G. Mahler, Professor am Gymnasium zu Ulm a. D.

I. Einführung.

Die Elektronentheorie nimmt eine atomistische Struktur der Elektrizität an. Die kleinsten Teile der Elektrizität heißen nach Stoney Elektronen. Bis jetzt hat man nur negative Elektronen im freien Zustande, d. h. als selbständige Teilchen nachweisen können. Die wechselseitigen Kräfte zwischen den Elektronen haben ihre Ursache in Deformationen des zwischen ihnen befindlichen Äthers. — Ein neutrales Gasmolekül besteht aus der ponderablen Masse, die vielleicht auch elektrischer Natur

ist, und aus einer gewissen Anzahl von Elektronen. Durch Aufwand von Energie gelingt es, ein oder mehrere Elektronen von dem Molekül abzuspalten. Der Rest heißt ein positives Ion; umgibt sich das freigewordene Elektron mit neutralen Gasmolekülen, so entsteht das negative Ion. Positive und negative Ionen können selbständig eine Zeitlang existieren; sich selbst überlassen, vereinigen sich beiderlei Ionen wieder zu neutralen Molekülen. Der Prozeß der Abspaltung heißt Ionisation des Gases und die Ursache Ionisator. — Die Erscheinungen der Elektrolyse lassen sich durch die Annahme der elektrischen Dissoziation erklären. Danach zerfällt z. B. ein Molekül Na Cl zunächst in Na und Cl. Vom Natriumpartikel spaltet sich dann ein Elektron ab, das sich mit dem Cl vereinigt, so daß nach der Dissoziation ein positives Natrium-Ion und ein negatives Chlor-Ion vorhanden sind. Geht der galvanische Strom durch den Elektrolyten, so gibt das negative Ion, während es sich an der Anode ausscheidet, das überzählige Elektron ab, und das positive Ion nimmt bei der Berührung mit der Kathode von dieser ein Elektron auf; beide Ionen sind nun neutralisiert. — Der elektrische Strom innerhalb eines starren Leiters ist als eine Bewegung freier negativer Elektronen durch den Zwischenraum der Moleküle aufzufassen. Da die Metalle nicht bloß gute Leiter der Elektrizität, sondern auch der Wärme sind, so werden auch bei der Wärmeleitung die freien negativen Elektronen eine Rolle spielen. Nach der LORENTZschen Anschauung über das Wesen des Zeemaneffektes dürften die Elektronen auch die Erreger der Lichterscheinungen sein.

II. Untersuchungsmittel.

Im nachfolgenden sollen einige Versuche beschrieben werden, welche auf das Vorhandensein von Elektronen bzw. Ionen und deren Eigenschaften hinweisen. Als Untersuchungsmittel dienen ein Pendel mit isolierter Metallkugel, ein Elektroskop, ein Galvanometer, photographische Platten und elektroskopisches Pulver mit Gebläse. — Der Pendelfaden aus Seide soll 1 bis 2 m lang sein, das Holundermarkkugelnchen berührt im unelektrischen Zustand seitlich eine größere polierte hohle Metallkugel, die isoliert aufgestellt ist (Durchmesser ca. 10 cm). Teilt man der Kugel eine elektrische Ladung mit, so entfernt sich das Pendel von der Kugel. Aus der Verringerung des Ausschlags kann man auf das Verschwinden der Ladung schließen. — Das Elektroskop und das Galvanometer sollten empfindliche Instrumente sein. — Als photographische Platten dienen gewöhnliche, wie sie im Handel vorkommen. — Das elektroskopische Pulver besteht aus einem Gemenge von Mennige mit Schwefelblumen, das in einer Porzellanschale zu einem sehr feinen Pulver zusammengerieben wird. Hierauf bringt man das Pulver in das Glas eines Zerstäubungsapparates, aus dem es sich durch Luftdruck mittels eines Handgummigebläses auspressen läßt. Dabei wird Schwefel negativ, Mennige positiv elektrisch. (Es ist ratsam, das Steigrohr nur wenige Millimeter in das Pulver eintauchen zu lassen.)

III. Elektronen und Ionen in Gasen.

Versuch 1. Ionen werden durch glühende Körper erzeugt. Man erhitze in der Bunsenflamme einen Eisendraht, Platindraht, einen eisernen Schlüssel, einen LötKolben, einen Kohlenstab, wie er zur Erzeugung des Bogenlichts gebraucht wird, auf Rotglut und nähere bis auf etwa 12 cm den glühenden Körper rasch dem Elektroskop. Die Blättchen fallen sofort zusammen, wenn das Instrument negativ geladen war; nicht aber bei positiver Ladung. Demnach gehen von dem rotglühenden Körper hauptsächlich positive Ionen aus. Erhitzt man weiter bis zur Weißglut, so verschwindet der Ausschlag des Elektroskops, ob dieses negativ oder positiv geladen ist. Ein weißglühender Körper erzeugt somit positive und negative Ionen. — Das Elektroskop kann auch durch den Pendelapparat ersetzt werden. — Da die glühenden Körper sich an der Luft rasch abkühlen, so wird man besser daran tun, Metalldrähte mit

einem galvanischen Strom glühend zu machen. Zu diesem Zweck spannt man den Draht zwischen zwei kurzen Messingsäulchen mit Klemmschrauben über ein kleines rechteckiges Holzbrettchen in etwa 3 cm Entfernung parallel zur Ebene des Brettchens. — Der Versuch kann mit den verschiedenen Drahtarten gemacht werden; auch glühende Zigarrenasche wirkt.

Versuch 2. Ionen werden durch Flammengase erzeugt. Die Flamme eines Zündholzes, einer Kerze, eines Bunsenbrenners (leuchtend und nichtleuchtend), die Weingeist-, Benzin-, Petroleumflamme, das Auerlicht ohne Zylinder, brennender Magnesiumdraht etc. erzeugen positive und negative Ionen, so daß die Blättchen des Elektroskops zusammenfallen, ob dasselbe positiv oder negativ geladen ist; auch der Pendelausschlag verschwindet, gleichgültig, welcher Art die Ladung der isolierten Metallkugel ist, wenn man die Flamme dem Untersuchungsapparat bis auf etwa 15 cm nähert. Dabei kann man wahrnehmen, daß eine negative Ladung rascher als eine positive verschwindet.

Bemerkung. Die durch Flammengase erzeugten Ionen haben eine verhältnismäßig große Lebensdauer — bis zu 10 Minuten —, daher kann man sie eingehender untersuchen. Siehe die Versuche 3, 4, 5 und 6.

Versuch 3. Die Ionen gehen durch keinen Schirm von Papier, Eisenblech, engmaschigem Stoff oder Drahtnetz, nicht durch Glas, also auch nicht durch die Glaszylinder der Lampen. Davon überzeugt man sich, wenn man zwischen Flamme und Elektroskop einen solchen Schirm bringt.

Versuch 4. Die Ionen steigen mit den Flammengasen in die Höhe; senkrecht über ein Kerzenlicht oder die Stichflamme eines Bunsenbrenners bringe man ein positiv oder negativ geladenes Elektroskop. Die Blättchen fallen zusammen, auch wenn der Abstand zwischen dem Instrument und der Flamme 2 m beträgt.

Versuch 5. Die Flammengasionen lassen sich in jeder Richtung durch einen Luftstrom forttragen. Zur Erzeugung des Stromes benutzt man ein größeres Gebläse oder noch besser einen Blasetisch. Die Luft tritt aus einer etwa 40 cm langen, 2 cm weiten Glasröhre aus und bewegt sich mit ziemlicher Geschwindigkeit unmittelbar über eine Flamme hinweg. Bringt man das geladene Elektroskop in den Luftstrom, so reagieren die Blättchen noch, auch wenn das Instrument 2 und 3 m von der Flamme absteht. Der Versuch läßt sich wie folgt abändern.

Versuch 6. Das geladene Elektroskop *A* befindet sich in etwa 15 cm Abstand von einem Bunsenbrenner *B*. Die brennende Flamme würde auf diese kurze Distanz auf das Elektroskop wirken. Bläst man aber einen kräftigen Luftstrom senkrecht zur Richtung *AB*, zwischen *A* und *B* hindurch, so bleibt die Divergenz der Blättchen bestehen, auch wenn die Flamme angezündet wird; ein Beweis, daß die entstehenden Ionen von dem Luftstrom fortgeführt werden.

Versuch 7. Die beiden Arten der Flammengasionen lassen sich voneinander trennen. Nähert man eine Flamme, z. B. die einer Kerze, mit der Hand dem positiven

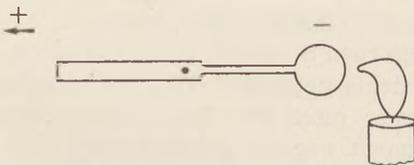


Fig. 1.

Konduktor der in Bewegung befindlichen Influenzmaschine, so wird die Flamme abgestoßen. Dabei vereinigt sich die positive Elektrizität des Konduktors mit der negativen Elektrizität der negativen Ionen, und die positiven Ionen der Flamme werden fortgetrieben. Von der Flamme geht sonach ein Strom positiver Ionen aus. Bringt man aber die Kerzenflamme in die Nähe des negativen Konduktors bei bewegter Maschine (Fig. 1), so wird die Flamme angezogen, oder sie wird breit fragezeichenartig deformiert. Die negative Elektrizität der Maschine vereinigt sich mit der positiven Elektrizität der positiven Gasionen, und die negativen Ionen erfahren eine Abstoßung; von der Flamme weg

geht ein Strom negativer Ionen. Diese Erscheinungen treten stets auf, so daß aus dem Verhalten einer Flamme gegen den geladenen Konduktor einer Maschine man immer rasch und richtig auf dessen Polarität schließen kann. — Mit den Strömen positiver bzw. negativer Ionen sollen nun einige Versuche angestellt werden (8, 9, 10).

Versuch 8. Ein unelektrischer isolierter Leiter wird von dem Strom der positiven Ionen sofort positiv geladen; man kann aus ihm einen Funken ziehen. Ein Elektroskop lädt sich alsbald. Ist ein Leiter drehbar und isoliert aufgestellt, so wendet er sich einem unelektrischen Körper, z. B. der Hand, zu, wenn der Ionenstrom auf ihn auffällt. Ein negativ geladenes Elektroskop verliert seine Elektrizität, sowie man es in den Strom der positiven Ionen stellt.

Versuch 9. Zu diesem Versuch benutze man eine Leidener Flasche, die an Stelle des kleinen, mit dem inneren Belag in leitender Verbindung stehenden Knopfes eine größere Kugel von ca. 10 cm Durchmesser trägt. Die Leidener Flasche stelle man so in den Strom der positiven Ionen, daß die Kugel getroffen wird. Nach kurzer Zeit ist die Flasche geladen, und man kann sie mit dem Entlader unter Funkenbildung entladen. Umgekehrt wird die geladene Flasche langsam im Strom positiver Ionen entladen, wenn der innere Belag negativ war.

Versuch 10. Über die Bahn der bewegten Ionen läßt sich durch diesen Versuch einige Auskunft erhalten. Eine Hartgummischeibe (*A*) von etwa 2 mm Dicke und 20 cm Durchmesser (Fig. 2) wird mit Alkohol gut gereinigt, dann auf der einen Seite mit Stanniol beklebt, getrocknet und durch eine Bunsenflamme gezogen, um jede Spur von Elektrizität zu entfernen. Ferner wird in die Mitte eines größeren Bogens aus Kartonpapier (*B*) mit dem Korkbohrer eine kreisrunde Öffnung von etwa 6 mm Durchmesser gestanzt. Hierauf stelle man die Kerzenflamme (*D*) dem negativen Pol (*C*) der ruhenden Influenzmaschine gegenüber — ca. 2—3 cm Abstand —, den Schirm *B* senkrecht zur Richtung *CD*, etwa 8 cm von *D* entfernt, so daß die Mitte der Öffnung des Schirms auf die Gerade *CD* fällt, und schließlich die Scheibe *A* einige Zentimeter hinter den Schirm, diesem die unbelegte Seite zuwendend. Man drehe jetzt die Influenzmaschine kurze Zeit und berühre gleichzeitig die Stanniolseite der Scheibe ableitend. Die durch die Öffnung gehenden negativen Ionen werden von der Scheibe aufgefangen, wodurch sie elektrisch wird. Um die Verteilung der Elektrizität auf ihr sichtbar zu machen, wird sie aus der Versuchsanordnung bei ruhender Maschine herausgenommen, von einem Ständer senkrecht gehalten und vor ihrer unbelegten Seite in etwa 30 cm Abstand das elektroskopische Pulver zerstäubt (Druck nicht zu groß!). Es zeigt sich auf der Scheibe ein scharfbegrenzter Kreis *E* von Mennige bedeckt; um diesen her läuft ein schmaler, leerer, konzentrischer Ring *F*, und der übrige Teil *G* der Scheibe ist hauptsächlich von Schwefel bedeckt. Da der Durchmesser des Mennigekreises größer ist, als die geradlinige Fortpflanzung der Ionen fordert, so hat man noch eine gegenseitige seitliche Abstoßung der Ionen anzunehmen. Macht man den Versuch mit dem positiven Konduktor der Maschine, so ist *E* mit Schwefel und *G* mit Mennige bedeckt; *F* bleibt auch diesmal leer. — Recht hübsch wird das Bild, wenn der Schirm mehrere Öffnungen hat, wie z. B. eine Sirenscheibe. Dann läßt sich auch eine starke Verzerrung der zentralen Kreise auf der Scheibe konstatieren.

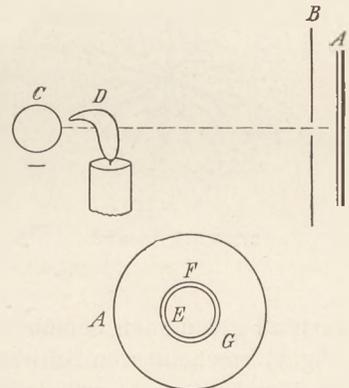


Fig. 2.

Versuch 11. Die Elektronen des Lichtbogens lassen sich durch ein Magnetfeld ablenken. Geht im vertikalen Lichtbogen der Strom von unten nach oben, und stehen die Kraftlinien des Feldes senkrecht dazu etwa von vorn nach hinten, so wird der

elektrische Bogen nach links abgelenkt. Zu dem Versuch benutze man einen Handregulator und zwei Stabmagnete. Ein kräftiges Magnetfeld kann sogar den Bogen auslöschen.

Versuch 12. Sehr kräftig wirkende Ionen erhält man durch Röntgenstrahlen. Die von ihnen in der Luft erzeugten Ionen sind positiv und negativ geladen. Schon in einer Entfernung von 1 bis 2 m von einer arbeitenden Röntgenröhre fallen die divergierenden Blättchen eines Elektroskops zusammen, gleichgültig, ob es positiv oder negativ geladen wurde. Wie die Flammengasionen lassen sich auch diese Ionen auf größere Distanzen durch einen Luftstrom fortblasen.

Versuch 13. Die Eigenart der bei der Funkenentladung auftretenden Ionen läßt sich am ehesten an den durch sie erzeugten Lichtenbergschen Figuren studieren. Um letztere sicher und recht deutlich hervorzurufen, benutzt man die bei Versuch 10 erwähnte Ebonitscheibe, die man vor jedem Versuche durch die Bunsenflamme ziehe. Die beiden Konduktoren einer Influenzmaschine werden in einer gegenseitigen Entfernung von 3 bis 4 cm geladen. Alsdann wird die nicht belegte Seite der Hartgummi-scheibe ganz kurz in Berührung mit den Kugeln gebracht, während man mit den Fingern die Stannielseite ableitet. Hierauf wird vor der nichtbelegten Seite der

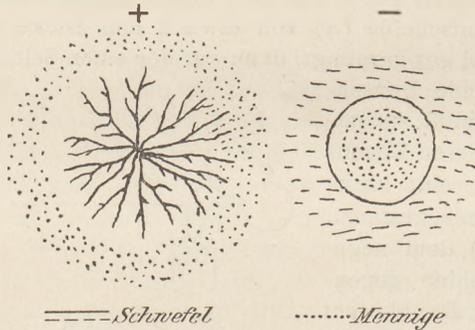


Fig. 3.

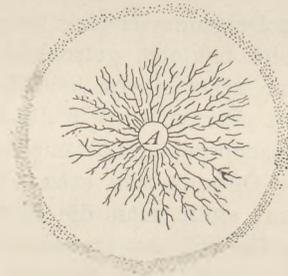


Fig. 4.

vertikal gehaltenen Scheibe das elektroskopische Pulver zerstäubt. Die positive Figur (Fig. 3) erscheint von Schwefel, die negative von Mennige aufgezeichnet. — Dreht sich die Maschine noch, während die Ebonitscheibe auf dem Konduktor aufliegt, so wird die Verästelung der positiven Figur äußerst reich; auch die negative Figur zeigt verwickeltere Verhältnisse, beide Figuren gehen ineinander über, und die einzelnen Fiedern sind von sehr schmalen leeren Streifen eingerahmt.

Versuch 14. Anders gestalten sich die Figuren bei der Spitzenentladung. Der eine Konduktor der Influenzmaschine wird abgeleitet, der andere endet in eine feine Metallspitze, etwa eine scharfe Spitze einer dünnen Nähnadel. Die gut gereinigte und durch die Bunsenflamme gezogene Ebonitscheibe wird so an einem Träger aufgestellt, daß sie von der Nadelspitze auf der nichtbelegten Seite in einem markierten Punkte *A* berührt wird und senkrecht zur Nadel steht. Nun versetzt man die Influenzmaschine kurze Zeit in Tätigkeit und berührt währenddem die Stannielseite der Scheibe ableitend. Sowie die Maschine ruht, nimmt man die Ebonitscheibe weg und zerstäubt vor ihr das elektroskopische Pulver. War die Nadelspitze der negative Pol, so erscheint auf der Scheibe ein Kreis um das Zentrum *A* bedeckt mit Mennige; beim positiven Pol aber zeigt sich ein leerer Kreis um *A*, von dessen Umfang gefiederte Strahlen, vom Schwefel dargestellt, nach allen Seiten ausgehen. — Die Kreise haben in der Regel 2 cm Durchmesser (Fig. 4).

Versuch 15. Die Elektronen der Glimmentladung. Läßt man den Funkenstrom eines Induktoriums oder einer kräftigen Influenzmaschine durch eine Vakuumröhre gehen, so tritt unter den bekannten Bedingungen die Schichtung des positiven Lichtes

auf. Diese Schichten werden von einem Magnetfeld leicht beeinflusst. Sie lassen sich durch das Kraftfeld verschieben, knicken, ihre Intensität kann an beliebiger Stelle erhöht oder abgeschwächt werden. Die Ablenkung geschieht stets im Sinne der linken Handregel. — Der Versuch gelingt leicht mit zwei Stabmagneten.

Versuch 16. Die Kathodenstrahlen werden von einem Magnetfeld wie bekannt abgelenkt.

Versuch 17. Kathodenstrahlen laden die getroffene Glaswand negativ elektrisch. Um dies nachzuweisen, erzeuge man die Kathodenstrahlen in einer kugelförmigen Vakuumröhre, wo sie von einer Hohlkathode ausgehen. Sie erregen auf der gegenüberliegenden Glaswand einen kreisförmigen Fluoreszenzleck von 2–3 cm Durchmesser. Verstäubt man nun vor der Röhre, solange sie in Wirksamkeit ist, das elektroskopische Pulver, so zeigt sich nach der Unterbrechung des Stromes folgendes Bild: Die Fläche des Fluoreszenzkreises ist dicht mit Schwefel bedeckt; um diesen vollen Kreis zieht sich ein schmaler, leerer, konzentrischer Ring, und dann folgt wieder Schwefelstaub, der jedoch nicht so dicht liegt wie auf dem Fleck. Daraus folgt, daß die Außenwand der Röhre durch Influenz der negativen Innenwand positiv elektrisch wird, hauptsächlich an der Stelle, wo die Kathodenstrahlen auftreffen. Bemerkenswert ist der freie Hof.

Versuch 18. Der Edisoneffekt. Zu diesem Versuch ist eine Glühlampe von besonderer Konstruktion notwendig. Der Kohlenbügel ist einfach, ohne Schleife, und zwischen den beiden Teilen des Bügels befindet sich ein rechteckiges Metallblech, dessen Ebene senkrecht zur Bügelebene verläuft (Fig. 5). Das Blech ist vom Bügel isoliert, steht aber in leitender Verbindung mit einer dritten Klemme am Fuße der Lampe. Die Glasbirne selbst ist hoch evakuiert. Geht nun ein Strom durch den Bügel, so sendet er im glühenden Zustande Elektronen aus, die von dem Metallblech z. T. aufgefangen werden. Dieses lädt sich also negativ. Legt man daher eine Leitung von der positiven Lampenklemme zu der dritten Klemme, so zirkuliert darin ein Strom, solange die Lampe glüht. Dieser läßt sich durch ein empfindliches Galvanometer nachweisen. Kein Strom oder ein sehr schwacher Strom wird erhalten, wenn die dritte Klemme mit dem negativen Pol der Lampe verbunden wird.

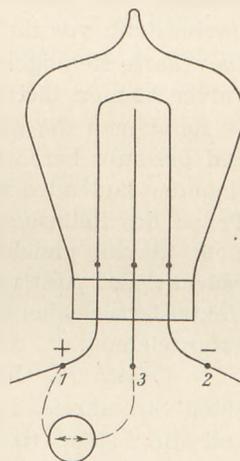


Fig. 5.

Versuch 19. Radioaktive Körper senden β -Strahlen (Elektronen) aus, die auf die photographische Platte wirken. Zu den radioaktiven Körpern gehört auch Thorium, und Thoroxyd findet sich in den Glühkörpern des Auerlichtes. Man sammle die Reste zerbrochener Glühkörper, reinige sie und pulvere sie fein. Im Dunkeln (bzw. bei rotem Lichte) wird dann eine photographische Platte in schwarzes Papier gehüllt und wagrecht in eine Schachtel aus Pappe mit der empfindlichen Schichte nach oben gebracht. Auf die Platte legt man hierauf einige Münzen und siebt das Thoroxyd gleichmäßig über die ganze Platte einschließlich der Münzen. Die Schachtel wird verschlossen und $1\frac{1}{2}$ Tage an einem dunklen Ort aufbewahrt. Nach dieser Zeit kann man entwickeln und fixieren. Die Schattenbilder sind recht scharf, besonders dann, wenn zwischen Platte und Münze kein Pulver fiel.

Versuch 20. Phosphor ionisiert die Luft. Ein erbsengroßes Stückchen Phosphor wird unter Wasser von der Stange abgeschnitten, aus dem Gefäß herausgenommen und rasch abgetrocknet. Nähert man dasselbe einem geladenen Elektroskop, so fallen die Blättchen zusammen, ob die Ladung positiv oder negativ war.

Versuch 21. Wirkungen der Gasionen. Bringt man die Ionen in eine Funkenstrecke, so gehen die Funken auf eine Distanz über, die vorher für die Entladung

zu groß war. Der Versuch kann mit den Flammengasionen an der Funkenstrecke einer Influenzmaschine gemacht werden oder mit Ionen, die Röntgenstrahlen erzeugen und auf die Funkenstrecke eines kleinen, durch 1 bis 2 Bunsenelemente betriebenen Induktors fallen.

Versuch 22. Luftionen sind stets und überall vorhanden, besonders in den Kellerräumen der Häuser. Ein Elektroskop wird an diesen Orten rascher entladen als in den oberen Stockwerken. — Da die Ionen nach ihrer Entstehung nicht sofort wieder durch Vereinigung verschwinden, so dürfen Versuche über Ionen an einem und demselben Orte nicht zu rasch aufeinander folgen. Man kann auch Fenster und Türen öffnen, um durch Zugluft die Ionen fortzuführen.

IV. Ionen in starren Körpern.

Versuch 23. Ionen entstehen durch Reibung. Zu dem Versuche benutze man die in Nr. 10 beschriebene Hartgummischeibe. Sie wird gut mit Alkohol gereinigt und durch die Bunsenflamme gezogen. Hierauf fahre man mit der Spitze eines dünnen Holz- oder Glasstabes leicht über die freie Seite der Scheibe hin und zerstäube dann vor ihr das elektroskopische Pulver. Die soeben beschriebene Bahn tritt als scharfe Mennigelinie sehr deutlich hervor, während sonst nirgends an der Scheibe Pulver hängen bleibt. Es ist demnach die Scheibe längs der Linie negativ geladen. — Reibt man die gut gereinigte Ebonitplatte mit Seidennappe oder einem Katzenpelz und bestäubt hernach die Platte, so sieht man auf der Scheibe eine Unzahl von durcheinander laufenden Mennigekurven, wie sie eben beim Reiben von den hervorragenden Teilen des Reibzeugs beschrieben worden sind. Die Platte wird daher beim Reiben nicht überall gleich stark elektrisch, ja man findet auch Stellen, die mit Schwefel bedeckt, also positiv geladen sind. — Ebenso kann man die Glasscheibe einer Reibungselektroskopmaschine untersuchen; die Kurven sind deutliche Kreislinien, durch Schwefel aufgezeichnet.

Versuch 24. Ionen werden durch Wärme in Wirksamkeit versetzt. Man bilde einen Stromkreis, in den ein Galvanometer (muß nicht besonders empfindlich sein) und die beiden Kohlen einer Bogenlampe für Handregulierung eingeschaltet sind. Bei Berührung der Kohlen zirkuliert selbstverständlich kein Strom, da die Stromquelle fehlt. Nun entferne man die eine Kohle von der anderen und erhitze die eine mit der Bunsenflamme. Bringt man jetzt beide Kohlen wieder zur Berührung, so zeigt das Galvanometer einen elektrischen Strom von der warmen zur kalten Kohle an.

Versuch 25. Der Halleffekt. Die Elektronen, welche den elektrischen Strom bilden, werden von einem Magnetfeld aus ihren Bahnen abgelenkt. Eine rechteckige Glasplatte wird auf die bekannte Weise mit Blattgold oder Blattwismut belegt. Den Strom eines Elements lasse man sodann mit Hilfe von Klemmschrauben in den Mitten der Kurzseiten des Rechtecks ein- bzw. austreten. Ferner schließe man einen zweiten Leitungskreis in den Mitten der Langseiten an und schalte in diesen Kreis ein empfindliches, auf 0 eingestelltes Galvanometer ein. Bleibt die Nadel auf 0 stehen, so haben die Mitten der Langseiten gleiche Potentialdifferenz, und der Apparat ist zum Gebrauch fertig. Entfernt sich aber der Zeiger aus der Rubelage 0, so hat man eine Klemme der Langseite so weit zu verschieben, bis der Zeiger auf die Nullage zurückgeht. Hat man dies erreicht, so lasse man senkrecht zur Platte ein starkes Magnetfeld wirken, und man wird alsbald einen deutlichen, konstanten Ausschlag des Zeigers beobachten können. Die Wismutplatte mag 6 cm lang, 4 cm breit und 0,5 mm dick sein; Stärke des Magnetfeldes etwa 1200 Einheiten.

Über einige mit dem Wehnelt-Unterbrecher angestellte Versuche.

Von

Dr. K. Bergwitz (Braunschweig).

Zu den Versuchen von E. THOMSON¹⁾, die er in der *Electrical World* von 1887 beschrieben hat, und die auf der Weltausstellung in Paris 1889 großes Aufsehen erregten, wird bekanntlich der Strom einer Wechselstrommaschine benutzt. Will man also diese Versuche nachmachen, so muß man Wechselstrom zur Verfügung haben. Nun ist aber ein Schullaboratorium nicht immer in der glücklichen Lage, an ein Wechselstromnetz angeschlossen zu sein oder gar eine Wechselstrommaschine genügender Stärke zu besitzen, obwohl ja bei der jetzigen enormen und sicher noch steigenden Bedeutung der Wechselstromtechnik es notwendig wäre, daß wenigstens in den Oberklassen der Oberrealschule die wichtigsten Gesetze des Wechselstroms theoretisch wie experimentell behandelt würden. Es ist daher von großer Wichtigkeit, daß man mit Hilfe einer Gleichstrombogenlampe, die parallel zu einem Kondensator und einer Selbstinduktion geschaltet ist, leicht [aus Gleichstrom Wechselstrom erzeugen kann. Die Schaltungsweise ist bekanntlich zuerst von DUDDEL²⁾ angegeben, unabhängig davon aber auch von Prof. PEUKERT³⁾ gefunden worden. Letzterer beschreibt eine Anzahl schöner Versuche, die er mit Hilfe der erwähnten Schaltungsweise angestellt hat, und die gerade die charakteristischen Eigenschaften des Wechselstroms zeigen, nämlich die der Impedanz und der induktiven Abstoßung.

Bei diesen Versuchen erkennt man aus dem hohen Ton des pfeifenden Lichtbogens bald, daß es sich hier um [hochfrequente Wechselströme handelt, da ja die Schwingungszahl des Tones gleich der des Wechselstroms ist. Eine Verkleinerung derselben erreicht man bekanntlich in bequemster Weise durch Vergrößerung der Kapazität. — Prof. PEUKERT benutzt zu seinen Versuchen beinahe 8 M. F. Wenn aber die Versuche mit noch langsameren Schwingungen ausgeführt werden sollen, damit sie um so sicherer gelingen, damit ferner dem Wechselstrommagneten genügende Energie zugeführt und der Lichtbogen etwas größer gewählt werden kann, muß man noch größere Kapazitäten, etwa 15 M. F., wählen, also eine Kapazität, die in einem Schullaboratorium wohl zu den Wünschen des Lehrers gehört, aber nicht oft vorhanden sein möchte.

Ich habe deshalb diese Versuche mit Hilfe eines Wehnelt-Unterbrechers angestellt. Bei einiger Aufmerksamkeit gelingen sie ohne irgend welche Schwierigkeit. Da an den Unterbrecher bei diesen Experimenten große Anforderungen gestellt werden, sowohl was Stromstärke wie Zeitdauer seines Arbeitens anbelangt, so soll der von mir verwendete zunächst kurz beschrieben werden⁴⁾. Ein sehr großer Trog

¹⁾ El. Thomson, Novel Phenomena of alternating currents. *Electrical World*, 28. V. 1887.

J. H. Fleming, *Proc. Royal Inst.* 13, 1890—1892.

ETZ. XIV, H. 17, 1893.

S. Thomson, *The electromagnet*. Deutsch von Grawinkel, 1894. Vgl. diese Zeitschrift III, 38; VI, 256.

²⁾ W. Duddel, *The Electrician*, 1178.

³⁾ W. Peukert, ETZ. XXII, H. 23, 1901.

⁴⁾ Nachdem ich bereits diese Abhandlung eingesandt hatte, machte mich der Herr Herausgeber darauf aufmerksam, daß zu den Thomsonschen Versuchen der Wehnelt-Unterbrecher bereits von A. Winderlich benutzt ist (Dissertation, Greifswald 1905, vergl. diese Zeitschrift 20, 253). Auch Max Kohl erwähnt in seinem Kataloge 1908, daß man die elektrolytischen Unterbrecher zu diesen Versuchen benutzen kann. Trotzdem glaube ich die nachbeschriebenen Versuche veröffentlichen zu sollen. Die vollständige Angabe der anzustellenden Versuche und einige Fingerzeige dafür werden gewiß manchem willkommen sein. Außerdem kann man sich den ganzen Apparat billig selbst herstellen.

wird mit Wasser gefüllt. Seinen Boden bildet eine Bleiplatte. Schräg zu ihr geneigt steht ein durchlöcherteres, durch einen Keil verstellbares Porzellanrohr, wie es von der Firma H. Schomburg¹⁾ als Hochspannungsisolator in den Handel gebracht wird. Durch die Öffnung steckt man einen angespitzten Nickeldraht und befestigt ihn mit Hilfe eines Korkes im oberen Teil des Rohres. Beigefügte Figur 1 möge die Beschreibung ergänzen. Figur 2 soll das Schaltungsschema darstellen. Wenn man übrigens den Draht entfernt und statt desselben ein Bleirohr in die Porzellanröhre schiebt, so erhält man in einfachster Weise den Simon-Unterbrecher.

Den Wehnelt-Unterbrecher legt man nun mit Vorschaltung eines kleinen Regulierwiderstands direkt an die Zentrale von 220 Volt und schaltet mit ihm eine Selbstinduktion in Serie. Diese ist eine Spule, die aus einem 2 mm dicken, isolierten Kupferdraht hergestellt ist. Die 32 Windungen sind scheibenförmig gewickelt und enthalten je 12 Windungen. Der Widerstand beträgt etwa 2 Ohm. Das Innere der Spule bildet ein 14 cm langer Eisenkern, der aus dünnen lackierten Eisendrähten besteht. Sein Durchmesser beträgt 5 cm.

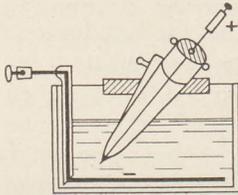


Fig. 1.

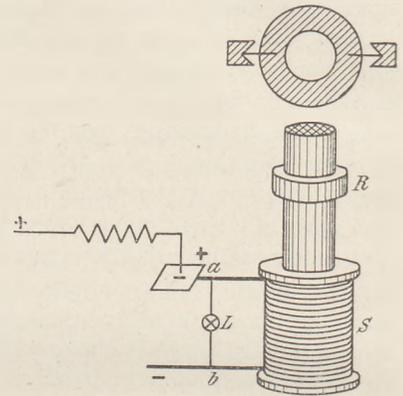


Fig. 2.

Schaltet man den Strom ein und träufelt vorsichtig verdünnte Schwefelsäure in den Wassertrog, so wird man bald, eventuell auch durch Regulierung des Unterbrechers selbst, die günstigste Stromstärke und Unterbrechungszahl für die einzelnen Versuche erhalten. Die Versuche, die mit dieser Einrichtung angestellt wurden, und deren Erklärung sich wohl von selbst ergibt, sind nun folgende:

1. Schiebt man über den Eisenkern einen Aluminiumring R (Fig. 2), so fängt der Ring bekanntlich an zu tanzen. Schaltet man plötzlich aus, so fliegt er im hohen Bogen vom Kern ab. Vorteilhaft ist es hierfür, auf den Eisenkern noch einen gut polierten Weicheisenzylinder zu setzen. Jetzt legt man Kern und Spule wagerecht und läßt den Ring an einem langen Faden frei über dem Eisenkern dicht vor der Spule schweben. In diese steckt man eine Stecknadel, um die sich ein Strohalm als zweiarmiger Hebel drehen kann. Befestigt man an seinem unteren Ende und dem Ringe einen starren Draht, so bewegt sich der längere obere Teil des Halmes hin und her. Man hat so ein Modell eines induktiven Wechselstrommessers, wie er nach den Angaben von PEUKERT in der Praxis benutzt wird.

2. Der Aluminiumring wird durch einen aufgeschnittenen ersetzt. Dieser bleibt dann bei Einschaltung des Stromes ruhig liegen.

3. Es wird Versuch 1 wiederholt, nur läßt man einen Schüler den Ring festhalten. Es dauert nicht lange, dann gibt er ihn frei, da er zu heiß wird. Man kann den Ring auch durch kurze Fäden an der Spule befestigen, die man mit etwas Wachs an den Ring klebt. Dieser hebt sich unter Einwirkung des Stromes, spannt die Fäden und bleibt so stehen; dann schmilzt das Wachs, und er steigt in die Höhe. Noch einfacher ist es, den Ring mit einem Thermoskopblättchen zu umgeben.

4. Lötet man zwei Zinkringe in geringem Abstände unten hart zusammen, füllt den Zwischenraum mit Alkohol oder Wasser aus und schiebt sie über den Eisenkern, so wird die Flüssigkeit heiß und fängt nach einiger Zeit an zu kochen. Schneller und mit geringeren Stromstärken kommt man zum Ziele, wenn man die warm

¹⁾ A. Schomburg & Söhne, 1907. Roßlau i. A.

gewordene Substanz in den Rezipienten eines Doppelthermoskops gießt, das in bekannter Weise die Erwärmung anzeigt.

5. Es werden zwei gleiche Aluminiumringe über den Kern gelegt. Beide beginnen zu tanzen. Ergreift man nun den einen und bewegt ihn ein kleines Stück in der Richtung der Magnetachse, so folgt ihm jedesmal der andere.

6. Eine dicke Kupferscheibe wird leicht drehbar um einer Achse so befestigt, wie es nebenstehende Figur 3 zeigt. Die Spule S wird dabei etwas höher gestellt. Bringt man ganz dicht über die Scheibe eine Eisenmasse E an und schaltet den Strom ein, so dreht sich die Kupferplatte um ihre Achse. Einfacher ist der Versuch so: Den halben unterteilten Eisenkern bedeckt man mit einer Metallscheibe; darauf setzt man ein rundes Pappschälchen, dessen Boden gut mit Quecksilber bedeckt ist. Auf diesem schwimmt ein Kork mit einer Fahne.

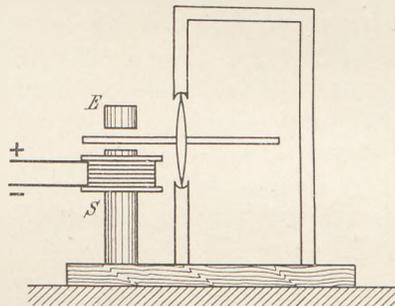


Fig. 3.

7. Aus Kupferblech schneidet man einen Kreisring aus, so daß er bequem über den Kern geht, ohne die Spule zu überragen. An zwei diametral gegenüberliegenden Punkten lötet man zwei Nähnadeln an, deren Spitzen sich in zwei Glasvertiefungen einer Holzgabel leicht drehen lassen. Schiebt man den Kupferring über den erregten Kern, so stellt sich seine Ebene parallel zu der der Spule; hebt man ihn, so daß er sich über dem Magneten befindet, so strebt er darnach, sich senkrecht zur Spulenebene zu stellen (Fig. 2).

8. Eine zweiarmige Wage wird so aufgestellt, daß eine der Metallschalen gerade über dem Magneten schwebt. Wird der Strom eingeschaltet, so wird sie stark abgestoßen. Durch Gewichte kann man dann bei verschiedenen Primärstromstärken und Wechselzahlen das Gleichgewicht herstellen.

9. Über den Eisenkern legt man eine zweite Spule aus dünnem Draht und befestigt an seinen Enden eine Glühlampe. Sobald der Wehnelt-Unterbrecher zu arbeiten anfängt, glüht bekanntlich die Lampe.

10. Zuletzt erwähne ich einen komplizierteren Versuch. Man legt zwischen die beiden Punkte a und b (siehe Figur 2) eine Glühlampe L von 220 Volt und schaltet den Strom ein, ohne daß der Eisenkern sich in der Spule befindet. Der Wehnelt-Unterbrecher arbeitet dann allerdings unregelmäßig. Man sieht, daß die Lampe nur dunkelrot aufglüht. Jetzt bringt man den Eisenkern in die Nähe, die Lampe wird heller, um dann, sobald der Kern die Spule vollständig ausfüllt, normal zu brennen. Zur Erklärung dieses Versuches möchte ich nur hinzufügen, daß man die Impedanz hier in mehrfacher Weise ändert. Den einen Grund erkennt man ja sofort aus dem sich ändernden Tone des Unterbrechers, das ist die veränderte Wechselzahl.

Kleine Mitteilungen.

Über eine Kassette zur Verwendung von Pauszeichnungen im Projektionsapparat.

Von E. Hering in Düsseldorf.

Die Benutzung der auf photographischem Wege hergestellten Diapositive zur Projektion von Lichtbildern ist vorteilhaft und allgemein gebräuchlich, indessen auch kostspielig, namentlich wenn die Platten nicht mit eigenen Mitteln hergestellt werden

können. Eine sowohl billigere als einfachere Methode zur Darstellung der Bilder läßt sich in allen Fällen anwenden, bei denen das zu projizierende Bild einfacher Art ist, besonders wenn es nur Linien enthält; sie besteht in der Verwendung von Pauszeichnungen. Gerade für wissenschaftliche Zwecke können diese sehr ausgiebigen Gebrauch finden und die Diapositive meist vollständig ersetzen. Unter Bildern einfacher Art verstehe ich hierbei in erster Linie solche, welche sich leicht mittels Durchpausens von Abbildungen aus Lehrbüchern, Bilderatlanten u. dgl.

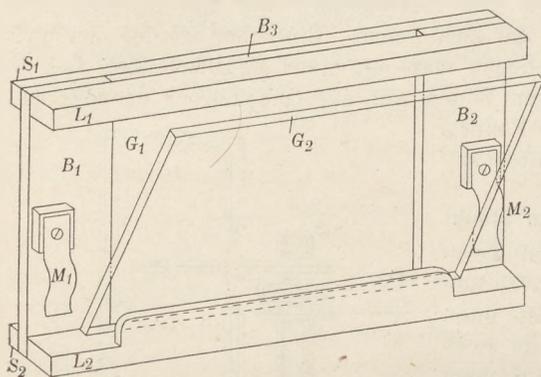


Fig. 1.

Zweck, das Papier mit der Zeichnung plan zu halten. Sie besteht der Hauptsache nach aus zwei Glasplatten G_1 und G_2 (Fig. 1), welche dicht gegeneinander gepreßt werden können. Die eine von ihnen, G_1 , ist fest montiert, die andere, G_2 , läßt sich um einen kleinen Winkel gegen die erste neigen. Wie diese befestigt ist, geht aus den Figuren 2 und 3 hervor, welche die erste zeigen. Die beiden Holzleisten L_1 und L_2 werden an den Enden mittels zweier Brettchen B_1 und B_2 in der durch die Figuren 1 und 2 angedeuteten Weise zusammengehalten.

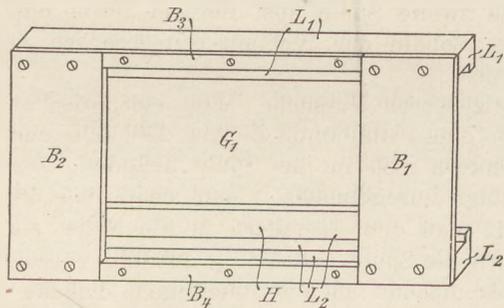


Fig. 2.

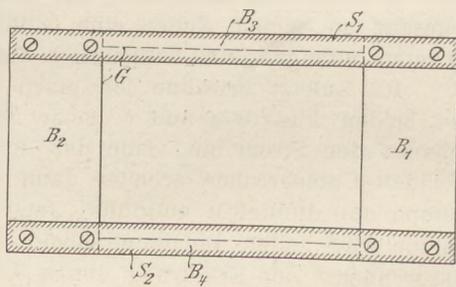


Fig. 3.

Zwischen diesen Brettchen ist die Glasplatte G_1 genau passend eingelegt; sie bedeckt oben und unten zur Hälfte die freien Leistenteile (Fig. 2), während die andere Hälfte derselben durch zwei auf sie aufgeschraubte Brettchen B_3 und B_4 ausgefüllt wird. Die Glasplatte G_1 und die Holzteile B haben die gleiche Dicke. Längs der oberen und unteren Kante des ganzen Rahmens erstrecken sich zur vollständigen Fixierung der Platte zwei Holzstreifen S_1 und S_2 (Fig. 1 und 3), welche an den Brettern B_1 und B_2 angeschraubt sind und die Glasplatte gegen die Leisten L andrücken. Die Befestigung vermittelt der Schrauben ermöglicht eine leichte Auswechslung der Glasplatte für den Fall, daß dieselbe einmal defekt werden sollte. Dicht hinter die Scheibe G_1 , unmittelbar auf die Leiste L_2 , wird die zweite Glasplatte gestellt. Ehe das Papier mit dem Bilde eingelegt wird, hat sie die gegen die Platte G_1 geneigte

Stellung der Fig. 1, d. h. sie berührt unten die Scheibe G_1 und lehnt sich etwas weiter oben gegen den erhöhten Teil H der Leiste L_2 an. Die Zeichnung wird nun zwischen die geneigten Platten gebracht und hierauf die Scheibe G_2 mittels zweier drehbarer Messingfedern M_1 und M_2 (Fig. 1) gegen die andere angedrückt. In der Regel genügt hierzu auch schon die Benutzung einer der Federn. Die bewegliche Platte ist beträchtlich länger als die stabile, damit die Federn jene an den Enden gegen die Bretteile B_1 und B_2 andrücken, wodurch erreicht wird, daß die Federn im Bilde unsichtbar sind. Aus schwarzem Dunkelkammerpapier lassen sich leicht Blenden schneiden, welche, mit der Zeichnung eingelegt, dem Lichtbilde die gewünschte Form und Größe der Begrenzung geben; jedoch sind diese im allgemeinen entbehrlich.

Bei Benutzung von Pauszeichnungen ist keine starke Belichtung erforderlich; sie lassen sich selbst bei Petroleumbeleuchtung im Projektionsapparate verwenden, wenn sie auf nicht allzu dickem Pauspapier zur Ausführung gebracht sind; in letzterem Falle können selbst Bleistiftzeichnungen mit Erfolg benutzt werden. Das Pauspapier der einzelnen Bilder braucht im allgemeinen nur so groß zu sein wie die Zeichnung, indessen wählt man der Bequemlichkeit halber die Größe entsprechend derjenigen der Kassette. Die Aufbewahrung der Pausen geschieht am geeignetsten in niedrigen Kästchen, in welchen sie mit einem Glasdeckel beschwert werden, oder in steifen Kuverts. Gegenüber den Diapositiven haben die Pauszeichnungen den Vorzug, daß sie äußerst billig und schnell herstellbar sind.

Die Verwendung eines Diapositivrahmens für optische Versuche.

Von V. Eriemann in St. Petersburg.

Folgende aus Rahmen und Schieber bestehende Vorrichtung kann leicht mit geringen Kosten hergestellt werden und vermag eine Reihe von Apparaten für objektive Darstellung optischer Erscheinungen zu ersetzen.

Fig. 1 stellt den Rahmen vor. Die einzelnen Schichten a, b, c, d, e werden der Reihe nach aufeinandergeklebt. Die erste Schicht a besteht aus mitteldicker Pappe; die Leisten b sind (ev. aus Holz) so dick bemessen, daß der Schieber (Fig. 2) in dem

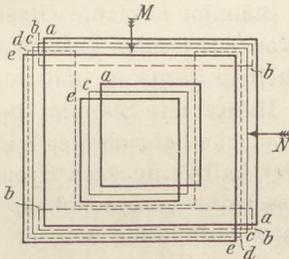


Fig. 1.

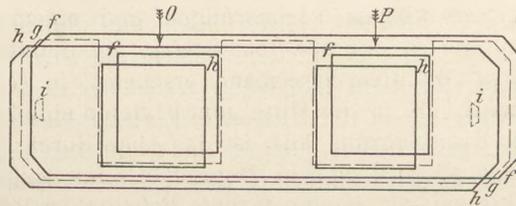


Fig. 2.

zwischen a und c verbleibenden Hohlraum N Platz findet; e besteht aus dünnem, festem Karton, die Leisten d und die Schicht e aus mitteldicker Pappe, wobei die Leisten d so dick gewählt sind, daß Diapositive oder farbige Gläser in den Hohlraum M hineinpassen. Der Rahmen enthält also einen durchgehenden für den Schieber bestimmten Hohlraum N und einen nur oben offenen für Diapositive bestimmten Hohlraum M .

Der Schieber (Fig. 2) besteht aus einer Schicht f mitteldicker Pappe, einer zweiten g von der Dicke der zur Verwendung kommenden Diapositive und einer dritten h aus dünnem, festem Karton. Der Zwischenraum zwischen O und P ist natürlich so breit bemessen, daß Diapositive seitlich vom Rahmen ausgewechselt

werden können, während zwei Pappklötzchen i bei richtiger Einstellung des Schiebers an den Rahmen stoßen.

Die Dimensionen richten sich nach dem an der Laterne vorhandenen Raum für Bilderrahmen und nach Diapositivgröße. Trotz der hierbei unvermeidlichen Verschiebung ist es bequemer, den Rahmen auf einem Brettchen zu befestigen und auf das Projektionstischchen der Laterne zu setzen. Den Diapositivhalter in Rücksicht auf Dauerhaftigkeit aus Metall zu machen, ist unnützlich; mein Halter aus Pappe, mit den zugehörigen Diapositiven in einem Kästchen aufbewahrt, wird bereits vier Jahre in drei Anstalten zu den unten angeführten Versuchen benutzt, ohne gelitten zu haben.

Zur Demonstration der als optische Täuschungen bekannten Zeichnungen kommt in M ein Diapositiv mit dem parallelen, in O oder P ein Diapositiv mit dem anderen Liniensystem; bei zugekehrten Bildseiten erhält man genügend scharfe Bilder. Für die konvergent resp. divergent verlaufenden Parallelen werden diese bis auf drei durch eine Blende aus schwarzem Papier, die in M noch Platz findet, abgedeckt; bei geringer Verschiebung des Schiebers erscheinen die Parallelen bald konvergent, bald divergent. In gleicher Weise erscheinen dieselben Parallelen bald X - oder O -förmig geknickt, wenn man im Schieber das entsprechende schräge Liniensystem benutzt; stellt man hierbei die Parallelen horizontal ein, so wandern die Knickungspunkte bei Verschiebung des Schiebers mit. Auch die weniger bekannten Preobraschenskischen Zeichnungen — Chwolson, Lehrb. d. Ph., Bd. II, Fig. 452 u. 453 — eignen sich zur Demonstration; ebenso läßt sich Fig. 449 des genannten Werkes demonstrieren, wenn man in M eine Glasplatte mit breitem, aufgeklebtem Stanniolstreif und in den Schieber ein Diapositiv mit den schrägen Linien setzt; eine geringe Verschiebung des Schiebers läßt die Täuschung beurteilen.

Für Irradiation kommt in M in vertikaler Stellung eine zur Hälfte mit Stanniol beklebte Glasplatte mit einem kreisförmigen Ausschnitt im Stanniol, in den Schieber eine Glasplatte mit einem seitlich in richtiger Höhe aufgeklebten Stanniolkreis von der Größe des Ausschnitts; daß beide Kreise gleich sind, läßt sich bei Verschiebung des Schiebers durch Abdecken des hellen Kreises durch den dunklen zeigen. Benutzt man statt des Stanniolkreises im Schieber einen Kreis aus dünnem, geöltem Papier, so läßt sich Irradiation der Mondsichel zeigen.

Für Helligkeitsermüdung setzt man in M eine mit Stanniol beklebte Glasplatte mit einem kleinen kreisförmigen und einem breiten konzentrischen kreisförmigen Ausschnitt, so daß auf dem Schirm ein Lichtkreis mit hellem Zentrum und konzentrischem, dunklem Kreisband erscheint, in O eine zur Hälfte mit Stanniol belegte Glasplatte, die in der Mitte zum Fixieren eine Zacke hat, welche bei richtiger Stellung in das Kreiszentrum fällt; ist das Auge durch Fixieren der halbverdeckten Kreisfigur ermüdet, so wird eine in P gesetzte feinkörnige Mattglasscheibe vorgeschoben. Hält man hierbei vor M eine farbige Scheibe, so läßt sich Farbenermüdung zeigen.

Für negative Nachbilder kommt in O ein aus Stanniol auf Glas ausgeschnittenes kleines vierscheibiges Fenster, das zum Fixieren in der Mitte des Kreuzes einen punktförmigen Ausschnitt hat, in P die Mattglasscheibe, die nach Fixierung des Fensterbildes vorgeschoben wird. Der Versuch kann durch Einsetzen farbiger Scheiben in M variiert werden. Für Farbenkontrast kommt das erwähnte kreisförmige Diapositiv in M , in O eine farbige Scheibe und in P die Mattglasscheibe, welche nach Fixierung des farbigen Bildes vorgeschoben wird und das komplementär gefärbte Bild erscheinen läßt; statt dieses Kreis-Diapositivs verwendet man besser einen hellen Kreis mit schwarzem Fleck im Zentrum zum Fixieren. Setzt man in M als Diapositiv eine Rose mit Stengel und Blatt, die man sich aus einer schwarz entwickelten photographischen Platte auskratzt und mit einigen Zeichenstrichen versieht, in O zwischen dünne Glasplatten rote und grüne Gelatinestreifen, so daß die Blüte grün

und Stengel mit Blatt rot erscheinen, und fixiert den Grenzstrich zwischen Blüte und Stiel, so erhält man beim Vorschieben der Mattglasscheibe ein Bild in annähernd natürlichen Farben.

Für farbige Schatten benutzt man in *M* das zuerstgenannte kreisförmige Diapositiv oder besser ein ähnliches mit konzentrischem, dunklem Kreuz oder Stern und im Schieber eine farbige Scheibe; schraubt man das Beobachtungsfenster der Laterne ab und spiegelt das seitlich austretende weiße Licht auf das dunkle Bild im farbigen Felde, so erscheint dieses komplementär gefärbt. Ein sehr hübsches Bild erhält man, wenn man in *M* ein in Stanniol auf Glas ausgeführtes Diapositiv benutzt, das nebeneinander zwei kleine rhombische Figuren nach Liesegang, Projektionskunst, XI. Aufl., Fig. 132 enthält, in *O* einen farbigen Glasstreifen setzt, durch welchen nur die eine Figur gefärbt wird, und nun das weiße Bild mit dem farbigen vermitteltst Prismas teilweise zur Deckung bringt.

Die farbigen Gläser (grün, rot, gelb, blau) dürfen nicht zu dunkel gewählt sein, wenn die Wirkung genügend intensiv sein soll; ferner müssen sie deutlich ausgesprochene Komplementärfarben liefern.

Auch zur Demonstration von Mischfarben in durchgehendem Licht (Farbensubtraktion) läßt sich der Diapositivhalter verwenden.

In bezug auf Herstellung der Bilder sei noch hinzugefügt, daß sich die Zeichnungen auf mit Mattlack behandeltem Glase oder fixierten photographischen Platten leicht ausführen lassen. Die Stanniol-Diapositive gelingen auch leicht, wenn man die Glasplatte mit verdünntem Syndetikon bestreicht, Stanniol darauflegt, einen runden Bleistift mit Druck darüberrollt, wobei das Stanniol sich glatt anlegt, und die überflüssige Klebmasse herausquillt. Geradlinige Figuren werden mit Messer und Lineal ausgeschnitten. Für Kreisfiguren wird der feste Schenkel des Zirkels auf ein angeklebtes Kartonstückchen gesetzt, während der andere Schenkel einen scharfen Schnitt gibt, wenn er in der Richtung des Schnittes etwas angeschliffen ist. Nachdem die ausgeschnittene Figur mit dem Messer abgehoben ist, wird die Klebmasse mit nassem Lappchen abgetupft, wobei die ev. aufgeworfenen Kanten des Stanniols sich glatt an die Glasplatte anlegen.

Geradsichtiges Prisma und Apparat zur Projektion von Spektren.

Von **Joh. Koenigsberger** in Freiburg i. B.

Das im folgenden beschriebene geradsichtige Flüssigkeitsprisma hat dieselbe Stärke der Dispersion und daher ein gleichgroßes Spektrum wie die besten Prismen nach Wernicke. Alle geradsichtigen Prismen haben vor den gewöhnlichen Prismen den Vorzug, daß weißes Licht nur spektral zerlegt, aber nicht abgelenkt wird. Deshalb kann die Projektion eines Spektrums mit geradsichtigem Prisma sich in jedem Raum bequem ausführen lassen. In der Herstellung ist das neue Prisma einfacher als die Prismen nach Wernicke, die zwei Glasprismen und ein Flüssigkeitsprisma erfordern. Daher sind die Herstellungskosten bei gleicher Größe und Leistungsfähigkeit weniger als ein Drittel derer anderer Prismen. Wenn hohe Lichtstärke verlangt wird, z. B. in großen Sälen ein weithin sichtbares Spektrum entworfen werden soll, so können ohne große Kosten Prismen mit 100 mal 100 mm oder 200 mal 200 mm angefertigt werden. Ein säurefest bei 550° gekitteter, nahezu rechtwinkliger Flüssigkeitstrog, von oben gesehen, wie die Figur zeigt, ist in drei Prismen geteilt, von denen die beiden äußeren mit einer Flüssigkeit von geringer Dispersion, das innere mit einer Flüssigkeit von viel größerer Dispersion und ähnlichem Brechungsindex gefüllt sind. Die



Flüssigkeiten bleiben in dem zugekitteten Prisma und verändern sich nicht¹⁾, während Zimtäthyl oder -aldehyd der Wernicke-Prismen oder der Schwefelkohlenstoff anderer Prismen nach Gebrauch zurückgegossen werden muß. Die Füllung wurde so gewählt, daß das Spektrum bis $400\ \mu\mu$ reicht, also weit länger als z. B. bei Zimtaldehydfüllung. Wird sehr starke Dispersion, etwa doppelt so groß wie bei den Wernicke-Prismen, gewünscht, so werden zwei Prismen fest zu einem System verbunden. Es ist das der Herstellung von 5 teiligen Prismen oder der Reflexion der Rückfläche vorzuziehen. Durch das Lösen einer Schraube kann das Zwei-Prismen-System getrennt und jedes Prisma für sich verwandt werden. Da die Prismen wegen ihrer Größe sehr lichtstark sind, so konnte ein einfacher Spektral-Projektionsapparat konstruiert werden, der vor jede Bogenlampe oder Zirkonlampe, die mit Kondensorlinse versehen ist, gesetzt werden kann. Auf dem Apparat wird die gewünschte Entfernung in Metern, in welche das Spektrum scharf projiziert werden soll, eingestellt. Der Spektral-Apparat kann durch Vertauschen der Linse und Vorsetzen eines zweiten Spaltes mit geeichter Wellenlängen-Skala zur Belichtung von Mikroskopen, Trögen mit Pflanzen oder Tieren mit einfarbigem homogenen Licht verwandt werden. Die Wellenlänge des Lichtes wird direkt am Spalt in $\mu\mu$ abgelesen. Eine Vorrichtung zur Messung der Energie der betr. Farbe kann dort angebracht werden²⁾.

Für die Praxis.

Der innere Widerstand eines galvanischen Elements. Von Dr. K. Krüse in Bozen. Gemäß dem Ohmschen Gesetze ist der Galvanometerausschlag (etwa eines Drehspulengalvanometers) nur dann dem inneren Widerstand verkehrt proportional, wenn der äußere Widerstand w_a gegen den inneren w_i sehr klein ist. Dies ist bei den gebräuchlichen Elementen nie der Fall; es läßt sich aber ein Element mit sehr großem inneren Widerstand dadurch herstellen, daß man ein einfaches Voltasches Element (Cu-Zn oder Cu-C) mit gewöhnlichem Trinkwasser füllt. Sollte dabei der Galvanometerausschlag zu klein ausfallen, so genügen wenige Tropfen angesäuerten Wassers, um denselben passend zu vergrößern. Nun kann man die Platten in verschiedene Entfernungen zueinander bringen, wobei zu achten ist, daß sie möglichst parallel bleiben, und die betreffenden Stromstärken am Galvanometer ablesen und ferner mittels eines Hebers Wasser aus dem Elemente ausfließen lassen und bei bestimmten, an den Platten angezeichneten Stellen die Ausschläge der Galvanometernadel notieren. Auf diese Weise kann man die Abhängigkeit des inneren Widerstandes vom Abstand und Querschnitt der Platten nachweisen. Beachtenswert ist auch der Moment, wo die Oberflächenhaut des Wassers sich von den beiden Platten losreißt. Solange die Wasseroberfläche noch mit denselben in Kontakt ist, ist immer noch ein ablesbarer Ausschlag vorhanden; sowie aber die Oberflächenhaut abreißt, sinkt das Galvanometer sofort auf Null. Man kann nun noch die Größe des inneren Widerstandes ermitteln, wenn man in den Stromkreis einen Rheostaten von etwa $1000\ \Omega$ einschaltet und die beiden Stromstärken am Galvanometer abliest; es ergab sich beispielsweise für $q = 13,6\ \text{cm}^2$, $d = 4\ \text{cm}$, $R = 900\ \Omega$ der innere Widerstand $w_i = 1500\ \Omega$.

¹⁾ Nur bei Temperaturen unter 0° tritt Gefrieren ein; es genügt aber, das Prisma kurze Zeit (10 Minuten) in ein warmes Zimmer zu stellen, damit es wieder gebrauchsfähig wird.

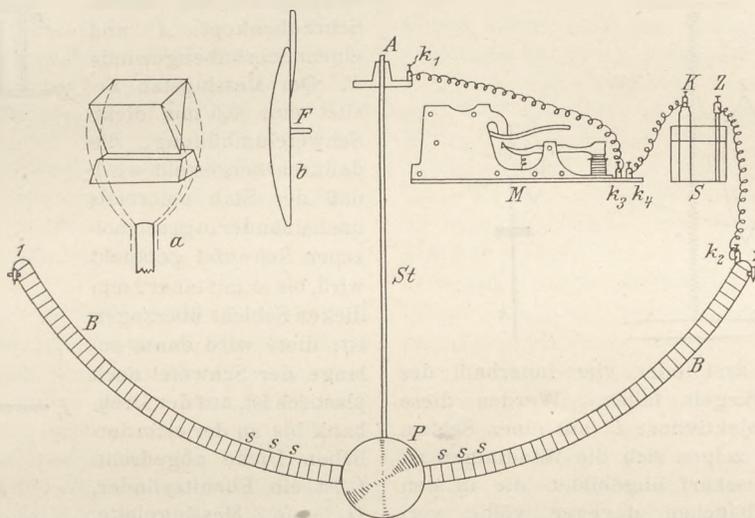
²⁾ Die Prismen sowie die beschriebene Projektionsvorrichtung werden von der Firma F. Hellige & Co. in Freiburg i. B. (D. R. G. M.) hergestellt; Preis der Prismen 30:30 mm 18 M; 50:50 mm 35 M; 80:80 mm 60 M. Der Projektions-Apparat mit Prisma wird je nach Größe für 50 M bis 70 M geliefert. Falls gewünscht, liefert die Firma auch kleinere oder größere Bogenlampen in Gehäuse mit passender Kondensorlinse.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein seine Eigenbewegung registrierendes Pendel. Von K. BIELSCHOWSKY. (*Monatshefte j. d. naturw. Unterr.* 1908. S. 547.) Um auch

Ein Luftthermoskop. Von E. J. RENDTORFF. (*School Science. Vol. 8, Nr. 8, 1908.*) An ein kugelförmiges Gefäß *a* (s. u. Fig.) von etwa 5 cm



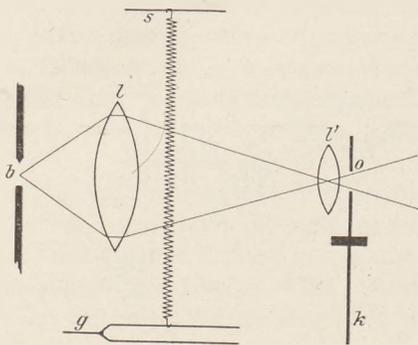
mathematisch völlig unvorgebildeten Hörern die gleichmäßige Beschleunigung bzw. Verzögerung des Pendelfalles vor Augen zu führen, wird folgende Versuchsanordnung benutzt. Die Pendelbahn wird aus zwei parallel laufenden Metallschienen *BB* hergestellt, zwischen denen metallene Verbindungsstege *sss* in gleichen Abständen angebracht sind. Das völlig aus Eisen und Blei bestehende, 3 m lange Pendel ist an einem stählernen Dreikant aufgehängt, der auf einem Stahlblock *a* mit sehr feiner Rinne ruht; hierdurch wird die Reibung fast gleich Null. Der Pendelkörper *P* trägt auf seiner Rückseite eine dünne Neusilberfeder *b*, die bei der Bewegung des Pendels auf den Metallstegen entlang schleift und als Stromschließer bzw. -öffner fungiert. In den aus der Figur ersichtlichen Stromkreis ist ein Morseapparat *M* eingeschaltet, der sich von einem gewöhnlichen nur dadurch unterscheidet, daß sein Schreibband erheblich rascher vor dem Schreibstift vorbeiläuft. Die Beschleunigung bzw. Verzögerung der Pendelbewegung wird durch den größeren oder geringeren Abstand der Punkte auf dem Schreibbände sichtbar gemacht. Das Pendel wird nach je einer Schwingung durch Schnappfedern an beiden Enden der Pendelbahn selbsttätig festgehalten.

Durchmesser ist ein Rohr *b* von etwa 25 cm Länge und 1 mm Weite angeschmolzen, das bis nahe an den Boden des Gefäßes reicht und in seinem oberen Teil eine kleine Erweiterung *c* trägt, um die Flüssigkeit (Kerosin) am Ausfließen zu hindern. In die Kugel *a* ist noch für einige Versuche eine kleine Platinspirale *d* eingeschmolzen. Die Brauchbarkeit des Apparats für zahlreiche Demonstrationen aus der Wärmelehre und dem Strahlungsgebiet liegt auf der Hand. Die Platinspirale dient namentlich dazu, die Abhängigkeit der elektrischen Erwärmung von der Stromstärke zu zeigen.

Demonstration stehender longitudinaler Wellen. Von H. M. RANDELL. (*School Science and Math., Vol. 8, Nr. 8, 1908.*) Vor der Kondensorlinse *L* der elektrischen Lichtbogenlampe befindet sich eine Spirale aus Messingdraht (Nr. 28) von 1,3 cm Durchmesser und etwa 70 Windungen; ihr unteres Ende ist an der einen Zinke einer elektrisch erregten Stimmgabel von etwa 75 Schwingungen angebracht, das obere Ende



ist an einem Halter s befestigt. Statt der Stimmgabel kann im Notfall auch ein Wagner-scher Hammer benutzt werden, doch sind die Schwingungen nicht so regelmäßig. Nachdem die Gabel in Schwingung versetzt ist, läßt sich leicht durch Probieren die Windung ermitteln, die an s befestigt werden muß, damit stehende Wellen auftreten,



von denen drei oder vier innerhalb des Beleuchtungskegels fallen. Werden diese durch die Objektivlinse l' auf einen Schirm projiziert, so zeigen sich die Windungen an den Knoten scharf abgebildet, die in den Schwingungsbäuchen dagegen völlig verschwommen. Man kann nun noch eine Kartonscheibe K mit einem kreisförmigen Ausschnitt O unmittelbar vor der Linse l' rotieren lassen. Durch einen Rheostaten wird die Geschwindigkeit des Motors so reguliert, daß der stroboskopische Effekt auftritt, und die verlangsamten Schwingungen der einzelnen Windungen der Spirale sichtbar werden; die Windungen zu beiden Seiten eines Knotens bewegen sich dabei in entgegengesetzten Richtungen, in der Nähe der Knoten treten abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen auf, während die Windungen in den Bäuchen ihre Abstände behalten. Läßt man die Lichtstrahlen aus l' nahezu parallel austreten und auf einen nach Melde's Verfahren schwingenden Faden fallen, so erscheint auch dessen Bewegung durch die rotierende Scheibe verlangsamt und der direkten Beobachtung zugänglich.

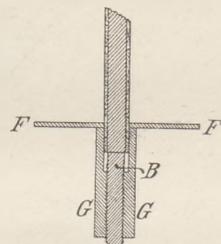
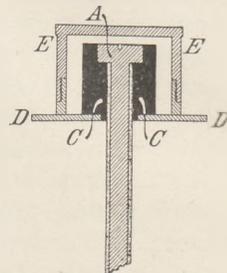
2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Himmelskunde. Sehr beträchtliche Fortschritte hat im Jahre 1908 die Erforschung der Sonne gemacht, namentlich durch die spektrographischen Arbeiten, die HALE auf dem Mt. Wilson ausführte. Es gelang, mit farbenempfindlichen Platten die Wasserstoffwolken (focculi) im Lichte der roten Linie H_{α} zu photographieren, wobei sie

Eine neue Form der Zambonischen Säule.

Von G. C. SIMPSON¹⁾. Da die bei den Säulen sonst benutzten Ebonitstäbe infolge der bei Feuchtigkeitswechsel eintretenden Druckänderungen der Scheiben leicht zerbrechen, ersetzte der Verf. sie durch Messingstäbe, die durch Schwefel und Ebonit isoliert wurden.

In Fig. 1 ist AB der Messingstab mit einem Schraubenkopf A und einem Schraubengewinde B . Der Messingstab besitzt eine 0,5 mm dicke Schwefelummhüllung, die dadurch hergestellt wird, daß der Stab mehrmals nacheinander in geschmolzenen Schwefel getaucht wird, bis er mit einer 2 mm dicken Schicht überzogen ist; diese wird dann, solange der Schwefel noch plastisch ist, auf der Drehbank bis zu der erforderlichen Dicke abgedreht. C ist ein Ebonitzylinder, D eine Messingplatte, deren Durchmesser etwas größer ist als der der Papierscheiben der Säule, E ein zum Schutze des



- Messing
- Hartgummi
- Schwefel

EBonitzylinders dienender Messingmantel, F eine auf der Schraubenmutter G sitzende Messingscheibe. Die Scheiben werden über den mit Schwefel bedeckten Messingstab gezogen und liegen zwischen D und F . Die ganze Stabspannung wird dabei durch den sehr starken Zylinder C auf die Platte D übertragen. Der Metallstab ist im Kontakt mit dem Ende B der Säule, so daß das ganze Potential zwischen diesem und dem Messingende DE besteht. Die in dieser Weise hergestellten Säulen haben sich im meteorologischen Institut zu Simla (Indien) auch bei dem dortigen großen Feuchtigkeitswechsel gut bewährt. Schk.

wesentlich ausgedehnter sich zeigten als früher bei H_{α} . Die Photographien lassen deutliche und ausgedehnte Wirbelsysteme auf der Sonnenoberfläche erkennen. Man konnte verfolgen, wie die Wasserstoffmassen der Umgebung von Flecken gewissermaßen

¹⁾ Physikalische Zeitschrift IX, 463 (1908).

aufgesogen werden, um gelegentlich später in Gestalt von Protuberanzen wieder an der Oberfläche zu erscheinen. Diese Bewegungen erreichten Geschwindigkeiten bis zu 100 km. sek. Durch Vorschaltung eines Fresnelschen Rhombus und eines Nicolschen Prismas konnte an einzelnen Spektrallinien der Sonnenflecken (6302,7 und 6363,1) auch der Zeemann-Effekt festgestellt werden, der ja nach den starken magnetischen Fernwirkungen größerer Flecken zu erwarten war. Die Linien erscheinen (in der Richtung der Kraftlinien betrachtet) allerdings nicht vollkommen zerteilt, aber ihre Ränder erwiesen sich als entgegengesetzt zirkular polarisiert, und bei umgekehrt rotierenden Wirbeln war auch die magnetische Krafttrichtung, wie sie aus der Zirkularpolarisation zu erschließen ist, die umgekehrte.

Auch das Rotationsgesetz der Sonne ist durch ADAMS auf spektrographischem Wege mit Hilfe des Dopplerschen Prinzips neu untersucht worden. Die im Bereiche $\lambda = 4300$ bis 4190 hergestellten Aufnahmen führten zu Ergebnissen, die mit den visuellen Bestimmungen von DUNER und HAHN gut übereinstimmen: Rotationsdauer am Äquator 24,46 Tage, in 30° Breite 26,43, in 60° Breite 29,63 Tage. Die Granulationen der Photosphäre hat CHEVALIER genauer studiert. JANSSENS „photosphärisches Netz“ wurde als nicht reell erkannt und auf Schlierenbildung in der Sonnenatmosphäre zurückgeführt. Die einzelnen Granulationskörner von durchschnittlich 0,3'' bis 3'' Durchmesser sind sehr vergängliche Gebilde von nur wenigen Minuten Lebensdauer. Vielleicht sind die Granulationen die Gipfel gewaltiger Wellen des photosphärischen Lichtozeans, in denen Kondensationen und Absorptionen auftreten.

Am Mond wurden durch STEBBINS und BROWN mit Hilfe eines Selenphotometers Helligkeitsmessungen vorgenommen, nach denen der Vollmond etwa neunmal so stark strahlt wie der Halbmond (eine Folge des steileren Auftreffens der Sonnenstrahlen), seine Helligkeit war, mit Giltay-Zellen bestimmt, gleich 0,24 Normalkerzen, während Ruhmersche Zellen, vermutlich infolge einer anderen Farbenempfindlichkeit, wesentlich kleinere Werte lieferten.

In der Marsatmosphäre ist endlich der Nachweis des Wasserdampfes auf photographischem Wege geglückt (SLIPHER). Für die mittlere Temperatur der Marsoberfläche findet WIEN auf Grund der Strahlungsgesetze -32° , sie kann jedoch wegen des

noch nicht bestimmaren Einflusses der Atmosphäre auch höher liegen.

Ein achter Jupitertrabant wurde am 27. Jan. 1908 photographisch durch MELOTTE entdeckt. Nach COWELL und CROMMELIN beträgt sein Abstand vom Jupiter 357 Jupiterradien, seine Umlaufzeit 26 Monate, die Exzentrizität 0,33 und die Neigung $148,52^{\circ}$. Dieser bedeutend weiter als die übrigen sieben Monde entfernte Trabant ist also im Gegensatz zu diesen auch rückläufig.

Unter den Kometen des Jahres 1908 zeichnete sich der Anfang September von MOREHOUSE entdeckte durch beträchtliche Helligkeit und starke Schweifentwicklung aus. Er war im Oktober und November bei uns mit bloßem Auge sichtbar. Photographisch erschien er noch bedeutend heller als visuell und BARNARD konnte interessante, schnelle Veränderungen im Aussehen des Schweifes photographisch fixieren.

Von den neuen Ergebnissen der Fixsternastronomie ist bemerkenswert, daß Algol durch die Messung seiner radialen Geschwindigkeit als ein dreifacher Stern erkannt wurde. Die radiale Geschwindigkeit zeigt eine Schwankung im Betrage von 9,4 km mit einer Periode von 1,9 Jahren. Er muß sich also in dieser Zeit gemeinsam mit dem ihn alle 3 $\frac{1}{2}$ Tage verfinsternden Begleiter um einen 89 Millionen Kilometer entfernten, nicht sichtbaren Körper bewegen. So erklären sich auch gewisse Unregelmäßigkeiten im Eintritt der Minima.

Die Beobachtung der Veränderlichen bietet übrigens die Möglichkeit, die Frage nach einer etwaigen Dispersion des Weltraums zu entscheiden. HEVL beobachtete Algolminima im ultravioletten Licht mit Hilfe eines Gitterspektroskops auf photographischem Wege. Innerhalb einer Stunde traten die ultravioletten Minima gleichzeitig mit den visuell beobachteten ein, woraus HEVL den Schluß ziehen zu dürfen glaubt, daß die Strahlen verschiedener Wellenlängen sich gleich schnell im Weltraum fortpflanzen, also keine Dispersion vorhanden ist. Im Gegensatz dazu glaubt NORDMANN mit seinem heterochromen Photometer gerade bei Algol und λ Tauri eine zeitliche Verschiebung der durch Lichtfilter in verschiedenen Farben beobachteten Helligkeitskurven konstatiert zu haben. Die Phasen des roten Bildes zeigen gegen die des blauen einen zeitlichen Vorsprung, der bei Algol 16 Minuten, bei λ Tauri 40–60 Minuten beträgt. Der Weltraum würde sich dem absoluten Vakuum

gegenüber also wie ein optisch dichteres Medium verhalten, und der Unterschied der Phasenverschiebungen bei λ Algol und λ Tauri könnte auf eine etwa dreimal so große Entfernung des letzteren Gestirns zurückgeführt werden. Bei β Lyrae und δ Cephei konnte NORDMANN allerdings keine entsprechende Phasenverschiebung bemerken.

Eine photographische Aufnahme des gesamten Fixsternhimmels auf nur 55 Platten, die vielfach Sterne bis zur 12. Größe fixiert hat, ist unter PICKERINGS Leitung vollendet worden. — Auch die Ermittlung von Sternfarben kann jetzt auf photographischem Wege erfolgen, indem Aufnahmen auf gewöhnlichen Platten verglichen werden mit solchen auf farbenempfindlichen Platten. PARKHURST und JORDAN wollen durch dieses Verfahren ein Urteil über die Verteilung der Spektralklassen auch bei solchen Sternen gewinnen, die für eine spektralanalytische Zerlegung ihres Lichtes zu lichtschwach sind. Bekanntlich zeichnen sich die Sterne des dritten und vierten Secchischen Typus durch gelbe bis rote Färbung aus.

Kbr.

Optische Eigenschaften des Natriumdampfs.

Der Natriumdampf, wie man ihn in einer hoch evakuierten Stahlröhre bei etwa 400° erhält, gibt nach Untersuchungen von R. W. WOOD ein überaus zusammengesetztes Absorptionsspektrum¹⁾. Außer der *D*-Linie ist das ganze sichtbare Spektrum, mit Ausnahme einer schmalen Region im Gelb, erfüllt mit feinen und scharfen Absorptionslinien. Dieses „kannelierte Absorptionsspektrum“ ist geteilt in zwei unterschiedene Gebiete: das eine von $\lambda = 4500$ bis 5700 , das andere von etwa 5800 bis zur äußersten Grenze des Rot. Wahrscheinlich dehnt sich das letzte Gebiet bis zu 10 oder 12μ ins Ultrarot aus. In einem Raum, wie er der Distanz der beiden *D*-Linien entspricht, fanden sich im Gitterspektrum 2. Ordnung im Mittel 30 Linien, so daß in der etwa $120 \mu\mu$ weiten Region etwa 6000 Linien zu sehen sind. Diese Linien lassen sich in eine Anzahl von Gruppen bringen, die ähnlichen Gruppen im Jod- und Bromspektrum entsprechen.

Die *D*-Linien bilden zwei Glieder der Balmerischen „Hauptserie“, von der das sichtbare Spektrum sieben Linien enthält. Außer diesen fand WOOD im ultravioletten

Gebiet noch etwa 50 Linien, die den Werten $n = 6$ bis $n = 50$ der Balmerischen Formel entsprechen. Er photographierte diese Linien mit dem Quarzspektrographen und bestimmte ihre Wellenlänge. Die größte bisher beobachtete Anzahl von Linien einer Balmerischen Serie betrug zwölf Linien im Wasserstoffspektrum. Auch die ultravioletten Linien der Hauptserie beim Natriumdampf sind von kannelierten Spektren begleitet.

Die sowohl durch weißes als durch verschiedenes monochromatisches Licht im Natriumdampf erregten Fluoreszenzspektren (ds. Zeitschr. 20, 36) wurden von dem Verf. noch eingehender untersucht. Zur Erregung diente das Bogenlicht verschiedener Metallelektroden: Kadmium, Zink, Lithium, Baryum, Magnesium, Blei, Wismut, Silber, Kupfer; außerdem weißes Licht und Kathodenstrahlen. Die mit monochromatischem Licht erregten Fluoreszenzspektren bezeichnet der Verf. als Resonanzspektren. Man kann auf diese Weise leicht feststellen, welche Linien zusammengehören. Die *D*-Linien werden erregt sowohl durch Licht derselben Wellenlänge als auch durch einen intensiven Strahl blaugrünen Lichts, aus dem alles gelbe Licht eliminiert ist. Diese Tatsache widerlegt die neuerdings aufgestellte Behauptung, daß die *D*-Linien nur bei einer Oxydation auftreten können. Durch monochromatisches rotes Licht wurden im roten Fluoreszenzspektrum Reihen von äquidistanten Linien entdeckt, die durch panchromatische Platten photographiert werden konnten. Der Verf. hat alle so erhaltenen Resonanzspektren photographiert und die Wellenlängen der einzelnen Linien bestimmt.

Weiterhin gelang es WOOD, in der Resonanzstrahlung von Natrium und Kalium 30% polarisiertes Licht aufzufinden¹⁾. Die Dämpfe wurden wieder in einer langen evakuierten Stahlröhre erzeugt und durch das Licht einer Bogenlampe erregt. Das Fluoreszenzlicht wurde durch ein Seitenrohr hindurch mit einem Savartschen Polariskop untersucht. Wegen der Empfindlichkeit dieses Apparats mußten andere Quellen der Polarisation, wie Staub oder Nebel, in der Röhre beseitigt werden. Bei den ersten Messungen war das erregende Licht (elektrischer Vektor) vertikal polarisiert. Die Polarisation des Fluoreszenzlichts war am stärksten (etwa 30%), wenn die Temperatur der Röhre verhältnismäßig niedrig war, d. h. wenn die Fluoreszenz

¹⁾ Phil. Mag. 15, 581; 16, 945 (1908). Phys. Zeitschr. 10, 88 (1909).

¹⁾ Phil. Mag. 16, 184; Phys. Zeitschr. 9, 590 (1908).

eben eintrat; bei höheren Temperaturen mit sehr heller Fluoreszenz betrug die Polarisation nur 20%. War das erregende Licht horizontal polarisiert, so ließ sich keine Spur der Savart'schen Streifen entdecken; war das erregende Licht unpolarisiert, so war das Fluoreszenzlicht wohl polarisiert, der Prozentgehalt aber nur halb so groß als bei vertikal polarisiertem Erregerlicht.

Weitere Versuche zeigten, daß nicht nur die Teile des Fluoreszenzlichts polarisiert waren, die dieselbe Wellenlänge hatten wie das erregende Licht, sondern auch die anderen gleichzeitig auftretenden Teile. Durch ein Filter wurden alle Wellenlängen, die im erregenden Licht vorhanden waren, aus dem Fluoreszenzspektrum beseitigt; nur das obere Ende desselben wurde durchgelassen. Dieses zeigte sich dann genau so stark polarisiert wie bei Abwesenheit der Filter. Da das Fluoreszenzlicht bei auffallendem polarisiertem Licht nur teilweise polarisiert war, so suchte WOOD nach der depolarisierenden Ursache. Die Abnahme der Polarisation mit steigender Temperatur führte dazu, diese Ursache in Molekülzusammenstößen zu suchen. Diese müßten bei gesteigerter Dampfdichte größer sein; doch zeigte ein Zusatz von Stickstoff von 12 mm Druck keine Minderung der Polarisation. Der Verf. ist hiernach geneigt, die Depolarisation der Rotation des Moleküls beim Durchlaufen seiner mittleren freien Weglänge zuzuschreiben, die mit der Temperatur zunehmen dürfte. Er entwickelt seine Ansichten weiter aus der Elektronentheorie, gelangt aber zu keinen mit den Beobachtungen völlig übereinstimmenden Ergebnissen.

Die Polarisation des Lichts bei fluoreszierenden Gasen kann nach WOODS Ansicht vielleicht zu einer befriedigenden Theorie der Sonnenkorona führen. Die Koronastrahlung ist zu etwa 11% polarisiert, hat ein kontinuierliches Spektrum und scheint kalt zu sein, d. h. übt auf das Bolometer keinen Einfluß. Die Polarisation wird gewöhnlich auf zerstreute kleine Körperchen, das kontinuierliche Spektrum auf eine Emission weißglühender größerer Teilchen zurückgeführt; letztere sind aber mit der völligen Abwesenheit strahlender Wärme nicht vereinbar. Betrachten wir die Korona als eine Wolke gemischter Metaldämpfe, die unter der gewaltigen Strahlung der Sonne fluoreszieren, so werden die Widersprüche geringer. Polarisation, kontinuierliches Spektrum und Fehlen strahlender Wärme wären dann miteinander vereinbar. Einige der Korona eigentümliche

helle Linien könnten Fluoreszenzlinien bekannter Elemente sein.

Über die näheren Bedingungen, unter denen die Fluoreszenz des Natriumdampfs eintritt, stellte H. ZICKENDRAHT Untersuchungen an¹⁾. Er suchte zunächst die Temperatur festzustellen, bei der die Fluoreszenz eintritt bzw. verschwindet, und fand, daß dieses etwa bei 280° bis 290° eintritt. Bei hohem Drucke (10 bis 20 mm) erschien der Eintrittsmoment der Fluoreszenz viel deutlicher ausgeprägt als bei geringem Druck (unter 0,1 mm). Es fragte sich nun, ob dieser Eintrittsmoment sich auch in den elektrischen Eigenschaften des Dampfes zu erkennen gab. Dazu wurde die Potentialdifferenz bestimmt, bei der die Entladung durch den Dampf einsetzte. Die Kurven, welche diese Anfangsspannung als Funktion der Temperatur darstellen, zeigen zwei Minima: das eine bei etwa 240°, ein zweites bei 280°. Das zweite Minimum fällt hiernach mit dem Eintrittsmoment der Fluoreszenz zusammen.

Weitere Untersuchungen betrafen den Einfluß des einbettenden Gases auf das Auftreten der Fluoreszenz im Natriumdampf. Die Versuche wurden vorgenommen mit Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff. Durch kein Gas ließ sich die Fluoreszenz dauernd zum Verschwinden bringen, doch ließ sich bei CO₂ der Eintrittsmoment über 280° hinauschieben, bei N trat er in einigen Fällen schon bei 230–250° ein. Die besonders eingehenden Versuche mit Luft erstreckten sich auf Bestimmung von Druck, Temperatur, Elektrodenabstand, Spannung und Stromstärke. Der Einfluß des Einbettungsgases auf die Fluoreszenz ist jedenfalls ein ganz beträchtlicher.

Schl.

Eigenschaften des Schwefels. Die verschiedenen Modifikationen des Schwefels hat G. QUINCKE einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Er stellte dabei eine Schaumstruktur des Schwefels fest und untersuchte deren Einfluß auf Doppelbrechung, Dichroismus, elektrische Eigenschaften und Kristallbildung²⁾. Aus den Resultaten sei das folgende hervorgehoben. Die braune, klebrige, fadenziehende Flüssigkeit, die geschmolzener Schwefel zwischen 160 und 260° bildet, ist eine flüssige Gallerte mit sichtbaren und unsichtbaren Schaumwänden. Die Oberflächenspannung des geschmolzenen Schwefels

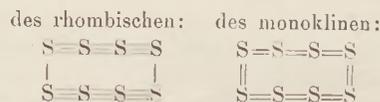
¹⁾ Phys. Zeitschr. 9, 593 (1908).

²⁾ Annalen der Physik 26, 625 (1908).

ist je nach der Temperatur verschieden; nach QUINCKES Beobachtungen war sie bei 250° am größten. Schwefel hat vier allotrope Modifikationen $S\gamma$, $S\delta$, $S\beta$, $S\alpha$, welche etwa bei 448–300°, 300–160°, 160–96°, 96–0° stabil sind. Geschmolzener Schwefel kann aus mehreren Mischungen oder Lösungen $ABC\dots$ von $S\gamma$, $S\delta$, $S\beta$, $S\alpha$ bestehen, aus öartigen Flüssigkeiten mit Oberflächenspannung an der gemeinsamen Grenze von A und B , B und C , C und A . Je höher man geschmolzenen Schwefel erhitzt, und je schneller man ihn abkühlt, um so mehr $S\gamma$ enthält die unterkühlte Flüssigkeit; mit der Zeit verwandeln sich die bei höherer Temperatur stabilen Modifikationen in die bei niedriger Temperatur stabilen, zuletzt alle in $S\alpha$. Beim Erstarren geschmolzenen Schwefels scheidet sich eine öartige Flüssigkeit C in Form von Lamellen aus, die dann wie bei Eis Fasern normal zur Oberfläche, offene und geschlossene Schaumkammern bilden. Diese Schaumkammern lassen sich durch elektrische Staubfiguren auf der Oberfläche des Schwefels sichtbar machen. Auf kalten Glasplatten schlägt sich Schwefeldampf in vielen linsenförmigen Tropfen nieder, die tage-, monate- und jahrelang in unterkühltem Zustande flüssig bleiben. Flache Linsen von überschmolzenem flüssigen Schwefel auf Glasplatten fließen bei Belichtung plötzlich zusammen und kristallisieren. In diesen Tropfen kriecht $S\gamma$ -reicher Schwefel über die feste Oberfläche nach $S\gamma$ -ärmeren Schichten; dabei bilden sich Dendriten und Sternblumen. Dann scheidet sich allmählich die öartige Flüssigkeit C in Tröpfchen oder Lamellen aus; die Lamellen rollen sich zu Röhren zusammen und bilden geschlossene Schaumkammern, die mit Schwefellösung B oder A gefüllt sind. Indem diese abwechselnd quellen oder schrumpfen, werden ihre Wände gedehnt oder komprimiert und dadurch vorübergehend positiv oder negativ doppelbrechend. Der Inhalt der Schaumkammern kann später in einen Kristall von $S\beta$ oder $S\alpha$ übergehen. Bei Berührung mit Schwefelkohlenstoff löst sich ein Teil der Schaummassen unter Gasentwicklung, während die suspendierten Tröpfchen von öartiger Flüssigkeit C als unlöslich herabsinken und eine glänzende Schicht von SO_2 -haltigem flüssigen $S\gamma$ -reichen Schwefel bilden. In dünnen Schichten von überschmolzenem Schwefel bilden sich bei der Abkühlung sechseckige Spinnennetze mit radialen Fasern, die positive oder negative Doppelbrechung mit optischer Achse \pm der

Faserrichtung besitzen und einen positiven oder negativen „Sphärokristall II. Klasse“ bilden. Unter besonderen Umständen bilden sich ebenso Sphärokristalle I. und III. Klasse. Die Bildung der Schaumkammern und Sphärokristalle läßt sich auch bei der Abkühlung von Schwefel, der zwischen Objektträger und Deckglas bei 300° geschmolzen ist, beobachten. Schwefelschichten und Sphärokristalle mit feinen radialen Fasern (von der Dicke einer oder weniger Lichtwellen) können wie ein polarisierendes Gitter oder wie ein dichroitischer Kristall wirken. Sie zeigen normale oder anomale Absorption, indem sie das Licht schwächen, welches \perp oder \parallel den Fasern polarisiert ist. Diese Absorption ist ähnlich der Schwächung des polarisierten Lichts durch Gitter aus leitenden oder isolierenden Stäben, dagegen verschieden von dem Dichroismus gefärbter doppelbrechender Substanzen. Sie hängt ab von Dicke und Abstand der Schwefelfasern und von der Farbe des polarisierenden Lichtes. QUINCKE versuchte die normale und anomale Absorption des polarisierten Lichts durch Resonanz von longitudinalen und transversalen Schwingungen der Faserhüllen zu erklären. Die Kristallisationsgeschwindigkeit von Fäden aus überschmolzenem Schwefel hängt ab von der Dicke und Klebrigkeit der zwischen den Schaumkammern befindlichen öartigen Scheidewände; ein alter Kristall durchbohrt sie und leitet in der benachbarten Schaumkammer die Bildung eines neuen Kristalls ein.

Während QUINCKE die verschiedenen Formen des Schwefels von physikalischen Gesichtspunkten aus betrachtet, machte H. ERDMANN den Schwefel zum Gegenstande einer eingehenden chemischen Untersuchung¹⁾. In seinen gewöhnlichen gelben Modifikationen gehört der Schwefel zu der merkwürdigen Körperklasse der Achtringe; hierbei ist die Konstitutionsformel



Beim Erhitzen geht der gewöhnliche Schwefel S_8 in zweiatomigen Schwefeldampf S_2 über; bei dieser Reaktion entsteht ein intensiv gefärbtes, sehr reaktionsfähiges, labiles Zwischenprodukt. Beim Abkühlen auf 160° scheiden sich zwei durch einen deutlichen Meniskus voneinander getrennte Flüssigkeiten

¹⁾ Liebigs Annalen d. Chemie 362, 133 (1908).

verschiedenen spezifischen Gewichts und verschiedener Farbe. Die reaktionsfähige, labile, dunkelfarbige Form des Schwefels wird von EDMANN als S_3 , d. h. ein Analogon zum Ozon (O_3) nachgewiesen. Diese Schwefelform bezeichnet der Verf. als Thiozon. Der Nachweis des S_3 geschieht am besten durch Einwirkung auf organische Verbindungen. Gerade die Temperatur von 160° , bei der der Schwefel in zwei voneinander getrennten flüssigen Phasen auftritt, eignet sich zur Durchführung vieler anorganischer und namentlich organischer Schwefelreaktionen, bei denen der Schwefel vorwiegend als S_3 zur Einwirkung gelangt. Analog den mit Ozon erhaltenen Ozoniden und Polyozoniden erhält man hier Thiozonide und Polythiozonide. So verbindet sich Linalylacetat mit dem aktiven Schwefel zu einem Monothiozonid $C_{12}H_{20}O_2S_3$. Dieses vermag sowohl als Thiosäure wie als Thiobase aufzutreten, ergibt mit den Chloriden von Hg, Bi, Sb, As in geeigneten Lösungsmitteln charakteristische Niederschläge, mit Goldchlorid in Äther einen Rückstand, der auf Porzellan einen glänzenden Goldüberzug bildet. Freies Linalool nimmt zwei Moleküle S_3 auf und ergibt ein Dithiozonid. Besondere Versuche zeigten, daß die Einwirkung des Ozons O_3 auf Linalool und Linalylacetat ganz analog derjenigen des Thiozons S_3 verläuft. Die durch Verschmelzen sehr verschiedenartiger organischer Körper mit Schwefel und Schwefelnatrium hergestellten Schwefelfarbstoffe sind Thiozonide. Analog zu diesen stehen die Farbstoffe der Ultramarinreihe, die ebenfalls als Thiozonide aufzufassen sind. Dagegen sind alle oder nahezu alle wohlcharakterisierten einfachen anorganischen Polysulfide Thiozonate (mit sechswertigem Schwefel). Geschmolzener Schwefel bei etwa 160° enthält außer dem dunkelgefärbten Thiozon S_3 auch noch ein viskoses Polymerisationsprodukt des achtatomigen Schwefels $[S_8]_x$. Da durch die Entdeckung des dreiatomigen Schwefels die Analogie zwischen Schwefel und Sauerstoff eine soviel vollständigere geworden ist, so ist anzunehmen, daß vom Sauerstoff ebenso wie vom Schwefel auch eine achtatomige Form von ringförmiger Konstitution besteht.

Da der Kautschuk in seiner Struktur die größte Ähnlichkeit hat mit dem viskosen amorphen Schwefel, so dürfte bei Vulkanisation des Kautschuks sich eine halbfeste Lösung beider Stoffe bilden. Doch hat die Untersuchung des vulkanisierten Kautschuks ergeben, daß nur ein Teil des Schwefels sich

darin in freiem Zustande befindet, ein anderer chemisch gebunden ist. Diese chemische Einwirkung des Schwefels auf Kautschuk rührt nach des Verf. Ansicht von S_3 her, ähnlich wie nach Harries auch Ozon O_3 auf Kautschuk einwirkt. Ebonit oder Hartgummi wäre hiernach im wesentlichen ein Polythiozonid des Kautschuks.

Nach einer mündlichen Mitteilung des Verfassers dürften die von QUINCKE beschriebenen Modifikationen des Schwefels mit den verschiedenen chemisch definierten Formen übereinstimmen. Hiernach würden S_a den rhombischen, S_b den monoklinen, d. h. den 8atomigen Schwefel in den beiden oben angegebenen Konstitutionen darstellen. Es ist ferner wahrscheinlich, daß S_7 mit dem polymeren Schwefel $[S_8]_x$, S_7 mit dem Thiozon S_3 übereinstimmt. Sollte sich dieses bestätigen, so hätte man eine interessante Analogie in den Resultaten, die auf ganz verschiedenen Wegen gefunden sind. *Schk.*

Röntgenstrahlen. Schon Röntgen hatte nachgewiesen, daß das Durchdringungsvermögen der Röntgenstrahlen zunimmt, wenn sie durch immer dickere absorbierende Schichten filtriert werden, und er hatte daraus geschlossen, sie müßten aus einem Gemisch mehr oder weniger absorbierbarer Strahlen bestehen. Diese verschiedene Absorbierbarkeit der einzelnen Strahlenarten wurde von W. SERTZ einer erneuten Prüfung unterzogen¹⁾. Die Strahlen traten durch ein möglichst dünnes Aluminiumfenster aus der Röhre ins Freie. Als Intensitätsmaß diente die positive Ladung, welche die Strahlen einem Platinblech im höchsten Vakuum erteilen. Das dachförmige Platinblech befand sich daher in einem zu evakuierenden Raum, in den die Strahlen durch ein zweites Aluminiumfenster gelangten. Zwischen die beiden 1 cm voneinander entfernten Fenster wurden Blätter von Metallfolie oder dünne Bleche (Stanniol und Aluminium) gebracht; dann wurde der Elektrometerschlag beobachtet, den die Strahlen in einer bestimmten Anzahl von Sekunden hervorbrachten. In dieser Weise wurden die Verhältnisse J_0/J_1 , J_1/J_2 , J_2/J_3 usw. gemessen, wobei J_0 die Strahlenintensität ohne Zwischenschaltung eines Blattes, J_1 die durch ein, J_2 die durch zwei Blätter hindurchgelassene Intensität bedeutet. Aus den Versuchen ergab sich, daß das Durchdringungsvermögen anfangs sehr rasch zunimmt, um

¹⁾ Annalen der Physik 27, 301 (1908).

sich später einem bestimmten Grenzwert zu nähern. Der weitaus größte Teil der Strahlen ist also sehr absorbierbar und wohl nicht imstande, die Glaswand einer gewöhnlichen Röntgenröhre zu passieren. Der kleine Rest von konstantem Durchdringungsvermögen, der nach genügender Filtration durch etwa 9 Stanniol- oder 20 Aluminiumblätter übrig bleibt, besteht wohl aus den Strahlen, die entstehen, wenn Elektronen gehemmt werden, ehe sie ihre Geschwindigkeit im Metall verringert haben.

Weitere Versuche betrafen den Einfluß eines Silberblechs auf die Härte der Strahlen, worüber Walter eigentümliche Beobachtungen gemacht hatte. Es zeigte sich, daß die Strahlen beim Durchgang durch Silber besonders bei niederen Entladungsspannungen etwas härter wurden. Der Einfluß des Silbers wurde geringer, wenn die Strahlen beim Verlassen der Röhre erst durch Aluminium filtriert wurden. Auch wird durch Filtration mit Aluminium das Durchdringungsvermögen für Silber weniger gesteigert als für Aluminium; dient dagegen Silber als Filter, so wird das Durchdringungsvermögen für Silber mehr als für Aluminium verstärkt. Eine Erklärung aller dieser Beobachtungen findet der Verf. in folgendem. Die von der Röhre ausgehenden Strahlen bestehen aus einem Gemisch längerer und kürzerer Impulse. Für Aluminium wächst das Durchdringungsvermögen kontinuierlich mit Abnahme der Impulslänge, Silber dagegen hat ein Minimum des Absorptionsvermögens bei Impulsen mittlerer Breite. Es absorbiert ebenso wie das Aluminium vor allem die längsten Impulse und erhöht dadurch im ganzen die Härte des Strahlengemisches sowohl für Silber als für Aluminium; da es aber auch die kürzesten Impulse, die für Aluminium ganz besonders durchdringend sind, größtenteils wegnimmt, so wird die Absorption im Aluminium weniger als im Silber verringert. Die Verhältnisse entsprechen denen der selektiven Lichtabsorption.

Die von verschiedenen Stoffen zurückgeworfenen sekundären Röntgenstrahlen waren, wie bereits früher berichtet wurde, vom Atomgewicht der Substanz abhängig gefunden worden (d. Zeitschr. 21, 121). Weitere Untersuchungen von BARKLA und SADLER ergaben, daß die Sekundärstrahlen aussendenden Stoffe sich in zwei verschiedene Gruppen teilen lassen¹⁾. Die erste Gruppe

enthält alle Substanzen mit niedrigen Atomgewichten vom Wasserstoff bis zum Schwefel, die H-S-Gruppe. Jedes dieser Elemente sendet, wenn es primären Röntgenstrahlen ausgesetzt ist, eine zerstreute Strahlung aus, die fast ganz die gleiche durchdringende Kraft hat wie die primäre Strahlung, auch dieselben Strahlenarten in gleichem Verhältnis besitzt. Die Intensität der Strahlung pro Atom ist proportional dem Atomgewicht. In einer Richtung, die senkrecht steht zu der Richtung einer „weichen“ primären Strahlung, ist die sekundäre Strahlung fast vollständig polarisiert, ihre Intensität ist dabei in verschiedenen dieser senkrechten Richtungen verschieden, woraus eine teilweise Polarisation des primären Strahles gefolgert wird, deren Betrag mit der Härte der Vakuumröhre abnimmt. In einer der Einfallsrichtung der primären Strahlen nahezu parallelen Richtung ist die Intensität der sekundären Strahlung annähernd zweimal so groß als der Mittelwert der Strahlung in den hierzu senkrechten Richtungen.

Die zweite Gruppe von Stoffen, die Sekundärstrahlen aussenden, umfaßt die Elemente mit höheren Atomgewichten als der Schwefel. Untersucht wurden namentlich Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag. Diese senden bei weicher Primärstrahlung wohl auch in geringerem Grade zerstreute Strahlen wie die erste Gruppe aus. Bei mittlerer Härte der Primärstrahlung aber ist die sekundäre Strahlung dieser Elemente völlig homogen, mag die erzeugende Primärstrahlung auch aus noch so viel verschiedenen Strahlenarten zusammengesetzt sein. Die durchdringende Kraft dieser homogenen Strahlung ist unabhängig von Intensität und durchdringender Kraft der primären Strahlung, dagegen ist sie eine periodische Funktion des Atomgewichts des strahlenden Elements. Die Energie der homogenen Sekundärstrahlung ist viel größer als die Energie der zerstreuten Strahlung; sie wird aber leichter absorbiert als die erzeugende Primärstrahlung. War die Primärstrahlung weicher als die für das Element charakteristische homogene Sekundärstrahlung, so wurde diese nicht emittiert. Im Gegensatz zu der Strahlung der ersten Gruppe war die Intensität der homogenen Strahlung in allen Richtungen (parallel und senkrecht zur Richtung der erregenden Primärstrahlung) nahezu dieselbe. Die Strahlung ist ganz besonders durchdringend für das Element, das sie aussendet, oder für die dem Atomgewicht nach benachbarten Elemente. Der Bruchteil

¹⁾ Phil. Mag. 16, 550 (1908).

der homogenen Strahlung des Kupfers, der durch Luft zerstreut wurde, war der gleiche wie der der primären Strahlung; auch hatten diese tertiären Luftstrahlen dieselbe Absorbierbarkeit wie die Sekundärstrahlen. Im einzelnen unterscheiden die Verf. unter den Elementen der zweiten Klasse noch die Cr-Zn-Gruppe, die Ag-J-Gruppe und die W-Bi-Gruppe, deren Strahlungen einige besondere Eigenschaften aufweisen.

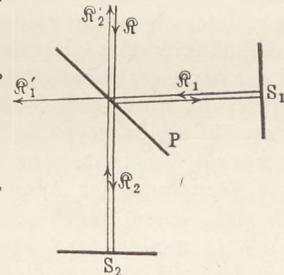
Im Anschluß an diese Beobachtungen gibt BARKLA theoretische Erwägungen über die Natur der Röntgenstrahlen und wendet sich dabei namentlich gegen die von BRAGG vertretene Ansicht, daß X- und γ -Strahlen nicht Ätherimpulse, sondern neutrale Doppelteilchen seien. BRAGG hatte in Verbindung mit MADSEN eine Reihe von Versuchen beschrieben, aus denen eine gewisse Unsymmetrie der von γ -Strahlen radioaktiver Körper erzeugten Sekundärstrahlen hervorzugehen schien, und aus diesen und noch einigen anderen Versuchen den Schluß gezogen, daß sowohl die γ -Strahlen als die ihnen wesensgleichen X-Strahlen als materielle Teilchen, nämlich als neutrale Paare aufzufassen seien¹⁾. BARKLA findet, daß seine Beobachtungen in keiner Weise für die BRAGGSche Theorie sprechen, gibt aber zu, daß bei sehr harten Röntgenstrahlen Erscheinungen auftreten, die mit der Theorie der Ätherimpulse schwer zu vereinen sind.

Die von Barkla auf Grund der Sekundärwirkung gefundene teilweise Polarisation der Röntgenstrahlen wird von anderen Forschern bezweifelt. Haga konnte überhaupt keine Polarisation nachweisen, J. D. VAN DER WAALS JR. hält es für möglich, daß 2 Proz. der Röntgenstrahlen polarisiert sind²⁾. Er folgert dieses aus der Annahme, daß ein Kathodenstrahlenteilchen, sobald es mit dem ersten Elektron der Antikathode zusammentrifft, etwa 0,02 seiner Energie verliert. Zu den anderen Elektronen gelangt das Teilchen im Zickzack, so daß es nachher keine ausgezeichnete Richtung mehr gibt. Nur wenn die Bremsung der Elektronen allgemein geradlinig erfolgte, müßten die Strahlen ganz polarisiert sein. H. C. WIND ist der Meinung, daß die Elektronen der Kathodenstrahlen erst durch Tausende von Atomen der Antikathode hindurchfliegen, ehe sie von einem Atom aufgehalten werden³⁾. Doch wird beim Durch-

gang jedes Elektrons das elektromagnetische Feld des Atoms, das ja selbst aus Elektronen und positiven Teilchen besteht, gestört, und die Folge davon ist eine Ätherwelle. Nur $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{100}$ der gesamten Energie der Röntgenstrahlen wird durch die Bremsung der Kathodenteilchen selbst geliefert, der übrige Teil rührt von den Atomen her. Die große Energie der Röntgenstrahlen wäre hierdurch erklärt.

Schk.

Thermodynamik der Interferenzerscheinungen. Von M. LAUE¹⁾. In keiner bisherigen Untersuchung über die Thermodynamik der Strahlung sind Interferenzerscheinungen in Betracht gezogen. Seitdem Planck die Begriffe Entropie und Temperatur auf einzelne Strahlenbündel ausgedehnt hatte, war die Frage zu beantworten, wie sich diese Größen bei Interferenzerscheinungen verhalten. Der Verf. betrachtet eine ideelle, dem Michelsonschen Interferometer nachgebildete Versuchsanordnung (Fig. 1). P ist eine planparallele Platte aus absorptionsfreiem Material, S_1 und S_2 sind zwei ebene, zu P symmetrisch liegende, vollkommen reflektierende Spiegel. Das auf P fallende Strahlenbündel mit der spezifischen Intensität \mathfrak{R} spaltet sich in ein gespiegeltes und gebrochenes, deren Intensitäten, wenn r das Reflexionsvermögen der Platte bedeutet, $\mathfrak{R}_1 = r \cdot \mathfrak{R}$, $\mathfrak{R}_2 = (1 - r) \mathfrak{R}$ sind. Beide Strahlenbündel fallen senkrecht auf die Spiegel, kehren nach der Reflexion nach P zurück und geben hier durch nochmalige Spiegelung und Brechung Anlaß zur Entstehung von vier Strahlenbündeln, die sich paarweise überlagern. Jeder von ihnen hätte allein die Intensität $r(1 - r) \mathfrak{R}$. Da sie aber wegen der gleichen Weglängen ohne Phasendifferenz interferieren, so addieren sich ihre Amplituden, und die Intensität wird $\mathfrak{R}'_1 = 4r(1 - r) \mathfrak{R}$. Da nach dem Energieprinzip $\mathfrak{R}'_1 + \mathfrak{R}'_2 = \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2 = \mathfrak{R}$ ist, so erhält man für die Intensität des anderen interferierenden Strahlenpaares $\mathfrak{R}'_2 = (1 - 2r)^2 \cdot \mathfrak{R}$. Aus den Gleichungen läßt sich nun leicht ersehen, daß,



¹⁾ Ann. d. Physik **20**, 365 (1906); **23**, 1 und 795 (1907); Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **9**, 606 (1907); Phys. Zeitschr. **9**, 778 (1908).

¹⁾ Phil. Mag. **15**, 663; **16**, 918 (1908).

²⁾ Arch. Néerl. **13**, 91; Beibl. **32**, 1014 (1908).

³⁾ Arch. Néerl. **13**, 94; Beibl. **32**, 1014 (1908).

wenn das Reflexionsvermögen r zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ liegt, $(\mathfrak{R}_1' - \mathfrak{R}_2') > (\mathfrak{R}_1 - \mathfrak{R}_2)$ ist, d. h. der Unterschied der Intensitäten nimmt durch den Interferenzvorgang zu. Da aber ihr arithmetisches Mittel konstant bleibt, und die Temperatur sich immer in demselben Sinne ändert wie die Intensität, so heißt das: Es gibt Interferenzerscheinungen, die den Temperaturunterschied zwischen zwei Strahlenbündeln vergrößern.

Dieses Ergebnis steht scheinbar im Widerspruch mit dem Carnotschen Prinzip, nach welchem Wärme nicht ohne Kompensation vom kälteren zum wärmeren Körper übergehen kann. Wenn man die Entropie eines Systems von zwei Strahlenbündeln als Summe ihrer Einzelentropien berechnet, so ergäbe der Interferenzvorgang eine Abnahme der Entropie. Zur Lösung dieses Widerspruchs zieht LAUE den Boltzmannschen Gedanken des Zusammenhanges zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit heran und weist nach, daß das Additionstheorem der Entropie nur dann gilt, wenn die beiden Teile des betrachteten Systems voneinander vollständig unabhängig sind. Das ist nun wohl für die Lage und Geschwindigkeit der Molekeln eines Gases in zwei verschiedenen Teilen eines gaserfüllten Raumes der Fall, gilt aber nicht für zwei kohärente Strahlenbündel; ist hier die Verteilung der Amplituden und Phasen in dem einen gegeben, so kennt man sie auch in dem andern. Die beiden Strahlenbündel sind also im Sinne der Wahrscheinlichkeitslehre nicht voneinander unabhängig, und das Additionstheorem der Entropie ist hier nicht mehr gültig. Die Entropie der ursprünglichen Strahlen ist kleiner als die Summe ihrer Einzelentropien.

Nimmt man das Reflexionsvermögen $r = \frac{1}{2}$, so wird $\mathfrak{R}_1' = \mathfrak{R}$, $\mathfrak{R}_2' = 0$, d. h. das einfallende Strahlenbündel wird durch die erste Spiegelung und Brechung an der planparallelen Platte in zwei zerlegt, diese setzen sich aber durch gemeinsame Spiegelung und Brechung wieder zu einem dem einfallenden in allen Stücken äquivalenten zusammen. Wählt man die Stellung der Spiegel zu den einfallenden Strahlen nicht senkrecht, so läßt sich das gleiche für jeden anderen Wert des Reflexionsvermögens zeigen. Spiegelung und Brechung ist daher ein umkehrbarer Vorgang, falls sie nicht mit Absorption verknüpft ist. Daraus folgt dann, daß die Entropie zweier kohärenter Strahlenbündel gleich der desjenigen ist, in welches sie sich umwandeln lassen. Ist die letztere $E = \sigma \cdot L(\mathfrak{R})$, wo L

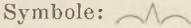
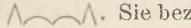
eine universelle Funktion von \mathfrak{R} darstellt, σ von den geometrischen Bestimmungsstücken des Strahlenbündels abhängt. so ist $E = \sigma \cdot L(\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2)$ die Formel für die Berechnung der Entropie zweier kohärenter Strahlenbündel von den spezifischen Intensitäten \mathfrak{R}_1 und \mathfrak{R}_2 . Sind es mehr als zwei, so wird $E = \sigma \cdot L(\Sigma \mathfrak{R})$. Aus den gleichen Überlegungen berechnet der Verf. die Entropie partiell kohärenter Strahlenbündel und gelangt zu einer Formel, die den stetigen Übergang von dem für inkohärente Strahlenbündel geltenden Additionstheorem zu dem für kohärente Strahlenbündel abgeleiteten Gesetz vermittelt.

Schl.

Altes und Neues über Stereoskopie. Im Jahrgang 15, S. 294–297 sind unter dem Titel „Neue Anwendungen der Stereoskopie“ besonders die Untersuchungen Pulfrichs berücksichtigt, soweit sie für den Unterricht Wert besitzen. Seitdem hat ein anderer Mitarbeiter der Firma Zeiß zwei Werke über Stereoskopie herausgegeben, von denen das größere „Die binokularen Instrumente“ (Verlag von J. Springer, 6 M) von Keferstein-Hamburg im Jahrgang 21, S. 345 kurz besprochen und für die Handbibliothek der Kabinette mit Recht warm empfohlen wurde. Das Erscheinen von Nr. 168 Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften bringt nun von demselben Verfasser „Abhandlungen zur Geschichte des Stereoskops“ von Wheatstone, Brewster, Riddell, Helmholtz, Wenham, d'Almeida und Harmer. Da das Buch einige für den Unterricht wertvolle Figuren, Versuchsanordnungen und Bemerkungen bringt, so soll etwas ausführlicher darüber berichtet werden. Gleich die ersten Wheatstoneschen Beiträge zur Physiologie der Gesichtswahrnehmungen (1838) bringen eine Reihe von Versuchen, die auf den beigegebenen Tafeln des Buches zur Darstellung gebracht sind. Die Bemerkung aus Lionardo da Vincis Trattato della Pittura wird man sich nicht entgehen lassen: Gemälde sollen einäugig betrachtet werden. Beifolgende Spiegelschemata geben Aufschluß über Orthoskopie und Chiasoskopie:

In den vier schematischen Figuren a, b, c, d bedeuten s, s', s'' die zusammengehörigen Spiegelpaare, β, β' die Bilder, ** die Augen. Dann geben a und b orthoskopische Bilder, c und d chiasoskopische, weil in den ersten beiden Fällen die Augen die für sie bestimmten Bilder bekommen, in den beiden letzten Fällen dagegen nicht. Die Dimension vorn—hinten geht daher in diejenige hinten—vorn über,

das Konvexe wird konkav und umgekehrt, eventuell fallen die Schatten von der verkehrten Seite. Für diese Versuche sind Spiegel entbehrlich, wenn man Dovesche Prismen besitzt, die ein totalreflektiertes gespiegeltes Bild für Geradsicht liefern.

Am besten merkt man sich folgende Symbole:  und . Sie bezeichnen die Lage des Nasenrückens und der Augen für die Fälle der Orthoskopie und Chiasoskopie (Pseudoskopie). Als Abbe 1880 sein binokulares Mikroskop konstruierte, stellte er die wichtige Regel auf: Die einzige notwendige Bedingung für die orthoskopische Wirkung in irgend einem binokularen Apparat ist, daß die betreffenden Halbkreise ( ) und nicht so   liegen. Diese Symbole haben dieselbe Bedeutung wie die obigen, von M. v. Rohr stets verwendeten.

Auch die zweite Arbeit Wheatstones vom Jahre 1852 ist abgedruckt. Sie enthält den Passus: „Seit dem Jahre 1838 sind mir zahlreiche Abarten des Stereoskops eingefallen, und verschiedene geistreiche Einrichtungen sind auch von Sir David Brewster und Prof. Dove vorgeschlagen worden; aber es gibt keine Form des Instrumentes, die so viele Vorzüge für die Erforschung der Erscheinungen des beidäugigen Sehens böte wie das ursprüngliche Spiegelstereoskop.“ In der Praxis hat jedoch das Brewstersche den Sieg davongetragen, besonders seit die Photographie zwei Bilder, das rechtäugige und das linkäugige, nebeneinander lieferte. Die Apparate Brewsters stellte Dubosq her. Sie hatten auch den Vorteil leichter Tragbarkeit. Bei einiger Übung und nicht zu verschiedenen Augen sieht man die nebeneinander liegenden Bilder auch mit bloßem Auge stereoskopisch. Man

kann dann mit kleinen Spiegelstücken die Bilder zur Deckung bringen oder vertauschen. Bereits 1849 hatte Brewster darauf aufmerksam gemacht, daß man alle Bedingungen erhalte, um ein großes Objekt, beispielsweise eine Statue, mathematisch genau n -fach verkleinert zu erblicken, wenn man die Aufnahmeobjekte in einen Abstand voneinander bringe, der n -mal so groß sei wie der der Augen des Beobachters (65 mm). Man habe dann auch den Vorteil, das Relief des Objektes deutlich wahrzunehmen. Bezeichnen wir die Strecke, an deren Endpunkten die Aufnahmen stattfinden, als Standlinie, so wird die Plastik oder das Relief so viele Male vergrößert, als der Pupillenabstand von 65 mm in dieser Strecke enthalten ist. Benutzt man nun eine vergrößernde Lupe, und als solche wirken die halben Linsen des Brewsterschen Stereoskopes, so würden auch die beiden andern Dimensionen (rechts—links, oben—unten) vergrößert, so daß man einen Apparat herstellen kann, bei dem sämtliche Dimensionen annähernd gleichviel vergrößert sind. Das ist das Telestereoskop von Helmholtz (1857), für welches die Originalabhandlung dem Buche eingefügt ist. Die einfachste Form ist bereits in dem obigen Schema b gegeben. Durch Auseinanderrücken der größeren Spiegel kann man die Plastik beliebig erhöhen. Man mache den Schüler auf die Manöveraufnahmen aufmerksam, bei denen die Offiziere durch ein Relieffernrohr sehen, dessen Plastik durch Scharnierdrehung beliebig erhöht werden kann. Ist die Vergrößerung des Fernrohrs achtfach, so würde die Plastik am besten auch achtmal vergrößert werden müssen. Mit einem gewöhnlichen Krimstecher zeigt man, daß die Plastik beim richtigen Hindurchsehen erniedrigt, beim Sehen durchs Objektiv erhöht ist. Helmholtz sagt: „Während also durch ein einfaches Fernrohr alle Gegenstände wie Gemälde erscheinen, sieht man durch ein doppeltes Opernglas volle Gegenstände wie Basreliefs und durch dasselbe Opernglas in umgekehrter Haltung wirkliche Basreliefs wie Hautreliefs.“ Eine schräg gehaltene Glasplatte verschiebt die Strahlen seitwärts. Neigt man also zwei Glasplatten so zusammen, wie in dem obigen Schema a die Spiegel stehen, so wird man auch eine telestereoskopische Wirkung haben, wenn man hindurchblickt. Wenham konstruierte 1860 das Binokular-Mikroskop, mit dessen Verbesserung sich auch Helmholtz beschäftigt hat.

Interessant und wegen der billigen — in Papierläden für wenige Groschen käuf-

lichen — Apparate ist die Rot-Grün-Druckmethode, die im Jahre 1891 zuerst von Louis Ducos Duhauron angewendet wurde. Der Apparat heißt auch wohl Farbenstereoskop (Anaglyphen). Um die Priorität stritten d'Almeida und W. Rollmann. Dieser hat die Durchlässigkeitsmethode, die für Projektionsvorführungen viel benutzt wird, jener die Absorptionsmethode zuerst angewendet. Auf die Möglichkeit stereoskopischer Entfernungsmessung hat ja Mach 1865 zuerst aufmerksam gemacht. Er dachte in erster Linie an die richtige Orientierung anatomischer Schnitte, die übereinander liegen, eine Methode, die in der Tat bis zur Erfindung Röntgens (1895), die Radiogramme ermöglichte, beachtenswert war. Das Porrosche Prisma setzte die Optik in den Stand, die Erhöhung des Reliefs bei stärkerer Vergrößerung in den Krimstechern und Relieffernrohren zu erreichen, und der Firma Zeiß (Pulfrich) gebührt das Verdienst, die parallaktischen Differenzen für jede beliebige Basis bis zum Erdbahndurchmesser mit dem Stereokomparator durch Wandermarken ausmeßbar gemacht zu haben. Besonders M. Wolf (Königstuhl-Heidelberg) hat dann auch die ältere Dovesche Methode zur Feststellung der Identität zweier Drucke, die inzwischen auch auf mikrometrische Maßstäbe ausgedehnt war, für astronomische Zwecke nutzbar gemacht. Den Kabinetten sei die Anschaffung der Stereoskopbilder vom Sternenhimmel von M. Wolf (Verlag J. A. Barth, 1906) empfohlen. Sie sind in jedem Stereoskop zu gebrauchen und zeigen anschaulich die Verwendungsmöglichkeiten der stereoskopischen Methode in der Astronomie. Dem Schüler ist von der Lichtgeschwindigkeitsmethode nach Bradley der Tangenswert $1:10000$ ($\frac{1}{3}$ Bogenminute) bekannt. Hier kann er denselben Wert benutzen, um sich zu merken, daß für das bloße Auge der kleinste parallaktische Winkel derselbe ist. Die kleinste, in normaler deutlicher Sehweite (25 cm) wahrnehmbare Distanz ist demnach $\frac{250}{10000} = \frac{1}{40}$ mm. Die größte Entfernung, auf die hin parallaktische Tiefen-

schätzung mit unbewaffnetem Auge erfolgen kann, berechnet sich aus dem Produkt Pupillendistanz mal 10000, also zu 650 m im Maximum. Das Fernrohr vergrößert die Sehwinkel; ein hundertmal vergrößerndes Fernrohr dringt also, wenn man sich zunächst den Pupillenabstand noch als Basis denkt, bereits bis 65 km in die Tiefe vor. Der photographische Apparat in Verbindung mit dem Stereokomparator kann den Erdbahndurchmesser (16 Minuten Lichtzeit) als Basis nehmen und daher mit jedem Fernrohr 10000×100 , also millionmal so weit dringen. Das ergibt bereits einige Lichtjahre.

Bemerkenswert ist, daß Kepler bereits die Entfernung unserer Augen die trigonometrische Basis genannt hat, von der aus wir die umgebende Welt vermessen. Ändern wir sie, so ändert sich die Tiefenwahrnehmung. Harmer (Brit. Journ. of Phot. 1892, 39) gebührt das Verdienst, das stereoskopische Prinzip für die astronomische Photographie bereitgestellt zu haben. Damals schon sagt er: „Die in Abständen von sechs Monaten oder darunter aufgenommenen Platten könnten bei einzelnen Sternen eine Parallaxe erkennen lassen.“ Mit Recht ist diese Abhandlung in diesem Buche aufgenommen worden. Wichtig ist auch, daß nicht sowohl die Stellung der Augenachsen selbst es ist, was uns in Gestalt eines Urteils über die Entfernung gesehener Objekte zum Bewußtsein kommt, als die Richtung der erforderlichen Änderung dieser Stellung bzw. die nötige Zu- oder Abnahme der Konvergenz in dem Moment, wo der Blick von entfernteren auf nähere Punkte oder umgekehrt übergeht. Hering sagt: „Unsere Anschauung der Außenwelt deckt fast nie die Wirklichkeit, weil die Tiefenauslegung des Netzhautbildes stets eine unvollkommene ist und auf halbem Wege zwischen dem flachen Netzhautbilde und der körperhaften Wirklichkeit stehen bleibt. Unsere Anschauung ist gewissermaßen ein Relief, das zwischen Planbild und voller Körperlichkeit die Mitte hält. Daraus folgt, daß höchstens einige wenige Punkte am richtigen Ort erscheinen können.“

W. Grosse-Bremen.

3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

Die Einheit des physikalischen Weltbildes ¹⁾.
Von MAX PLANCK. Einer unserer hervorragendsten theoretischen Physiker entwirft

¹⁾ Vortrag, gehalten am 9. Dezember 1908 in der naturwissenschaftlichen Fakultät des Studenten-

hier die Hauptzüge eines einheitlichen physikalischen Weltbildes, wie es sich ihm persön-

korps an der Universität Leiden von Max Planck, Professor der theoret. Physik an der Universität Berlin. Leipzig, S. Hirzel, 1909. 38 S.

lich gestaltet hat, und wie es sich nach seiner Vermutung in Zukunft gestalten wird. In einer einleitenden Betrachtung führt er aus, wie der Entwicklungsgang der Physik darauf gerichtet ist, das anthropologische Empfindungselement immer mehr aus der systematischen Darstellung der Naturvorgänge zu eliminieren; so ist in der Wärmelehre der Temperaturbegriff und seine Definition völlig von der Wärmeempfindung abgelöst, ähnlich sind in der physikalischen Akustik und Optik die Sinnesempfindungen geradezu ausgeschaltet. Genau ebenso ist es mit dem Kraftbegriff gegangen. Durch die Emanzipation von den anthropomorphen Elementen ist andererseits eine Vereinheitlichung des Systems möglich geworden, die die Signatur der ganzen bisherigen Entwicklung der Physik bildet. Selbst die beiden großen Gebiete, die man bisher als Physik der Materie und Physik des Äthers unterschieden hat, lassen sich nicht mehr scharf voneinander abgrenzen. „Gehören z. B. die Vorgänge der Lichtemission zur Mechanik oder zur Elektrodynamik? Oder in welches Gebiet soll man die Bewegungsgesetze der Elektronen rechnen?“ Überhaupt scheine der ursprüngliche Gegensatz zwischen Äther und Materie etwas im Schwinden begriffen zu sein; eine passend verallgemeinerte Auffassung der Mechanik werde vielleicht einmal die Elektrodynamik mitumschließen.

Einen viel tieferen Gegensatz jedoch als mechanische und elektrische Vorgänge bilden die reversiblen und die irreversiblen Prozesse; der Gegensatz beider dürfte in dem physikalischen Weltbild der Zukunft die Hauptrolle spielen. Ihre Unterscheidung hängt mit der Grundlegung des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie eng zusammen. Der Verfasser setzt auseinander, daß dieser Satz die Eierschalen seines anthropomorphen Ursprungs noch nicht völlig abgestreift habe; doch habe der Kern des Satzes mit menschlichen Fähigkeiten nichts zu tun, und seine endgültige Formulierung werde in einer Weise erfolgen müssen, die keinerlei Bezugnahme auf die Ausführbarkeit irgendwelcher Naturprozesse durch Menschenkunst enthält. (In betreff der besonders lesenswerten Ausführungen zu dieser Frage muß auf die Schrift selbst verwiesen werden.) Es handelt sich in letzter Instanz darum, den Begriff der Entropie derart zu verbessern, daß er von der Voraussetzung gewisser reversibler, noch dazu in Wirklichkeit gar nicht einmal ausführbarer Prozesse unabhängig wird. Die vorübergehende Einführung solcher idealer Prozesse

ist vielleicht nur ein Umweg gewesen. In der Tat ist die Emanzipierung des Entropiebegriffs von menschlicher Experimentierkunst und die Erhebung des zweiten Hauptsatzes zu einem realen Prinzip bereits vollzogen durch die wissenschaftliche Lebensarbeit Ludwig Boltzmanns, die darin besteht, daß er den Begriff der Entropie auf den Begriff der Wahrscheinlichkeit zurückgeführt hat. So geht z. B. die Wärme von einem Körper von höherer Temperatur zu einem von tieferer über, weil der Zustand gleicher Temperaturverteilung wahrscheinlicher ist als jeder Zustand ungleicher Temperaturverteilung. Die Berechnung einer bestimmten Größe der Wahrscheinlichkeit für jeden Zustand eines Körpersystems wird ermöglicht durch die Einführung der atomistischen Theorie und der statistischen Betrachtungsweise. Für die Wechselwirkung der Atome gelten dann die bekannten Gesetze der Physik, während allerdings für die Körpersysteme an die Stelle der absoluten Notwendigkeit des bisherigen Weltbildes eine bloße Wahrscheinlichkeit, wenschon eine enorm hohe, tritt. Die Entropie ist dann dem Logarithmus der Wahrscheinlichkeit proportional. Die Fruchtbarkeit dieser neuen Definition der Entropie hat sich bereits in der Theorie der Wärmestrahlung gezeigt, da sie zur Aufstellung von Gesetzen geführt hat, die mit der Erfahrung gut übereinstimmen. Ferner entspricht es der Theorie, daß es Fälle geben kann, in denen die Gesamtentropie zweier Systeme verschieden ist von der Summe der Einzelentropien. Der Nachweis, daß solche Fälle wirklich vorkommen, ist (1907) durch M. Laue¹⁾ geliefert worden, indem er zeigte, daß zwei kohärente Strahlen von beliebiger Temperatur sich durch eine einfache optische Vorrichtung in zwei andere verwandeln lassen, die eine größere Temperaturdifferenz besitzen. Auch von der Energie der Brownschen Molekularbewegung wäre es sehr wohl denkbar, daß aus ihr nutzbare lebendige Kraft hervorginge. Und selbst die von dem zweiten Hauptsatz drohende Gefahr des „Wärmetodes“ würde auf solche Art vermeidbar werden, ohne daß die Allgemeingültigkeit des zweiten Hauptsatzes angetastet zu werden brauchte. —

Zum Schluß wendet sich der Verfasser zu der Erörterung der Frage: „Ist das physikalische Weltbild lediglich eine mehr oder minder willkürliche Schöpfung unseres Geistes, oder finden wir uns zu der gegenteiligen

¹⁾ Man vgl. den Bericht in diesem Heft S. 121.

Auffassung getrieben, daß es reale, von uns unabhängige Dinge widerspiegelt? Oder konkreter: „Dürfen wir vernünftigerweise behaupten, daß das Prinzip der Erhaltung der Energie in der Natur schon gegolten hat, als noch kein Mensch darüber nachdenken konnte, oder daß die Himmelskörper sich auch dann noch nach dem Gravitationsgesetz bewegen werden, wenn unsere Erde mit allen ihren Bewohnern in Trümmer gegangen ist?“ Der Verfasser beantwortet diese Frage mit ja und stellt sich dadurch in Gegensatz zu der von E. Mach ausgehenden Auffassung. Ja, er erklärt die Atome für nicht mehr und nicht weniger real als die Himmelskörper oder als die uns umgebenden irdischen Objekte. Der Satz, daß ein Wasserstoffatom $1,6 \cdot 10^{-24}$ g wiegt, enthält keine geringere Art von Erkenntnis wie der, daß der Mond $7 \cdot 10^{25}$ g wiegt. Der große Erfolg, den Machs Erkenntnistheorie bei den Naturforschern gefunden habe, sei eine Art Reaktion gegen die stolzen Erwartungen, die man vor einem Menschenalter an die speziell mechanische Naturanschauung geknüpft hatte. Aber wenn auch dem Machschen System kein innerer Widerspruch nachzuweisen sein werde, so sei

doch seine Bedeutung im Grunde nur eine formalistische, weil ihm die Forderung eines konstanten, von dem Wechsel der Zeiten und Völker unabhängigen Weltbildes fremd sei. Das konstante einheitliche Weltbild aber sei gerade das feste Ziel, dem sich die wirkliche Naturwissenschaft in allen ihren Wandlungen fortwährend annähere, und schon unser gegenwärtiges Weltbild enthalte gewisse Züge, die durch keine Revolution weder in der Natur noch im menschlichen Geiste je mehr verwischt werden könnten. Auch bei allen großen Forschern der Vergangenheit, bei Copernikus, Kepler, Newton, Huygens, Faraday sei das Treibende der Glaube an die Realität ihres Weltbildes gewesen. Jene Männer sprachen nicht von ihrem Weltbild, sondern von der Welt oder der Natur selbst, und auch unser „Weltbild der Zukunft“ sei im Grunde nicht davon verschieden. Es empfehle sich schon vom ökonomischen Standpunkt aus, schlichtweg wieder von der Welt zu sprechen und jene mehr realistische Ausdrucksweise wieder anzuwenden, wie sie von den Physikern tatsächlich stets gebraucht wird, wenn sie in der Sprache ihrer Wissenschaft reden.

P.

4. Unterricht und Methode.

Die preußischen Lehrpläne für das höhere Mädchenschulwesen. Die Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens in Preußen¹⁾ setzt die bisherige, von neun auf zehn Klassen erweiterte höhere Mädchenschule in nahe Verbindung einerseits mit dem „Lyzzeum“, das an jene anschließend in dreijährigem Kursus die wissenschaftliche Ausbildung zum Lehrerinnenexamen gewährt und andererseits zu der „Studienanstalt“, die in drei parallelen Zweigen, auf den Wegen der Oberrealschule, des Realgymnasiums oder des Gymnasiums bis zur Reifeprüfung für die Universitätsstudien führt; und zwar gabelt sich der Oberrealschulzweig von der III. Klasse der höheren Mädchenschule (14. Lebensjahr), der Realgymnasialzweig und der Gymnasialzweig von der IV. Klasse (13. Lebensjahr) der höheren Mädchenschule ab. Die nachstehende

Übersicht gibt ein Bild der Neuordnung; es sind darin die einander entsprechenden Klassen untereinander gestellt:

| Höhere Mädchenschule: | | III | II | I | |
|-----------------------|--------------|-----|----|----|----------|
| Klasse X—IV | | | | | |
| Lyzzeum | | | | | III II I |
| Studien- anstalt | O.-R.-Kurse: | | V | IV | III II I |
| | R.-G.-Kurse: | VI | V | IV | III II I |
| | G.-Kurse: | VI | V | IV | III II I |

Uns gehen hier nur die Lehrpläne für den naturwissenschaftlichen Unterricht, und im besonderen für Physik und Chemie an. In den allgemeinen Bestimmungen ist ausgesprochen, es sei zu verhüten, daß die ästhetische und die Gefühlsbildung zu sehr überwiegen, während Verstandesbildung und Erziehung zu selbsttätiger und selbständiger Beurteilung der Wirklichkeit zurücktreten. Vielmehr sollen die letzteren Gesichtspunkte stärker zur Geltung kommen, insbesondere durch den von Klasse IV an eingeführten mathematischen Unterricht und durch Umgestaltung und Verstärkung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Mathematik hat in der Tat durch einen Be-

¹⁾ Bestimmungen über die Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens in Preußen. Nebst den Bestimmungen über die Zulassung der Frauen zum Universitätsstudium. 27 S.; Ausführungsbestimmungen zu dem Erlaß vom 18. August 1908 über die Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens. 110 S. Berlin, J. G. Cotta Nachfolger, 1908.

trieb von 3 wöchentlichen Stunden in den obersten 4 Klassen eine angemessene Berücksichtigung gefunden, die für die Naturwissenschaften angesetzte Stundenzahl erscheint jedoch nicht als ausreichend; man bedenke, daß 14 Stunden Geographie nicht mehr als 17 Stunden Naturkunde (einschließlich Physik und Chemie) gegenüberstehen. Die Verteilung auf die einzelnen Klassen ist folgende:

| Klasse | VII | VI | V | IV | III | II | I |
|------------------------|-----|----|---|----|-----|----|---|
| Natur- beschreibung | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | — |
| Physik und Chemie | — | — | — | — | 2 | 2 | 2 |

In den Ausführungsbestimmungen sind bezüglich der Physik und Chemie folgende Lehraufgaben vorgeschrieben:

Klasse III: Einige chemische Verbindungen und die darin enthaltenen chemischen Elemente; grundlegende Begriffe wichtiger chemischer Vorgänge. — Physikalische Grundbegriffe. Das für den folgenden Lehrgang Unentbehrliche aus der Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung der Körper und aus der Wärmelehre im Anschluß an Erscheinungen des täglichen Lebens.

Klasse II: (Chemische Unterweisungen im Anschluß an den botanischen und zoologischen Unterricht.) Einfache Erscheinungen aus dem Gebiete des Magnetismus, der Reibungselektrizität, der Optik und Akustik.

Klasse I: Die einfacheren Abschnitte aus der Mechanik der festen, flüssigen und luftförmigen Körper. Haupterscheinungen des elektrischen Stromes. Einiges aus der anorganischen Chemie der Metalloide.

In dieser Stoffverteilung fällt zunächst auf, daß in Klasse I drei Gebiete zusammengedrängt sind, deren jedes für sich reichlich $\frac{1}{2}$ Jahr beansprucht. Eine Nötigung hierzu ist um so weniger vorhanden, als andererseits die Mechanik innerhalb dieser Unterstufe (denn nur als solche kann dieser ganze Lehrplan, entsprechend dem der sechsklassigen Knabenrealschulen, angesehen werden) an zwei Stellen, die Chemie ebenfalls an zwei (bzw. sogar an drei) Stellen auftritt. Zum Teil dürfte diese Zerreißen dadurch veranlaßt sein, daß die Anatomie und Physiologie der Pflanzen und Tiere sowie des Menschen auf Klasse II gelegt ist, und hierfür gewisse Kenntnisse aus der Mechanik der drei Aggregatzustände wie auch aus der Chemie erforderlich sind. Diese Anordnung hängt

damit zusammen, daß für die Klasse I wegen der gleichzeitig einsetzenden Kunstgeschichte nur 2 naturwissenschaftliche Stunden zur Verfügung standen. Aber selbst wenn man diese Anordnung gelten läßt, wäre immer noch eine zweckmäßigere Verteilung des Lehrstoffes denkbar. Zum Glück ist das Provisorische der neuen Lehrpläne an verschiedenen Stellen mehr oder weniger deutlich zugestanden, man darf daher erwarten, daß die Schulbehörden etwaigen abweichenden Lehrplananträgen gegenüber ein ähnliches Entgegenkommen zeigen werden, wie es an den Knabenschulen seit 1901 geübt wird. Handelt es sich doch darum, die Einzelheiten des Planes erst an der Hand der zu sammelnden Erfahrungen auszugestalten. In Vorschlag gebracht sei die folgende Verteilung des Stoffes:

Klasse III: Einfachste Abschnitte aus der Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper. — Wärmelehre.

Klasse II: Propädeutischer Kursus der Chemie. — Akustik und Optik.

Klasse I: Magnetismus und Reibungselektrizität. — Der elektrische Strom.

Diese Anordnung entspricht den Vorschlägen, die in den Meraner Lehrplänen der Unterrichtskommission der Naturforscher und Ärzte für die Unterstufe enthalten sind. Sie weicht davon nur insofern ab, als der Stoff auf drei statt zwei Jahre verteilt ist und auch die Chemie umfaßt. Die auf Klasse II gelegten Abschnitte sind so gewählt, daß sie sich mit der dort behandelten Physiologie der Tiere und des Menschen zusammenschließen.

Eine prinzipiellere, aber auch heilsamere Änderung würde es freilich bedeuten, wenn man sich entschloße, in den Klassen III und II die drei Stunden ganz der Physik und Chemie zu widmen und dafür in I die zwei Stunden unverkürzt der Biologie nebst der Lehre vom Menschen zuzuweisen. Die Unterbrechung in den Klassen II und III würde durch eine nunmehr intensivere Behandlung in I und durch ein frischeres Interesse der Schülerinnen mehr als aufgehoben werden. Andererseits träte dadurch auch zwischen dem Unter- und dem Oberkursus in Physik eine nicht unwillkommene Unterbrechung ein (man vergleiche die zweijährige Unterbrechung an den österreichischen Gymnasien). Es wäre zu wünschen, daß auch in dieser Richtung Versuche gemacht würden.

Ein bunteres Bild bieten die Lehrpläne für die Oberstufe (Lyzeum und Studienanstalt) dar:

| A | B | C | | D |
|--|---|----------------|-----------|--|
| | | Studienanstalt | | |
| | Oberrealschule | Realgymnasium | Gymnasium | |
| Klasse III der höheren Mädchenschule (s. oben). | | | | Klasse VI (2 Std.) wie Klasse III der höheren Mädchenschule. |
| Klasse II der höheren Mädchenschule (s. oben). | Klasse V (4 Std.) wie Klasse II d. höheren Mädchenschule. | | | Klasse V (2 Std.) wie Klasse II der höheren Mädchenschule. |
| Klasse I der höheren Mädchenschule (s. oben). | Klasse IV (4 Std.): a) Physik 2 Std.: Einfachere Abschnitte aus der Mechanik der festen, flüssigen und luftförmigen Körper. Wärmelehre nebst einigem aus der Meteorologie. b) Chemie 2 Std.: Anorganische Chemie, besonders Metalloide. | | | Klasse IV (2 Std.): Einfachere Abschnitte aus der Mechanik usw. und der Wärmelehre. Einiges aus der anorganischen Chemie der Metalloide. |
| L y z e u m : | | | | |
| Klasse III (2 Std.): Optik und Akustik. Einiges aus der Chemie der Metalle und der organischen Chemie (Gesundheitslehre!). | Klasse III (4 Std.): a) Physik 2 Std.: Optik und Akustik. b) Chemie 2 Std.: Anorganische Chemie (Fortsetzung) unter Berücksichtigung mineralogischer, geognostischer und geologischer Verhältnisse. Grundlagen der organischen Chemie. | | | Klasse III (2 Std.): Fortsetzung der Wärmelehre. Akustik u. Optik. Einiges aus der anorganischen Chemie der Metalle. |
| Klasse II (3 Std.): Magnetik, Elektrik u. Wärmelehre (nebst einigem aus der Meteorologie). Wiederholungen aus dem biologischen Lehrstoff. | Klasse II und I (je 4 Std.): a) Physik (3 Std.): Magnetik, Elektrik. Kosmische Mechanik (Keplersche Gesetze), Newtonsches Gravitationsgesetz). Pendelbewegung, Wellenbewegung. Zusammenfassender Rückblick auf die Gesamtheit der physikalischen Erscheinungen. b) Chemie und Biologie 1 Std.: Fortsetzung der organischen Chemie. — Lehre von der Zelle und den niederen Lebewesen. Überblick über die Stämme des Tier- und Pflanzenreichs in aufsteigender Reihenfolge. Lehre vom Menschen (einschl. Gesundheitslehre). | | | Klasse II und I (je 2 Std.): Physik wie A, B und C; ferner einiges aus der organischen Chemie (Gesundheitslehre). Behandlung einzelner in sich geschlossener Gebiete der Biologie, im Anschluß an Klasse IV und V. |
| Klasse I (3 Std.): Kosmische Mechanik (Keplersche Gesetze, Newtonsches Gravitationsgesetz). Pendelbewegung, Wellenbewegung. Zusammenfassender Rückblick auf die Gesamtheit der physikalischen Erscheinungen. Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie. Lehre vom Menschen (einschließlich Gesundheitslehre). | | | | |

Hier ist offenbar eine Angleichung der Pläne für die verschiedenen Oberkurse aneinander und an den Plan für die höhere Mädchenschule angestrebt worden. Aber es sind doch auch befremdliche Abweichungen vorhanden. So versteht man nicht recht,

warum der Klasse IV der Studienanstalt in allen drei Abteilungen nicht (neben der Mechanik) die Elektrik zugewiesen ist wie der ihr entsprechenden I. Klasse der höheren Mädchenschule. Die Schülerinnen von IV erhalten in allen drei Zweigen die Wärme-

lehre, die sie bereits in III der höheren Mädchenschule. also zwei Jahre vorher, kennen gelernt haben, noch einmal vorgesetzt, während die Elektrik dem Unterkursus ganz vorenthalten wird und erst im letzten Jahrgang der Oberstufe auftritt. Nicht minder befremdlich ist es, daß Optik und Akustik (man erwartet die umgekehrte Reihenfolge) an den Anfang des Oberkurses gesetzt sind, während Pendelbewegung und Wellenbewegung, die doch für jene Gebiete von grundlegender Bedeutung sind, in die oberste Klasse verlegt sind. Man vermißt ferner eine Wiederaufnahme der Mechanik (wofür die beiden eben genannten Abschnitte nebst kosmischer Mechanik kein vollgültiger Ersatz sind). Man begreift auch nicht die einseitige Hervorhebung von Keplerschen Gesetzen und Newtonschem Gravitationsgesetz, während so wertvolle Kapitel wie die Himmelskunde und die kosmische Physik hier nicht erwähnt sind. (Für die Himmelskunde sucht man auch in den Lehrplänen für Geographie vergebens nach einer irgendwie ausreichenden Berücksichtigung; in Klasse II ist eine „zusammenfassende Darstellung der mathematischen Erdkunde“ zwischen „Deutschland“ und „Wiederholung der außer-europäischen Erdteile“ eingeschoben.) Von den Unstimmigkeiten zwischen den Plänen der verschiedenen Oberstufen soll bei der Unvollkommenheit der vorliegenden Anweisungen ganz abgesehen werden. Den einzigen Ausweg aus den hier sich häufenden Schwierigkeiten bietet die Möglichkeit, der Behörde Gegenvorschläge zu unterbreiten und deren Genehmigung zu erbitten.

Für Vorschläge in dieser Richtung seien die schon erwähnten Meraner Lehrpläne der Beachtung empfohlen, die freilich in mehrfacher Hinsicht Modifikationen erfordern werden, um den immerhin etwas anders gearteten Bedürfnissen der Mädchenausbildung gerecht zu werden. Dabei wäre auch eine völlige Angleichung der parallelen Klassen der verschiedenen Abteilungen des Oberkurses herbeizuführen, ebenso wie dies zwischen den Oberklassen der Knabenschulen der Fall ist. Dies erscheint um so wichtiger, als nicht selten, und namentlich in der ersten Zeit, Übergänge aus einem Kursus in den andern und auch noch von der obersten Klasse der höheren Mädchenschule in die Oberrealschulabteilung wünschenswert sein mögen, bei denen alle unnötigen Übergangsschwierigkeiten beseitigt werden sollten. In Betracht kommt ferner noch, daß gewiß vielfach von der

durch die Lehrpläne an die Hand gegebenen Möglichkeit Gebrauch gemacht werden wird, die entsprechende Parallelabteilungen der Oberstufe, besonders von Lyzeum und Studienanstalt, in einzelnen Fächern zu kombinieren.

Daß der naturwissenschaftliche Unterricht und besonders auch der physikalische nicht mathematisch, sondern experimentell und induktiv zu betreiben sei, ist eine neuerdings allgemein anerkannte Wahrheit. Es ist daher nicht recht angebracht, daß in den Ausführungsbestimmungen (S. 64) gesagt wird: „Auch die umfangreichen deduktiven Herleitungen physikalischer Gesetze können den Mathematikstunden zugewiesen werden“; und ähnlich S. 72: „Die unentbehrlichen mathematischen Entwicklungen sind, soweit sie größeren Umfang haben, möglichst dem Mathematikstunden zu überweisen“. Wir stellen dem die Thesen gegenüber: 1. Physikalische Gesetze sind der Regel nach aus Experiment und Beobachtung abzuleiten. 2. Umfangreiche deduktive Herleitungen physikalischer Gesetze gehören überhaupt nicht in den Unterricht. 3. Unentbehrliche mathematische Entwicklungen sind, wenn überhaupt, so in der Physikstunde selbst zu geben, da sie nicht aus dem Zusammenhang mit dem empirischen Stoff herausgerissen werden dürfen. Was an der Vorschrift der Lehrpläne berechtigt bleibt, ist etwa die Forderung, daß mathematische Anwendungen physikalischer Gesetze als Übungsbeispiele in den mathematischen Unterricht verwiesen werden sollten. (So auch die Meraner Vorschläge, Gesamtausgabe S. 124).

Allzu zurückhaltend klingt auch der Satz (S. 73): „Empfehlenswert ist es, die Schülerinnen, soweit es möglich ist, zu praktischen Übungen anzuregen.“ Angesichts der kräftigen Entwicklung, die die praktischen Schülerübungen neuerdings genommen haben, hätte man wohl eine wärmere Befürwortung erwarten dürfen. Hat man doch in Amerika längst den Schritt getan, auch die Schülerinnen zu physikalischen, chemischen, biologischen Übungen — nicht bloß „anzuregen“, sondern ihnen die Gelegenheit dazu in eigens dafür eingerichteten Laboratorien zu bieten. Hier eröffnet sich den Lehrern und Lehrerinnen der Naturwissenschaft in den höheren Mädchenschulen noch ein Feld lohnendster Tätigkeit, denn durch nichts besser als durch solche Übungen können die Schülerinnen zu „selbsttätiger und selbständiger Beurteilung der Wirklichkeit“ erzogen werden. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Fernübertragung von Schrift und Zeichnungen (Telautographie).*) Es ist früher eingehend über die Lösung der Aufgabe: „Photogramme in die Ferne zu übertragen“ berichtet worden; ein verwandtes und doch eigenartiges Problem ist die „Fernübertragung von Schrift und Zeichnungen“, und zwar im Augenblicke des Entstehens. Apparate, die dies ermöglichten, wären Fernschreiber oder Telegraphen im eigentlichen Sinne, wegen der Vorwegnahme dieser Bezeichnung für bereits lange dem Verkehr dienende Vorrichtungen verwendet man aber die Bezeichnung Telautographen. Je nachdem diese nun entweder wirklich, wie erwähnt, die Schrift oder Zeichnung im Augenblicke des Entstehens übertragen, also für eine identische gleichzeitige Schreibstiftführung an Geber und Empfänger sorgen, oder aber die fertige Schrift oder Zeichnung in der Ferne quasi kopieren, unterscheidet man Telautographen im engeren Sinne und Kopiertelegraphen; letztere sind die älteren. Es handelt sich hierbei nur darum, auf der Gebestelle über die fertige Schrift oder Zeichnung einen Schreibstift synchron mit einem solchen auf der Empfangsstelle zu führen, und jedesmal dann, wenn ersterer einen Strich passiert, durch einen Strom an der Empfangsstelle dies zu markieren, wozu man sich elektrochemischer Wirkungen, des Ausscheidens eines stark färbenden Stoffes aus einer geeigneten Salzlösung in einem mit dieser getränkten Papier bedienen kann. Der älteste derartige Kopiertelegraph rührt von BAKWELL 1847 her, als dessen Vorläufer der chemische Telegraph von BAIN 1842 anzusehen ist; weiter ist am bekanntesten der Pantelegraph von CASELLI 1856. Auf dem gleichen Prinzipie beruht auch die neuere Ausgestaltung des „Fernphotographen“ von A. KORN (vgl. diese Zeitschr. XV, 375; XVII, 115; XX, 335; XXI, 57) zu einem Telautographen zur Übermittlung von Schriften und Zeichnungen; das Wesentliche ist dabei nur der Sender, vgl. Fig. 1, der in der Hauptsache eine neuere Ausführungsform desjenigen von BAKWELL ist. Man schreibt oder zeichnet mittelst nichtleitender Tinte auf eine Metallfolie und legt diese um die Metallwalze C_1 , der einerseits von 4 aus der Strom der Batterie Q zugeführt wird, während andererseits der mit der Fernleitung ver-

bundene Stift s mittelst der von der Walzenachse aus durch das Räderwerk angetriebenen Schraube längs C_1 verschoben wird, so daß eine enge Spirallinie auf C_1 beschreibt. Der Synchronismus zwischen Geber und Empfänger wird wie bei dem Fernphotographen dadurch hergestellt, daß man den Empfänger schneller laufen läßt, um 1%, und ihn nach jeder Umdrehung um ebensoviel arretiert; der Korrektionsstromstoß hierzu erhält durch den aus den Scheiben i_1, i_2 , den Federn a, b und den Kontakten 1-4 bestehenden Umschalter entgegengesetzte Richtung wie der Übertragungs-

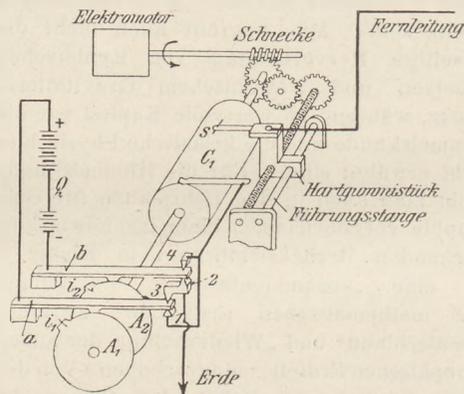


Fig. 1.

strom. Als Empfänger dient das KORNsche Lichtrelais, bestehend aus einem modifizierten Saitengalvanometer, welches das als Schreibstift wirkende konzentrierte Lichtstrahlenbündel mehr oder weniger abblendet. Die Telautographie erfordert nicht die Wiedergabe von Halbtönen, es genügt der Wechsel Schwarz-Weiß, doch muß dieser sehr rasch erfolgen, und da die alte Anordnung nur etwa 300 Schwingungen i. d. Sek. auszuführen vermag, was mit Rücksicht auch auf die Übertragung von Autotypen nicht genügt, so mußte das Relais einer Umgestaltung unterzogen werden. In der neuen Form ist die Eintrittsöffnung des Lichtes ein wagerechter Schlitz, hinter dem sich die Objektivlinse befindet; der Strom durchläuft einen einzigen, und zwar bandförmigen, hochkant stehenden Leiter, der selbst als Blende dient; auf diese Weise ist es gelungen, die Eigenschwingungszahl bis auf 2000 zu treiben. Die neue Anordnung arbeitet wegen der infolge Fortfalls der Übertragung von Halbtönen und der Ausschaltung der eine besondere Kompensation bedingenden Selenzellen durchweg etwas größerer Stromstärke wesentlich

*) Originalbericht. Nachdruck verboten.

störungsfreier und sicherer als die frühere; z. Z. ist man damit beschäftigt, die Schwingungszahl für Übertragung von Autotypen noch weiter zu vergrößern. Diese Versuche liegen vornehmlich in Händen von Dr. BR. GLATZEL, der seit geraumer Zeit Mitarbeiter von Prof. KORN ist und namentlich auch um die Verbesserung des Fernphotographen durch eingehende Untersuchungen des bezügl. Verhaltens der Selenzellen sich verdient gemacht hat. — vgl. diese Zeitschr. XXI, S. 60, Fußnote; dem Genannten ist unlängst die gute Übertragung einer Autotypie mit 2000 Eigenschwingungen nach Paris gelungen. Ein ähnlicher neuerer Apparat ist der von CARBONELLE (Belgien), der auch einen BAKEWELL-Geber, aber als Empfänger eine mit Stift versehene, demnach ähnlich der eines Phonographen arbeitende Telephonmembran benutzt, und der bisher — bei Laboratoriumsversuchen — sehr gute Resultate ergeben hat.

Gehen wir nun zu den Telautographen in engerem Sinne über, bei denen die Schrift an beiden Stationen gleichzeitig entsteht, so ist, um dies zu ermöglichen, d. h. die Bewegung des Schreibstiftes richtig zu übertragen, vor allen Dingen eine Analyse dieser Bewegung nötig, was, da letztere in einer Ebene erfolgt, durch Zurückführung auf 2 Koordinaten geschehen kann. Zur Erläuterung diene Fig. 2. Es ist dort eine Ziffer „5“ gezeichnet,

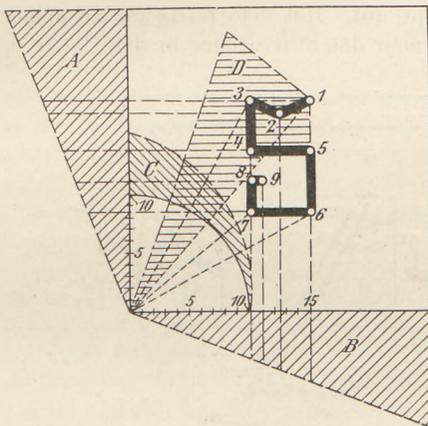


Fig. 2.

deren wesentlichste Punkte mit 1 + 9 bezeichnet sind, und deren jedem ein bestimmtes Paar von rechtwinkligen Koordinaten entspricht; denken wir uns nun längs der Abszisse wie der Ordinate ein von Punkt zu Punkt proportional x bzw. y wachsendes Potential angebracht, wie dies A und B andeuten, und mit

dem Schreibstift die Enden einer doppelten Fernleitung so verbunden, daß sie sich proportional den Koordinaten, das eine längs x , das andere längs y , verschieben, so entspricht jeder Stiftstellung ein ganz bestimmtes Paar von Potentialwerten, von deren Größe dann die Ströme in den Fernleitungen abhängen, die zur Reproduktion der Stiftstellung im Empfänger benutzt werden können. Man kann diesen Potentialabfall in der Weise erreichen, daß man den Koordinatenachsen entsprechend 2 dauernd vom Strom parallel durchflossene Widerstände anordnet, deren verbundene Enden einseitig an Erde gelegt sind; man kann aber auch, statt direkt den Ort, die Entfernung vom Nullpunkt zugrunde legen, wie dies bei dem „Faksimile-Telegraph“ von CEREBOTANI geschehen und ebenfalls in Fig. 2 — für den Punkt 6 — veranschaulicht ist. Bei dem genannten Apparate bewegt der Schreibstift zwei auf rechtwinklig zueinander angeordneten Schienenpaaren gleitende Wagen, deren jeder bei seiner Bewegung ein Kontaktrrad dreht, welches in die Leitung Stromstöße entsendet, deren Zahl von der vom Nullpunkte aus zurückgelegten Strecke abhängt; jeder dieser Stromstöße dreht vermöge eines Schaltmagneten mit Sperrzahn am Anker ein den Stift des Empfängers verschiebendes Rad, für jede Komponente eins. Um nun auch die Bewegungsrichtung jeweils eindeutig zu bestimmen, damit Sende- und Empfangsstift sich stets gleichsinnig und hin- wie rückläufig bewegen können, ist eine einfache Umschaltvorrichtung vorgesehen, indem das durch Bewegung des Senderstiftes gedrehte Kontaktrrad durch Reibung einen kleinen Kommutierhebel im Sinne der eigenen Drehung umlegt, so daß jedem Bewegungssinne in Richtung der einzelnen Komponente eine andere Stromrichtung in der zugehörigen Fernleitung entspricht, und diese Ströme im Empfänger einen polarisierten Magneten betätigen, so daß von 2 miteinander verbundenen, die Schreibstiftbewegung veranlassenden Zahnstangen die eine oder die andere, für Hin- bzw. Rückgang, zur Wirkung kommt. Dieser vor 2 Jahren in Berlin in der Erfindungs-Ausstellung gezeigte interessante Apparat arbeitet recht gut und ist seiner Konstruktion nach für beliebig große Schreibflächen verwendbar, da allein die Führungsschienen entsprechend zu vergrößern sind; als nachteilig könnte man bezeichnen 1. die un stetige Stiftbewegung, 2. die dadurch nötig werdende Größenverschiedenheit von Original und Fernschrift, letztere ist erheblich kleiner, 3. die Notwendigkeit

jeweils vor Beginn der Übertragung beide Apparate einzustellen, da stromlos jeder Stift unabhängig vom anderen ist.

Statt auf rechtwinklige kann man aber auch, wie ebenfalls Fig. 2 veranschaulicht, die Schrift auf Polarkoordinaten zurückführen und zu deren Übertragung ebenfalls Widerstände in der schon geschilderten Weise zur Darstellung

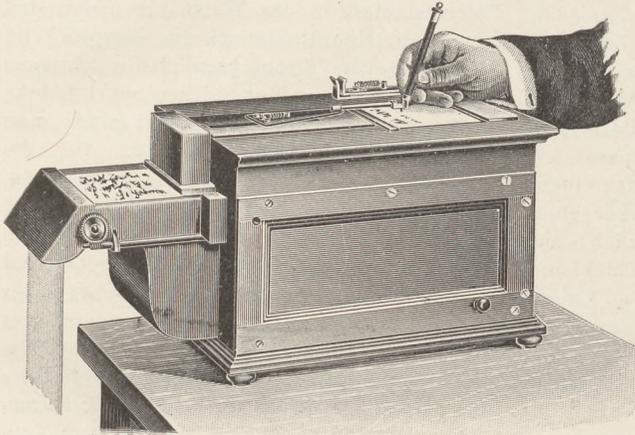


Fig. 3.

eines Potentialabfalles entsprechend C und D anwenden. Hierauf beruht der äußerst sinnreiche Fernschreiber von GRZANNA, Fig. 3 in Außenansicht, welcher sich durch leichte Handhabung, bequemen Bau und die Möglichkeit, sich ohne weiteres an jede vorhandene Telephonleitung ohne jede Beeinträchtigung der Verständigung an-

gegebene bestimmte Anweisungen ausgeführt hat. Fig. 3 stellt eine vollständige Station dar. Der Geber, Fig. 4, ist folgendermaßen eingerichtet. Der Schreibstift t bewegt beim Gange von links nach rechts einen Kontakt b über den Widerstand r vermittelt des Armes a , beim Gange in der Senkrechten dagegen den ebenfalls an a befestigten Widerstand s über den Kontakt c ; der Drehpunkt p von a bewegt sich stets in der Geraden AB , demnach entspricht der Potentialabfall längs r in Fig. 2 D , der längs s bzw. C . Von b bzw. c gehen die Fernleitungen aus, die letztere an der Stiftspitze noch einmal unterbrochen, derart, daß erst beim Aufsetzen des Stiftes Stromschluß eintritt. Im Empfänger, Fig. 5, durchlaufen die beiden ankommenden Ströme g und h , mit rechtwinklig zueinander stehenden Achsen, so daß das Licht einer Glühlampe l , über die Spiegel h und s auf die Schreibfläche geleitet, dort

als Punkt genau die Stiftbewegungen des Empfängers wiederholt, und zwar in gleicher Größe. Der Schreibstift befindet sich für gewöhnlich in einem Halter, vgl. Fig. 3 rechts hinten; sobald man ihn herausnimmt, leuchtet auf der anderen Station die Lampe auf. Hat man fertig geschrieben, so legt man den Stift wieder in den Halter, und

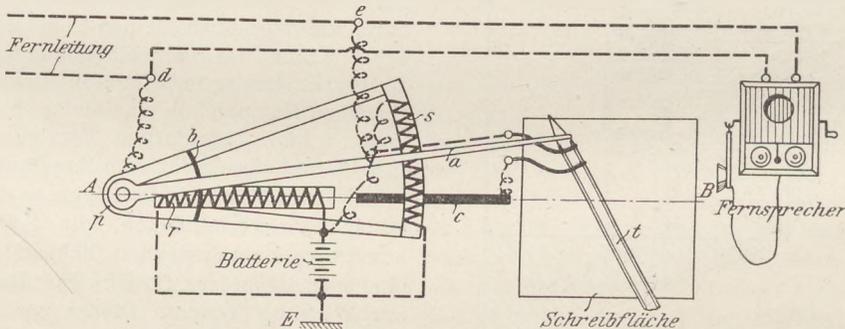


Fig. 4.

schließen zu lassen, auszeichnet. Der Apparat ist entstanden aus Ideen des Ingenieurs Eug. KLEIN, seine Prinzipien sind enthalten in den D. R. P. 127212, 141791, 146373 von 1901 bzw. 1902 der Kopiertelegraph G. m. b. H.; er ist in einer älteren Form fälschlich bekannt als Telautograph von GRUEN, der jedoch nur als Angestellter der genannten Gesellschaft ihm

sofort wird vermöge des Relais R der Motor M in Tätigkeit gesetzt, der gerade nur die beschriebene Fläche photographischen Papiers unter dem Entwicklungskasten En vorbei nach D unter eine gelbe Glasscheibe transportiert, wo man das rasche Hervortreten der Schrift beobachten kann. Die erwähnte Unterbrechung am Schreibstift hat den Zweck, die

Schrift natürlich werden zu lassen, zu vermeiden, daß jede Zeile oder einzelne Zeichen mit den andern verbunden sind, wie das z. B. bei CEREBOTANI unvermeidlich ist; sobald nämlich der Stift gehoben wird, dann springt

gearbeitet; es ist nur zu wünschen, daß die der Anwendung noch entgegenstehenden Schwierigkeiten bald beseitigt werden mögen, da eine augenblickliche schriftliche oder zeichnerische Mitteilung, es sei nur an den inneren

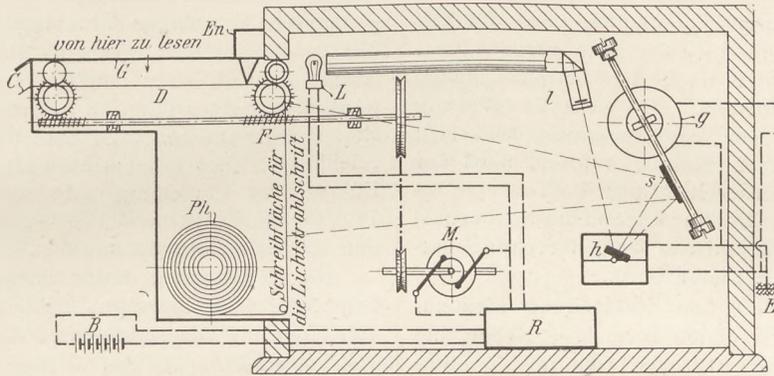


Fig. 5.

augenblicklich der Lichtpunkt zur Seite. Der äußerst sinnreiche und von den verschiedenen Telautographen wohl am besten durchgebildete und aussichtsreichste Apparat ist auf Fernleitungen bis zu 400 km Länge versucht worden und hat bisher stets zur Zufriedenheit

Verkehr großer technischer Betriebe bezügl. Konstruktionsfragen oder an die Bedeutung von Krokis nach den Erkundungen der Vorposten im Kriege erinnert, für viele Zwecke von großem Wert und hoher Bedeutung wäre.

Biegung von Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Magneto- und Elektrooptik. Von Prof. Dr. Woldemar Voigt. Leipzig, Teubner, 1908. 396 S., 75 Fig. Geb. M 14,—.

Unter den Forschungen der letzten Jahre steht die Entdeckung Zeemans, daß das Magnetfeld die Spektrallinien zerspaltet, in erster Reihe. Aus unscheinbaren, auch theoretisch zunächst recht einfach erscheinenden Anfängen hat sich diese Sache in kürzester Zeit zu einem ungeahnten Reichtum von Erscheinungen entwickelt, die in ihrer Zartheit unerhörte Ansprüche an die Güte der Instrumente und an die Geschicklichkeit der Beobachter stellten und in ihrer Mannigfaltigkeit einer einheitlichen Erklärung die größten Schwierigkeiten bereiteten. Es war bereits recht schwierig, über dieses schnell sich vermehrende experimentelle und theoretische Material einigermaßen Übersicht zu behalten, und so ist denn die vorliegende zusammenfassende Behandlung sehr zu begrüßen, um so mehr, als sie von der Hand Voigts stammt, der mit größtem Erfolg um die theoretische Durcharbeitung der Sache bemüht gewesen ist. Seine Auffassung war gerade darin so

glücklich, daß sie den gemeinsamen Grund scheinbar ganz voneinander unabhängiger Erscheinungen fand, nicht nur innerhalb des dem Zeeman-Phänomen zugehörigen Kreises, sondern auch zwischen dieser und den anderen magneto-optischen Erscheinungen, zu denen die elektrooptischen in einen gewissen Gegensatz treten, der aber vom Standpunkte der Theorie aus wie eine Ausbreitung desselben Grundgedankens auf weitere Möglichkeiten der Ausgestaltung erscheint.

Die Übersicht über die experimentellen Befunde beginnt in allen Kapiteln mit einer anschaulichen, die Leistungsfähigkeit genau vergleichenden Schilderung der Apparate und Methoden, die Befunde selbst werden durch treffliche Abbildungen von Photogrammen erläutert, die von den verschiedenen Forschern dem Verfasser überlassen sind.

Die Darstellung beginnt mit der Drehung der Polarisationssebene, die im Einklang mit den Versuchen Righis über die verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit links und rechts polarisierten Lichtes in CS₂ im Magnetfelde als zirkulare Doppelbrechung aufgefaßt

wird. Die für alle Richtungen gleichwertigen Grundgleichungen der Lichttheorie werden durch Bevorzugung einer Richtung umgestaltet, wofür sich im Einklang mit den Symmetrieverhältnissen der Erscheinung die beiden Möglichkeiten darbieten, daß entweder gewisse Differentialquotienten nach der Zeit oder außer diesen auch noch gerade Differentialquotienten nach der ausgezeichneten Richtung auftreten. Die erste Erweiterung sagt gewöhnliche Doppelbrechung senkrecht zum Magnetfeld voraus, während nach der zweiten in dieser Richtung die Isotropie erhalten bleibt. Die vor kurzem am Nitrobenzol entdeckte magnetische Doppelbrechung entscheidet für die erste Form.

Die Zeemansche Entdeckung wird zunächst in ihrer ersten Form beschrieben, die nach der Lorentz'schen Deutung in einer Zerspaltung der Spektrallinie in ein Triplet besteht. Es folgt eine Einführung in die Elektronentheorie und an der Hand vieler Abbildungen die Schilderung der komplizierteren Teilungen, die nach Preston bei verwandten Spektrallinien gleichen Charakter haben und nach Runge sämtlich durch Vielfache von Bruchteilen derjenigen Konstante dargestellt werden können, die nach Lorentz das einfache Triplet beherrscht. Lorentz zeigt, daß die Annahme gekoppelter Elektronen die Möglichkeit komplizierter Teilungen bietet, es gelingt jedoch weder ihm noch anderen, den Ansatz fruchtbar zu entwickeln.

Im folgenden Kapitel wird die Voigt'sche Theorie zunächst für das einzelne Elektron, d. h. für das Triplet, entwickelt. Ihre Stärke liegt darin, daß sie von dem Zeeman-Phänomen im Absorptionsspektrum ausgeht, mit anderen Worten, daß sie die Dispersionstheorie auf die Erscheinung anwendet. Wie nämlich das ins Dielektrikum eingelagerte Elektron nicht nur auf die Lichtwelle wirkt, die mit ihm gleiche Periode hat, sondern im ganzen Spektrum sich bemerkbar macht und, in erzwungenen Schwingungen mitgeschleppt, die Fortpflanzung der langsameren Schwingungen verlangsamt, die der schnelleren beschleunigt und diese beiden Wirkungen, die um so mehr auseinander klaffen, je mehr sich die Periode des Lichtstrahls der Eigenschwingung des Elektrons nähert, im Gebiet der Resonanz durch die anomale Dispersion überbrückt, so macht sich auch die magnetische Änderung der Eigenschwingungsdauer im ganzen Spektrum bemerkbar und gibt nicht nur in den Linien selbst zum Zeeman-Effekt, sondern in ihrer Nachbarschaft zu Drehungen

der Polarisationssebene um einige hundert Grad und zu starken Doppelbrechungen in der zu den Kraftlinien senkrechten Richtung Anlaß, Erscheinungen, die mit dem alten Faraday'schen Versuch die nächste Verwandtschaft haben. Die Lichtgleichungen werden in allgemeinsten, komplexer Form eingeführt, auch der Brechungsindex erscheint als komplexe Größe, dadurch ist es möglich, zugleich Dispersion und Absorption, d. h. Ort und Intensität der Erscheinung, zu berechnen. Diese reichhaltige Theorie hat sich als vorschauender Führer der Forschung und in schärfster Prüfung ihrer genauen Vorhersagen durch den Versuch glänzend bewährt.

Die Erweiterung dieser Theorie auf die komplizierteren Teilungen bedient sich der von Lorentz vorgeschlagenen Koppelungen gleicher Elektronen. Sie verfügt aber nicht durch Annahme der Isotropie über die Polarisationszustände der Komponenten von vornherein, sondern sie betrachtet die Komponenten als voneinander unabhängig, setzt also zugleich voraus, daß sich die Moleküle im Felde nach bestimmter Richtung einstellen. Spezielle Anwendung auf 2, 3 und 4 Elektronen bleibt in guter Übereinstimmung mit der Erfahrung.

Die höchst überraschenden Beobachtungen J. Becquerels über den Zeeman-Effekt des Absorptionsspektrums einachsiger pleochroitischer Kristalle natürlicher Phosphate und Fluoride seltener Erden werden durch die Annahme von Koppelungen verschieden schnell schwingender Elektronen gedeutet und damit die Annahme positiver Elektronen des bei negativen gültigen Verhältnisses der Ladung zur Masse vermieden.

Für das magnetooptische Kerr-Phänomen bildet die Grundlage die Ansicht, daß der Spiegel durch die Magnetisierung anisotrop wird, und daß er infolgedessen das Licht in zwei elliptisch polarisierte Komponenten zerlegt.

Das elektrooptische Kerr-Phänomen endlich macht die Annahme nötig, daß in sehr starken Feldern die auf die Elektronen wirkenden Kräfte nicht mehr linearen Charakter haben, sondern höhere Potenzen enthalten.

Der überaus reiche Inhalt des Buches ist nun nicht etwa so zu verstehen, als ob er eine abschließende Darstellung des Gebietes sein will. Vielmehr macht Voigt an den verschiedensten Stellen auf offene Fragen aufmerksam, erwägt die Möglichkeiten für weiteres Vordringen und weist besonders auf die Stellen hin, wo die experimentellen Hilfsmittel zurzeit noch im Stich lassen. W. Vn.

Wissen und Können. Sammlung von Einzelschriften aus reiner und angewandter Wissenschaft, herausgegeben von Prof. Dr. B. Weinstein. Leipzig, J. A. Barth. — Band 2: Die älteste Entwicklung der Telegraphie und Telephonie. Von Dr. Rich. Hennig. VIII u. 199 S., 61 Abb. Geb. M 4,—. — Band 4: Die Radiotelegraphie. Gemeinverständlich dargestellt von Ingenieur O. Nairz. VIII u. 271 S., 154 Abb. Geb. M 5,—. — Band 5: Die Automobiltechnik. Von Ingenieur Max Buch. VI u. 143 S., 150 Abb. Geb. M 4,—. — Band 6: Elemente und Akkumulatoren, ihre Theorie und Technik. Von Dr. W. Bein. VI u. 233 S., 98 Abb. Geb. M 4,40.

Band 2 behandelt dankenswerterweise interessante Gegenstände, welche wegen der Zerstretheit und Schwerzugänglichkeit der betr. Literatur nur wenig bekannt sind. Der Inhalt gliedert sich in 6 Kapitel: optische und akustische Telegraphen, magnetisch-sympathische Phantasitelegraphen, Anfänge der elektrischen Telegraphen, Anfänge der Seekabel, Phantasitelephone, Anfänge der elektrischen Telephone. Fast überall sind die Originalstellen im Wortlaut bzw. der Übersetzung angeführt, ebenso sind die Abbildungen Wiedergaben der Originale, so daß das Buch im ganzen als eine verdienstliche Arbeit zu bezeichnen ist. Bedauerlicherweise findet sich aber auch hier die schon anderwärts („Prometheus“ 19, 684, 1908) widerlegte falsche Legende von der angeblichen Priorität der Entdeckung des Elektromagnetismus durch Romagnosi. Bezüglich der Behauptung des Verf., daß die Sprachübertragung für Reis nur eine nebensächliche, quasi ungewollte Leistung seines Telephons sei, ist auf einen eigenen Brief des Erfinders von 1863 (Faksimile in v. Urbanitzky: „Die Elektrizität im Dienste der Menschheit“, Hartleben 1883, S. 882) hinzuweisen. Die Abbildungen sind meist gut, nur lassen die Autotypen fast alle (Abb. 21, 44, 48, 54) an Deutlichkeit zu wünschen übrig; Abb. 16 scheint unvollständig.

Band 4 ist für gebildete Laien bestimmt, für „alle, die sich über Wesen, Betriebs-eigentümlichkeiten und Aussichten der Radiotelegraphie ohne langes Studium orientieren wollen“. Der Inhalt zerfällt in 28 Kapitel; die Darstellung, im allgemeinen klar und verständlich, behandelt unter möglichst geringer Benutzung mathematischer Hilfsmittel das ganze Gebiet einschließlich der physikalischen Grundlagen recht vollständig, so daß ein in sich abgeschlossenes Handbuch

entstanden ist. Die Illustrierung ist zweckentsprechend, nur sind die Autotypen meist nicht recht klar und scharf. Im einzelnen ist zu bemerken, daß bei den ungedämpften Schwingungen doch die Arbeiten von Simon und E. Ruhmer hätten erwähnt werden müssen, zumal der jetzt im Gebrauch befindliche Poulsengenerator auf den Ruhmerschen Patenten beruht. Schließlich sei noch der Wunsch ausgedrückt, daß die Bezeichnungen „Induktanz“, „Kondensanz“ und andere „-anzen“ endlich einmal aus unseren Büchern verschwinden möchten. Leider fehlt Namen- und Sachregister.

Band 5 soll „in für jeden klarer und leicht faßlicher Form alles Wissenswerte aus dem Bereiche der Automobilindustrie bringen“ und beschäftigt sich infolgedessen nur mit sog. Luxusautomobilen, d. h. solchen für den privaten Personenverkehr. Der Inhalt zerfällt in 3 Teile: Konstruktionsprinzipien und Typen (1÷98), Behandlung der Automobile und das Fahren (99÷105), ausgeführte Konstruktionen (106÷153). Das Buch ist recht klar und geschickt geschrieben und gibt ein gutes Bild des Gegenstandes; die Illustrierung ist sehr reichlich, dabei im allgemeinen gut und zweckmäßig. Leider fehlt auch hier ein Register. Es sei noch auf einige sprachliche Unebenheiten aufmerksam gemacht. Es heißt Hochspannungszündung (S. 41), die Dynamomaschine, man sagt ferner nicht „die elektrische Kontrolle“ (S. 95, 96) oder „der Kontrolleur“ (S. 98), sondern Fahrshalter. Endlich schreibt man Calciumcarbid.

Band 6 soll „Laien und Technikern eine knappe Belehrung über Wirkungsweise, Zusammensetzung und Gebrauch der Elemente und Akkumulatoren geben“ und zerfällt in einen theoretischen (S. 1÷93) und einen praktischen Teil (S. 94÷233). Der Verf. weiß augenscheinlich auf dem Gebiete vortrefflich Bescheid und hat die bezügl. Literatur in ausgiebigster Weise benutzt; infolgedessen ist das Buch überreich an Tabellen und Zahlenangaben, während der gerade mit Rücksicht auf die Bestimmung des Buches äußerst wichtige Text etwas zu knapp geraten ist. Das eben wegen seiner Reichhaltigkeit an konkreten Angaben recht brauchbare Werk ist dadurch nicht so leicht lesbar als zu wünschen wäre. *Biegón v. Czudnochowski.*

Sammlung elektrotechnischer Lehrhefte. Herausgegeben von Fritz Hoppe. Leipzig, J. A. Barth, 1908. Heft 1: Grundgesetze der allgemeinen Elektrizitätslehre. Von F. Hoppe. VI u. 114 S.,

118 Abb. Geb. M 4,—. — Heft 3: Prinzip und Wirkungsweise der technischen Meßinstrumente für Gleichstrom. Von F. Hoppe. VI u. 64 S., 81 Abb. Geb. M 2,70. — Heft 6: Widerstandsbestimmungen mit Berücksichtigung der Widerstandsmessungen an Maschinen und Apparaten, der Isolationsmessungen sowie der Temperaturbestimmungen durch Widerstandsmessungen. Von F. Hoppe. VIII u. 101 S., 120 Abb. Geb. M 4,—.

Diese auf 10 Hefte berechnete Sammlung bietet eine elementare Elektrotechnik in Einzeldarstellungen; sie ist vom rein praktischen Standpunkt aus abgefaßt und will unter Verzichtleistung auf höhere Mathematik und soweit möglich auch auf theoretische Erörterungen in bestimmtem Lehrgange in die Prinzipien und Wirkungen der elektrischen Erscheinungen einführen. Dem entspricht, nach den vorliegenden 3 Heften zu urteilen, die Darstellung, und das Ganze dürfte daher manchem willkommen sein; auch ist der Verteilung des Stoffes auf die einzelnen, übrigens einzeln käuflichen Hefte, wie dieselbe dem Prospekt nach beabsichtigt ist, nur beizustimmen. Die Ausstattung ist gut, die Illustrierung reichlich und zweckmäßig, nur sind die meisten der fast durchweg einfachen Abbildungen viel zu groß. Der Preis erscheint für ein solches doch für weite Kreise bestimmtes Lehr- und Unterrichtswerk, nach dem Bisherigen schätzungsweise etwa 35 Mark bei ca. 930 Seiten Umfang, reichlich hoch bemessen. *B. v. Cz.*

Photochemie. Von Dr. G. Kümmell. II und 103 S., 23 Abb. im Text. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 227.) Geh. M 1,—; geb. M 1,25.

Die kleine Schrift ist aus Vorlesungen des Verf. an der Universität Rostock entstanden und gibt unter besonderer Berücksichtigung der in Frage kommenden Begriffe und Gesetze der physikalischen Chemie ein trotz der räumlichen Beschränkung recht gutes Bild des so ausgedehnten Gebietes. Der Inhalt zerfällt in 7 Kapitel: Geschichtliche Entwicklung, die Wirksamkeit des Lichtes, die wichtigsten photochemischen Reaktionen, die chemische Wirkung der Spektralfarben, chemische Umwandlungen als Quelle von Lichterscheinungen, Theorie der photographischen Bilderzeugung, Photographie in natürlichen Farben. Unzutreffend ist die Behauptung, daß die Lumièreschen Autochromien eine „ausgezeichnete Farbenwiedergabe“ zeigen; in Wirklichkeit ist die Farbenwiedergabe sogar zum Teil sehr falsch, wie eingehende bezügliche Untersuchungen gezeigt haben. *B. v. Cz.*

Physikalische Chemie als Grundlage der analytischen Chemie. Von Privatdozent Dr. W. Herz, Breslau. Mit 13 Abb. III. Band des Sammelwerkes „Die chemische Analyse“, herausgegeben von Dr. B. M. Margosches an der Technischen Hochschule in Brünn. Stuttgart, F. Enke, 1907. 114 S. M 3,40.

Das Buch gibt einen kurzgefaßten Überblick der physikalischen Chemie mit dem besonderen Zwecke, hierdurch zur wissenschaftlichen Auffassung der chemischen Analyse hinzuleiten. Diesem Zwecke erscheint die Schrift sehr gut angepaßt. Aber auch der diesem Ziele Fernerstehende wird durch die gegebene Darstellung einen guten Einblick in das Arbeitsgebiet und die Forschungsergebnisse der heutigen physikalischen Chemie gewinnen. Den Physiker wird beispielsweise die eigenartige Charakteristik der Aggregatzustände interessieren, wonach unterschieden werden: I. Isotrope Zustände a) ohne Oberflächenentwicklung: Gase, b) mit Oberflächenentwicklung c) mit geringer innerer Reibung: tropfbare Flüssigkeiten, β) mit großer innerer Reibung: amorphe feste Stoffe; II. Anisotrope Zustände: Kristalle. Bemerkenswert ist auch die wiederholte Berücksichtigung der kolloidalen Substanzen, deren Bedeutung neuerdings immer mehr in den Vordergrund tritt, und deren weitere Erforschung besonders hinsichtlich der Physiologie Aufklärungen verspricht. Eine angenehme Beigabe bilden die Literaturangaben, in denen besonders die in den Zeitschriften verstreuten Originalarbeiten, auch die älteren, berücksichtigt sind. Bei dem van't Hoff'schen Lösungsgesetze wären die beiden gegebenen Fassungen in der Reihenfolge besser vertauscht, damit der Satz ohne hypothetischen Bestandteil voransteht. Die Schrift ist als Einführung in das Gebiet angelegentlich zu empfehlen. *O.*

Chemiker-Kalender 1909. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. Von Dr. Rudolf Biedermann. In 2 Teilen. 30. Jahrgang. I. Teil 384 S. II. Teil 562 S. Zus. M 4,—. Berlin, Julius Springer, 1909.

Der I. Teil bietet nach einem Übersichts- und Schreibkalender nebst chronologischer Tafel sehr vollständige Tabellen für den Gebrauch des Chemikers im Laboratorium, der zweite Teil Tabellen aus der Physik und physikalischen Chemie, aus der Mineralogie und für technisch-chemische Untersuchungen. Bei seinem reichen Inhalt kann das Werkchen

auch dem Lehrer der Chemie wie der Physik als bequemes Nachschlagebuch empfohlen werden. (O.)

Monatshefte für den naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulgattungen. Herausgegeben von B. Landsberg in Königsberg i. Pr. und B. Schmid in Zwickau. j. S. I. Band. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1908. 568 S. M 6,—.

Die Monatshefte sind die unmittelbare Fortsetzung der Zeitschrift „Natur und Schule“, — die Ziele und auch die Wege zu ihrer Erreichung sind dieselben geblieben, so daß wir das günstige Urteil, das in dieser Ztschr. (16, 186) über den ersten Jahrgang von „Natur und Schule“ gefällt wurde, nur wiederholen können. Die reiche Fülle der Aufsätze behandelt nicht nur die spezielleren Fragen der einzelnen Disziplinen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sondern auch die großen Tagesfragen, die sich auf die Wertschätzung und die größere Ausbreitung dieses Unterrichts im allgemeinen beziehen. Es werden namentlich in dankenswerter Weise die Fortschritte des gesamten naturwissenschaftlichen Unter-

richts in den einzelnen deutschen Staaten eingehend behandelt.

Wenn der vorliegende Jahrgang auch auf anorganischem Gebiet verschiedene wertvolle Arbeiten bringt, so liegen doch die wichtigsten Aufgaben der Zeitschrift auf dem organischen. Und wir glauben, daß sie ihrer Hauptaufgabe, ein führendes Organ in dem Kampfe für eine würdige Stellung des biologischen Unterrichts zu sein, immer mehr gerecht werden wird, wenn sie das Schwergewicht ihrer Bestrebungen auch fernerhin auf jene Aufgaben konzentriert. (O.)

Ratgeber für Anfänger im Photographieren. Von Major L. David. 124. bis 132. Tausend. 236 S. Halle, W. Knapp, 1908. M 1,50.

Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik. Von J. M. Eder. 7. Aufl. 233 S. Halle, W. Knapp, 1908. M 3,—.

Beide Bücher sind bereits so gut eingeführt, das es genügt, auf die neuen Auflagen hinzuweisen. Erwähnt sei nur, daß das zweite Buch in der neuen Ausgabe mehrfach umgearbeitet und infolgedessen auch erweitert worden ist. (O.)

Programm-Abhandlungen.

Zur experimentellen Bestätigung des Grundgesetzes der Dynamik. Von Prof. Dr. O. TROJE. Altstädt. Gymnasium, Königsberg i. Pr. Ostern 1908. Pr.-Nr. 8. 30 S.

Untersuchungen von der Art, wie der Verf. sie hier veröffentlicht, gehören zu den dankenswertesten und für den Unterricht förderlichsten. Es handelt sich um das Grundgesetz „Kraft gleich Masse mal Beschleunigung“ und dessen experimentelle Bestätigung oder vielmehr Herleitung. Der Verfasser vergleicht die hierfür gebräuchlichsten Methoden in bezug auf die Fehlerquellen und die Genauigkeit der Resultate; der Reihe nach behandelt er die ATWOODSche Fallmaschine, die HÖFLERSche Schienenbahn und das von PFAUNDLER (Lehrbuch I) beschriebene, von

WIECHERT modifizierte Verfahren mit Anwendung gespannter Federn. Die genauesten Ergebnisse bei leichtester Handhabung bietet die Fallmaschine, aber auch die Schienenbahn, die methodisch entschiedene Vorzüge vor der Fallmaschine hat, scheint einer weiteren Vervollkommnung fähig; worüber der Verfasser demnächst in dieser Zeitschrift berichten will. Er weist am Schlusse der inhaltreichen Abhandlung mit Recht darauf hin, daß es wünschenswert für die Lehramtskandidaten sei, im Hochschulpraktikum nicht so überwiegend mit der Messung von Materialkonstanten, sondern auch mit der Bestimmung von Apparatkonstanten und deren Verwertung bei der Demonstration der Naturgesetze beschäftigt zu werden. (P.)

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 17. Januar 1908. Herr BAHRDT zeigte ein Deklinatorium und ein Inklinatorium, mit dem die magnetischen Erdkonstanten bestimmt werden können, ferner einen Apparat zur Demonstration des Biot-Savartschen Gesetzes. Er demonstrierte die Ein-

wirkung des Erdmagnetismus auf einen rechteckigen Stromleiter und ein stromdurchflossenes Solenoid. Er zeigte eine Methode zur Messung des Ausdehnungskoeffizienten von Gasen und demonstrierte einen Apparat zum experimentellen Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes. Er gab eine Bestimmung von Verbrennungswärmen fester, flüssiger und gasförmiger Körper.

Sitzung am 14. Februar 1908. Herr POSKE zeigte einen von Ruoff angegebenen einfachen Apparat zur Bestimmung von Brechungs-exponenten undurchsichtiger Körper vermittelst totaler Reflexion. Herr HEYNE beschrieb eine Methode zur Bestimmung des inneren Widerstandes eines Meßinstrumentes (Voltmeters).

Sitzung am 3. April 1908. Herr HEYNE gab eine Beschreibung der neuen Wommelsdorfschen Maschinen und hob ihre Vorzüge vor den gewöhnlichen Influenzmaschinen hervor. — Herr VOLKMANN besprach die Verwendung des mit einem Kondensator der Grison-Gesellschaft verbundenen Induktoriums zur Herstellung von Röntgenbildern. — Derselbe legte einen für die landwirtschaftliche Hochschule hergestellten selbstinduktionsfreien Widerstand vor und zeigte Ventile von Bleckmann und Burger zur Herstellung von Manometern und Barometern. — Herr HEYNE entwickelte ein aus dem Ohmschen Widerstand sich ergebendes Problem.

Sitzung am 14. Mai 1908. Herr A. WEHRSEN demonstrierte in seinem Laboratorium (Schlesischestr. 31) die von ihm konstruierte Starkstrommaschine „Mercedes“.

Sitzung am 2. Juni 1908. Die Herren HERZBERGER und v. FERBER, Vertreter der Autoteilgesellschaft, demonstrierten eine bei ihnen gebaute Wechselstrommaschine nebst Transformator; sie zeigten mit derselben das Vorhandensein des Wechselstromes, die Verwandlung in hochgespannten Strom und die Fernleitung. — Herr HEYNE sprach über die Be-

schränkung des Stoffes im physikalischen Unterricht zum Zwecke besserer Schulung im physikalischen Denken. Daran schloß sich eine eingehende Diskussion, in deren Verlaufe besonders der Begriff des physikalischen Denkens und die Bedeutung der Unterrichtsmethode näher erörtert wurden.

Sitzung am 11. September 1908. Herr REHLÄNDER zeigte eine Eigentümlichkeit bei einer durchgebrannten Glühlampe. — Herr VOLKMANN demonstrierte den Tyndallschen Versuch der Höhenänderung der menschlichen Stimme, wenn die Lunge mit Wasserstoff gefüllt wird. — Herr HEYNE sprach über ein Problem aus der Mechanik.

Sitzung am 16. Oktober 1908. Herr VOLKMANN demonstrierte objektive Linienspektren von Quecksilber und Silber. Er zeigte einen Brenner mit Sprühgebläse zur Herstellung farbiger Flammen und gab eine Beschreibung des ultramikroskopischen Spiegelkondensators von C. Reichert in Wien. — Derselbe zeigte die Einrichtungen des neuen Auditoriums und die Arbeitsräume des neuen physikalischen Instituts der landwirtschaftlichen Hochschule. Im elektrischen Zimmer demonstrierte er die Wirkung von Aluminiumkondensatoren bei Induktions- und Röntgenversuchen sowie Resonanzerscheinungen.

Sitzung am 13. November 1908. Herr HEYNE berichtete über die während der Herbstferien von der Stadt Berlin veranlaßte wissenschaftliche Studienreise nach Sachsen und Thüringen sowie über die Besichtigung der Ketziner Zuckerfabrik. Schk.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Ein Drehspul-Reflexgalvanometer für Vorlesungszwecke.

Von CARL SCHÜRER in Chemnitz.

Mitteilungen aus den Werkstätten der Firma
Max Kohl A. G. in Chemnitz.

Die zur Genüge bekannten Vorteile des Galvanometers von Deprez und D'Arsonval lassen es auch als Vorlesungsgalvanometer hervorragend geeignet erscheinen. Es fehlte aber noch an einem Instrument, das allen für diesen Zweck zu stellenden Anforderungen vollkommen entspricht. Diese sind:

1. Einfachheit und vollkommene Übersichtlichkeit des Aufbaues; 2. Hohe Empfindlichkeit bei nicht schwieriger Behandlung; 3. Verschiedene Widerstände der Drehspule, um das Galvanometer für alle Zwecke be-

nützen zu können, ohne daß dasselbe berührt zu werden braucht; 4. Leichte Veränderung der Schwingungsdauer zur Verwendung als ballistisches Galvanometer; 5. Bequeme Aufstellung und Einstellung als Reflexgalvanometer für objektive Ablesung; 6. Mäßiger Preis.

Unter Berücksichtigung aller dieser Gesichtspunkte wurde das in Figur 1 abgebildete Galvanometer konstruiert. Ein massiger permanenter Stahlmagnet, dessen geschlossene, einem zweipoligen Dynamomaschinengestell nicht unähnliche Form ein sehr kräftiges und gut konstantes Feld verbürgt, trägt zwischen seinen zylindrisch ausgebohrten Polschuhen einen Kern aus weichem Eisen. In dem so erhaltenen starken Magnet-

felde schwingt die Drehspule, die aus zwei Windungsgruppen mit verschiedener Drahtstärke besteht. Die Seitenflächen des Magneten sind durch Glasplatten verschlossen, so daß alle Teile gut sichtbar sind. Die Zuführung des Stromes zur Drehspule erfolgt einestells von oben durch das aus feinem Phosphorbronzedraht gewalzte Aufhängeband, welches gleichzeitig die Richtkraft gibt, andernteils von unten durch zwei Kupferbandspiralen. Durch eine geeignete Anordnung wird dabei jede schädliche Rückwirkung der unteren Zuleitungsspiralen auf die Richtkraft des Aufhängebandes vermieden. Mit der Drehspule fest verbunden, ist unter dem Spiegel ein doppelter Löffel aus Aluminium angebracht,

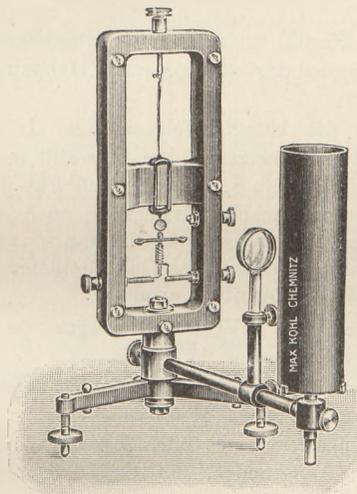


Fig. 1.

in welchen man zwei Kupferkugeln zur Erhöhung des Trägheitsmomentes für ballistische Zwecke einlegen kann. Während der Nichtbenützung können diese Kugeln auf dem Dreifuß des Galvanometers befestigt werden.

Mit dem Dreifuß des Instrumentes ist drehbar ein Arm verbunden, auf welchem sich eine Linse und eine Glühlampe mit einem Faden befindet. Für Gleichstrom über 150 Volt empfiehlt sich mehr noch eine Nernstlampe. Selbstverständlich kann das Galvanometer auch leicht mit Fernrohablesung benützt werden.

Trotzdem für die Aufhängung der Drehspule ein verhältnismäßig starkes Phosphorbronzeband gewählt wurde, damit dasselbe auch einer rauheren Behandlung gewachsen ist, ist die Empfindlichkeit sehr hoch und für alle Schulzwecke mehr als ausreichend. Das Aufhängeband kann übrigens leicht ausgetauscht werden.

Durch die zwei verschiedenen Windungsgruppen auf der Drehspule ergibt sich eine sehr mannigfaltige Verwendungsmöglichkeit und eine bequeme Regulierung der Dämpfung.

Das Galvanometer findet für Vorlesungszwecke seine Aufstellung am besten auf einem Konsol, welches an der den Sitzplätzen gegenüberliegenden Wand angebracht wird, so daß die Schüler das Instrument stets sehen können. In etwa 3 m Entfernung vom Galvanometer wird an der Decke eine transparente Mattglasskala aufgehängt. Bei dieser Anordnung können die Zuhörer den Vorgang auf dem Experimentiertisch und den Lichtzeiger leicht gleichzeitig beobachten. Auch der Lehrer sieht denselben gut.

Von den 3 Klemmen des Galvanometers führt man eine gut isolierte Leitung zu einem Klamm Brett, das in handlicher Höhe an der Wand in der Nähe des Experimentiertisches befestigt wird. Darunter wird auch der kleine Ausschalter für die Glühlampe oder Nernstlampe des Galvanometers angebracht.

Wie allgemein bekannt, ist die Empfindlichkeit dieser Instrumente direkt proportional der Windungsfläche und der Feldstärke und umgekehrt proportional der Richtkraft des Aufhängebandes. Durch starkes Magnetfeld und dünnes Aufhängeband kann die Empfindlichkeit sehr stark gesteigert werden.

Jedoch wächst mit der Empfindlichkeit auch die Dämpfung, wodurch der Erhöhung der Empfindlichkeit eine Grenze gesetzt wird. Die Größe der Dämpfung ist außer von der Feldstärke auch in höchstem Maße abhängig von dem Widerstand im Galvanometerstromkreis. Dieser setzt sich zusammen aus der Drehspule, dem Aufhängeband, der unteren Stromzuleitung und dem äußeren Widerstand. Ist der letztere zu klein, so wird die Dämpfung zu groß, es tritt das sogenannte Kriechen ein. Man erhält nach den Untersuchungen von Jäger (Z. f. Instr. 1903, S. 261 u. S. 353) bei jedem Drehspulgalvanometer, auch für ballistische Zwecke, die höchste verwendbare „Voltempfindlichkeit“ bei Einstellung der Dämpfung auf den aperiodischen Grenzfall, d. h. wenn bei einem größeren Ausschlag der Lichtzeiger eben noch umkehrt und sich dann sofort ruhig einstellt. Außerdem ist natürlich hier die Einstellung unter allen Umständen die rascheste.

Auf die „Voltempfindlichkeit“, also die Empfindlichkeit für die Messung von Spannungsdifferenzen, und nicht auf die „Stromempfindlichkeit“ kommt es für fast alle Verwendungsmöglichkeiten an; denn

fast überall wird das Galvanometer das brauchbarste sein, das bei Anlegung an eine geringe Spannungsdifferenz den größten Ausschlag gibt. Die Voltempfindlichkeit wird um so größer, je kleiner der Gesamtwiderstand im Galvanometerstromkreis ist; deshalb wird er so klein als möglich, d. h. dem aperiodischen Grenzzustand entsprechend, gewählt. Angaben über hohe Stromempfindlichkeit ohne Nennung des Spulenwiderstandes und des im aperiodischen Grenzfall zulässigen kleinsten Widerstandes können daher sehr irreführend über die Brauchbarkeit eines Spulengalvanometers sein. Die günstigste Einstellung ist in jedem Fall leicht zu erhalten. Ein einziger Schieberwiderstand, regulierbar ungefähr von 0—1000 Ohm, der wohlfeil und auch zu anderen Zwecken vielfach brauchbar ist, genügt dazu für alle Schulzwecke.

Man hat nur zwei Fälle zu unterscheiden: a) Der äußere Stromkreis hat geringen Widerstand (Brückenmessungen, Thermoversuche, Induktionsversuche usw.). b) Der äußere Stromkreis hat hohen Widerstand (Messungen mit Kondensatoren, Isolationsmessungen usw.).

Im Falle a) benützt man zunächst diejenige der beiden Windungsgruppen, welche in ihrem Widerstand am passendsten zu dem äußeren Widerstand ist. Der Schieberwider-

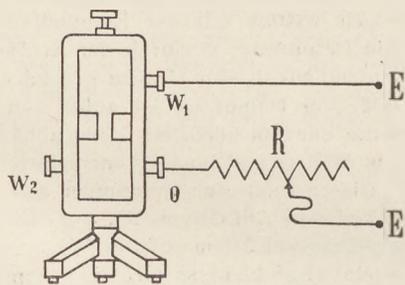


Fig. 2.

stand wird nach Fig. 2 in den äußeren Kreis eingeschaltet und die Dämpfung durch den Schieberwiderstand auf den aperiodischen Grenzfall reguliert. Die zu messende Spannungsdifferenz wird an die Punkte E gelegt. Nötigenfalls sind für ballistische Zwecke die Kugeln einzulegen.

Im Falle b), wo die Dämpfung der zur Messung dienenden dünndrätigen Widerstandsgruppe zu gering sein würde, wird die zweite, dickdrätige Gruppe zur Dämpfung

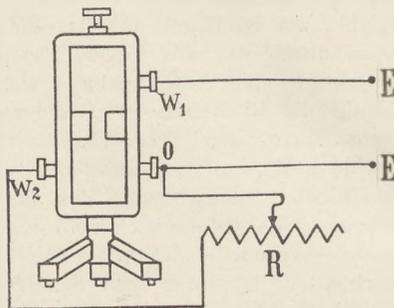


Fig. 3.

benützt (Fig. 3) und mit dem Schieberwiderstand wieder der aperiodische Grenzzustand eingestellt.

Muß die Empfindlichkeit des Galvanometers herabgesetzt werden, so wählt man in beiden Fällen die Schaltung nach Fig. 2 und schaltet den Anschlußstellen E noch einen abstufbaren Nebenschlußwiderstand parallel.

Mit einem derartigen Galvanometer wurden folgende Resultate erhalten:

Widerstand der dicken Windungen (an den Klemmen gemessen) 11,4 Ohm.

Widerstand der dünnen Windungen (an den Klemmen gemessen) 99,5 Ohm.

Schwingungsdauer der vollen Periode ohne Gewichte: 9 Sekunden, mit Gewichten: 17 Sekunden.

1 Mikroampere (10^{-6} Amp.) gab bei 1000 mm Skalenabstand einen Ausschlag von 19,2 mm bei 11,4 Ohm, 55,2 mm bei 99,6 Ohm Spulenwiderstand.

1 Mikrovolt (10^{-6} Volt) gab bei 1000 mm Skalenabstand einen Ausschlag von 1,7 mm bei 11,5 Ohm, 0,55 mm bei 99,6 Ohm Spulenwiderstand.

Der aperiodische Grenzwiderstand betrug für 11,5 Ohm Spulenwiderstand: 25 Ohm (einschl. der Spule), bei 99,6 Ohm Spulenwiderstand: 270 Ohm (einschl. der Spule).

Der Preis des Galvanometers beträgt M 165,— einschließlich der Glühlampe. Die Anordnung ist durch D.R.G.M. geschützt.

Korrespondenz.

Von fachmännischer Seite erhalten wir auf unsere Bitte die nachstehenden **erdmagnetischen Elemente** für die Epoche **1909,0**. Die Daten für die Deklination können als

charakteristisch für den Gesamtverlauf der Iso-gonen gelten, obwohl sie nur auf 0,2–0,3° sicher sind; überdies können die lokalen Unregelmäßigkeiten im einzelnen Abweichungen von

1° und selbst mehr bewirken. Für Inklination und Horizontalintensität fehlen nennenswerte neuere Messungen so gut wie ganz, auch die Säkularvariation war gerade in den letzten Jahren sehr unregelmäßig. Die folgenden Daten für I und H sind dieselben wie die für 1905 in den Tabellen von LANDOLT-BÖRNSTEIN veröffentlichten und sehr nahe richtig, da I inzwischen ein Minimum, H ein Maximum gehabt hat.

Erdmagnetische Elemente in Mitteleuropa (für die Epoche 1909,0).

Westliche Deklination:

| Länge | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| 55° n. Br. | 16,5 ⁰ | 13,8 ⁰ | 11,0 ⁰ | 8,1 ⁰ | 5,3 ⁰ | 2,6 ⁰ |
| 50° n. Br. | 15,5 | 13,1 | 10,7 | 8,1 | 5,7 | 3,4 |
| 45° n. Br. | 14,6 | 12,5 | 10,4 | 8,2 | 6,2 | 4,0 |

Inklination:

| ö. Länge | 0° | 5° | 10° | 15' | 20° | 25° |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 55° n. Br. | 69,2 ⁰ | 68,8 ⁰ | 68,4 ⁰ | 68,1 ⁰ | 67,6 ⁰ | 67,3 ⁰ |
| 50° n. Br. | 65,9 | 65,3 | 64,9 | 64,4 | 63,9 | 63,6 |
| 45° n. Br. | 62,2 | 61,5 | 61,0 | 60,3 | 59,8 | 59,3 |

Horizontalintensität:

| ö. Länge | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 55° n. Br. | 0,171 | 0,174 | 0,177 | 0,179 | 0,181 | 0,185 |
| 50° n. Br. | 191 | 194 | 197 | 200 | 204 | 209 |
| 45° n. Br. | 212 | 216 | 220 | 223 | 227 | 232 |

In Berlin gelten für 1909,0 im Mittel die folgenden Werte:

Westliche Deklination . . . 9° 5'
 Inklination 66° 22'
 Horizontalintensität . . . 0,1882.

Herr Realschuldirektor Dr. F. DANNEMANN sandte der Redaktion die folgenden Bemerkungen zu der Kritik seines Lehrbuches in d. Ztschr. 21, S. 404:

Herr Prof. OHMANN hat im 6. Hefte des vorigen Jahrganges ds. Zeitschr. (S. 404 u. f.) mein Buch „Über den naturwissenschaftlichen Unterricht“ und meine „Naturlehre auf Schülerübungen gegründet“ einer Kritik unterzogen, gegen die ich Einspruch erheben muß. In der Hauptsache kann man, wie Herr O. selbst an mehreren Stellen zugibt, wo es sich um methodische Dinge handelt, verschiedener Ansicht sein. Von den kleinen Ausstellungen

gilt dies meiner Ansicht nach nicht weniger. Ich kann hier nicht auf alles eingehen. Nur einiges zur Charakteristik. So wird mir unterstellt, ich hätte die Zerlegung des Wassers mit Hilfe des galvanischen Stromes als ersten Beweis gegen die elementare Natur des Wassers hingestellt. Es wird S. 12 u. 13 meiner Naturlehre I nur gesagt, der Versuch und nicht die Spekulation hat die richtige Analyse des Wassers geliefert.

Mit großer Schärfe wendet sich Herr O. dann gegen die Auffassung, man könne die Natl. I, S. 13 beschriebene Elektrolyse als eine Zersetzung des Wassers deuten. Die dort gegebene Darstellung widerspricht dem tatsächlichen Verlauf der Erscheinung in keiner Weise. Übrigens besteht seit längerer Zeit doch wieder die Auffassung, daß eine direkte Zerlegung des Wassers stattfindet, ohne daß eine Zersetzung der Schwefelsäure primär derjenigen des Wassers vorausgeht. Danach würde also die Elektrolyse des Wassers keine sekundäre Reaktion sein. Besonders seitdem Le Blanc infolge seiner Untersuchungen über die Polarisierung den Begriff der Haftintensitäten eingeführt hat, ist manches von dem von Herrn O. angezogenen „modernen Anschauungskomplex“ wieder aufgegeben worden. Man macht heute einen scharfen Unterschied zwischen Leitung des Stromes und Zersetzung an den Elektroden. Die Ionen der dem Wasser zugesetzten Säuren oder Basen nehmen nicht immer an der Zersetzung direkten Anteil, sie erhöhen häufig nur die Leitfähigkeit, und an den Elektroden findet eine Entladung derjenigen Ionen statt, die unter den gegebenen Bedingungen den geringsten Energieaufwand hierzu benötigen. In unserem Falle sind dies Wasserstoff- und Hydroxylion, die also zur Abscheidung gelangen. Man wäre also heute wieder berechtigt, die primäre Wasserzersetzung anzunehmen. Dies Beispiel beweist wohl, daß wir uns beim Anfangsunterricht am besten an die Tatsachen halten und uns nicht zu ängstlich um die wandelbaren wissenschaftlichen Theorien kümmern sollten.

Herr O. belehrt mich ferner, daß, „wenn man Salzsäure nimmt, gar keine Wasserzersetzung stattfindet“. Das ist nicht richtig. Sie geht nebenher, und bei größerer Verdünnung wird sie bald zur Hauptreaktion. Der Einfluß der Verdünnung auf den Vorgang der Elektrolyse läßt sich experimentell und theoretisch leicht begründen. Wenn man Säuren oder Basen elektrolysiert, und hierbei sich Sauerstoff und Wasserstoff abscheiden, so existiert ein maximaler Zersetzungspunkt,

der rund bei 1,70 Volt liegt. Er ist charakteristisch für jede Elektrolyse, die auf eine Wasserzersetzung hinausläuft. Vergleichen wir nun die Zersetzungspunkte von Salzsäure bei verschiedenen Verdünnungen, so haben wir folgende Werte, die einer Tabelle von Le Blanc entnommen sind: für $\frac{2}{1}$ n. HCl den Zersetzungspunkt 1,26 V., $\frac{1}{2}$ n. HCl 1,34 V., $\frac{1}{6}$ n. HCl 1,41 V., $\frac{1}{16}$ n. HCl 1,62 V., $\frac{1}{32}$ n. HCl 1,69 V. Bei größeren Verdünnungen zeigt also die Salzsäure die für eine Wasserzersetzung charakteristische Zersetzungsspannung und zerfällt auch tatsächlich fast quantitativ in Wasserstoff und Sauerstoff. Theoretisch läßt sich dies kurz in der Weise interpretieren, daß bei stärkerer Verdünnung der Salzsäure die Konzentration der Hydroxylionen dem Massenwirkungsgesetz entsprechend steigt, und endlich ein Punkt erreicht wird, an dem leichter Sauerstoff als Chlor ausgeschieden wird. —

Was die übrigen Ausstellungen anbetrifft, so bemängelt der Herr Rezensent, daß das Gewicht eines Liters Sauerstoff gleich 1,44 angegeben wird. Ich rechne das Krith, wie es selbst wissenschaftliche Werke tun, zu 0,09 g und das Atomgewicht des Sauerstoffs gleich 16. Das Produkt ist 1,44. Es weicht um etwa $\frac{1}{100}$ g von der Wahrheit ab. Verlohnt es sich, solche Dinge zu bemängeln? Ist denn die Abweichung von der Wirklichkeit nicht größer, wenn wir in der Physik $g = 10$ m setzen? Auch daß ich Schwefelsäure zu den bekannten Stoffen rechne, von denen der Anfangsunterricht, wie ich empfehle, ausgehen soll, wird mir zum Vorwurf gemacht. Sollte diese Flüssigkeit, die fast jeder Arbeiter und jede Hausfrau kennt, dem Schüler nicht sogar bekannter sein als Schwefelkies?

Von Herrn Ohmanns Buch habe ich bei seinem Erscheinen (1889) nur flüchtig Kenntnis genommen und damals die Abbildung, die sich in meiner Naturlehre I, S. 127 findet, für meinen Unterricht in großem Maßstabe als Tafel herstellen lassen. Der Verleger meines Buches hat das Klischee der betreffenden Abbildung geliehen. Im übrigen habe ich Ohmanns Buch ebensowenig benutzt wie diejenigen von Arendt oder Wilbrand, und auch ein Angriff gegen bestimmte Lehrbücher hat mir fern gelegen.

Der Hauptvorwurf, zu dessen Stütze das offenbar ohne Kenntnis der deutschen Schulverhältnisse und nach ganz oberflächlicher Prüfung meines Buches geschriebene Urteil der englischen Zeitschrift „Nature“ herangezogen wird, betrifft den Umstand, daß meine

„Naturlehre“ die Mineralogie und die Geologie und „womöglich noch die Technik“ abgelöst von der Chemie behandelt. Demgegenüber sei betont, daß der mineralogische Teil einerseits auf den chemischen, andererseits auf den geologischen steten Bezug nimmt. Und was „die Technik“ anbelangt, so handelt es sich um vier besonders wichtige Gebiete (Eisen, Tonwaren, Glas, Leuchtgas), die jede realistische Anstalt auch auf der Unterstufe etwas eingehender berücksichtigen wird. Übrigens bleibt es ja dem Lehrer unbenommen, diese Abschnitte bei der Durchnahme in den chemischen Teil an passender Stelle einzuschieben. Will man dagegen jeden dieser Abschnitte durch eine Schülerübung vorbereiten, wie es in meinem Buche geschehen ist, so war die gewählte Art der Darstellung vorzuziehen. Was sonst von technologischen Dingen von Bedeutung ist, wurde in den chemischen und mineralogischen Lehrgang eingeflochten. Auf eine weitere Polemik verzichte ich.

Dr. F. Dannemann.

Erwiderung.

Herr Dr. DANNEMANN versucht mir eine Unterstellung nachzuweisen. Ich sage in meinem Bericht (S. 409 a): „Noch weniger befriedigend ist der Lehrgang beim Wasser. Da wird als erster Versuch wieder die leidige Elektrolyse der verd. Schwefelsäure vorgeführt.“ Dies entspricht völlig den Tatsachen, denn die genannte Elektrolyse ist tatsächlich der erste den Schülern vorgeführte Versuch über die Zusammensetzung des Wassers. Wie kann man da von Unterstellung sprechen! Es ist im Gegenteil der ganze Satz der „Bemerkungen“: „So wird mir . . . hingestellt“ eine Verdrehung des von mir Gesagten; denn der Passus „erster Beweis gegen die elementare Natur des Wassers“ findet sich überhaupt nicht in meinem Bericht.

Die nun folgenden Bemerkungen des Herrn D. zur Wasserelektrolyse sind im Anfang logisch ungenau, abgesehen von der Unzulänglichkeit der sachlichen Behauptungen. Meine Worte „modernen Anschauungskomplex“ (S. 409 b, Z. 10) präzisiere ich sogleich drei Zeilen weiter als „die neueren physikalisch-chemischen Anschauungen“, d. h. also doch: die jetzt gültigen, einschließlich der Le Blancschen Ergebnisse. Es ist doch unlogisch, oder willkürlich hineingedeutet, daß ich mit dem Ausdruck „modernen Anschauungskomplex“ nur den Stand der Wissenschaften vor den Le Blancschen Untersuchungen hätte kennzeichnen wollen.

Ich komme nun zu den sachlichen Ausführungen des Herrn D. über die Wasserzersetzung. Hier werden aus den Le Blancschen Untersuchungen über die Haftintensität unrichtige Schlußfolgerungen abgeleitet. Herr D. übersieht offenbar, daß die von ihm angeführten Sätze keine allgemeinere Gültigkeit haben, sonst könnte er nicht aus ihnen den Schluß ziehen: „Man wäre also heute wieder berechtigt, die primäre Wasserzersetzung anzunehmen“. Das hat doch nur Sinn, wenn gemeint ist: bei dem Demonstrationsversuch, den wir im Unterricht vorführen, wo wir also Stromstärken anwenden, die uns in kürzerer Zeit genügend demonstrierbare Mengen von H und O liefern. Und da ist der genannte Satz des Herrn D. unrichtig, zumal in Anbetracht der Forschungen JAHNS und NERNSTS, die über die LE BLANCschen Arbeiten hinausreichen. Sehen wir uns einmal näher an, was an der „Wasserzersetzung“ bei Anwendung verdünnter Schwefelsäure primär ist. Nur für ganz geringe Stromdichten, noch weit unterhalb ein Tausendstel Amp., vollziehen sich bei einer Klemmenspannung von etwa 1,23 Volt in ganz schwachem Maße Entladungen gemäß dem geringen Ionenzerfall des Wassers in H^+ und O^{2-} — wobei noch komplizierte Elektroden, z. B. platinierteres Platin, anzuwenden sind; ebenfalls noch ganz geringfügig bleiben die Wirkungen bei einer Vergrößerung der Spannung bis auf 1,67 Volt, wo eine Art Sprung in der Stromleitung stattfindet, da jetzt die Entladungen gemäß dem Ionenzerfall H^+ und OH^- vor sich gehen. Diese subtilen Erscheinungen sind theoretisch gewiß von Interesse, haben aber für den genannten Demonstrationsversuch im Unterricht gar keine praktische Bedeutung. Denn sobald man die Stromstärke so weit steigert, daß man praktisch brauchbare Abscheidungen erhält — und das tun wir im Unterricht ganz allgemein — so erstreckt sich, oberhalb einer Spannung von 1,9 Volt, die Zersetzung fast ausschließlich auf die Schwefelsäure, und aller Wasserstoff und Sauerstoff, wenigstens zu 99,99999 Proz., entsteht durch sekundäre Prozesse. Kann man es da verantworten, den Schülern zu sagen, sie hätten eine „Wasserzersetzung“ vor sich? Vor allem: gehört ein so komplizierter Versuch im elementaren Unterricht an den Anfang der Wasseruntersuchung? — Übrigens

stellt der Schlußsatz des Herrn D.: „Dies Beispiel beweist wohl . . .“ die Sache geradezu auf den Kopf.

Für die Salzsäure liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Herr D. beanstandet, daß ich sage: „Verwendet man z. B. Salzsäure zum ‚Ansäuern‘, so vollzieht sich gar keine ‚Wasserzersetzung‘.“ Das Beanstandete trifft jedoch zu, wenn man einerseits die für einen Demonstrationsversuch übliche Stromstärke und Spannung, andererseits die gleiche Konzentration anwendet, wie sie für die Zersetzung der verdünnten Schwefelsäure gewöhnlich empfohlen und benutzt wird (ARENDR, Technik, empfiehlt z. B. 1 : 10). So bildet sich z. B. bei einem Strom von nur 0,5 Amp. und ca. 2 Volt Spannung und einem Verhältnis von Salzsäure zum Wasser 1 : 10 so gut wie ausschließlich Chlor. Daß bei sehr stark verdünnter Salzsäure und gleichzeitig so geringen Stromstärken und Spannungen, wie sie für Unterrichtsversuche von keinerlei praktischer Bedeutung sind, kompliziertere, sekundäre Vorgänge eintreten, ist eine bekannte Tatsache. Die auf Le Blanc fußenden Ausführungen des Herrn D. treffen also nicht den Kern der Sache, sie gehören in theoretische Lehrbücher, sind aber ohne Belang für den Schulversuch.

Daß Herr D. die Zahl 1,44 als Litergewicht des Sauerstoffes — das so oft für Berechnungen benutzt werden muß — aufrecht erhalten will, ist unbegreiflich. Bei der Ableitung der unrichtigen Zahl 1,44 ist eben übersehen, daß das Verhältnis 1 : 16 für H : O nicht zulässig ist. Auch heißt es im Buche ausdrücklich: „Die Wägungen haben gezeigt, daß . . . 1 Liter Sauerstoff 1,44 g wiegt“ — das ist unter allen Umständen falsch, und derartiges zu „bemängeln“, hat die Kritik nicht nur das Recht, sondern auch die Pflicht.

Der „Hauptvorwurf“ betrifft nicht den Umstand, daß in der „Naturlehre“ Mineralogie, Geologie und Technik gesondert behandelt sind, sondern daß der Verfasser das gegenteilige Verfahren, das durchaus seine Berechtigung hat, mit herabsetzenden Ausdrücken wie „Vermengung“ und „Verflachung“ belegt. Demgegenüber war es angezeigt, nachzuweisen, bei welchem Verfahren die Gefahr der Verflachung wirklich vorliegt. Ref. kann von seinen diesbezüglichen Behauptungen nichts zurücknehmen. O. Ohmann.

Himmelserscheinungen im April und Mai 1909.

♿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

| | April | | | | | | Mai | | | | | | |
|----------------------------|---------|--|----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 3 | 8 | 13 | 18 | 23 | 28 | 3 | 8 | 13 | 18 | 23 | 28 | |
| ♀ | AR | 23 ^h 47 ^m | 0.19 | 0.53 | 1.30 | 2. 9 | 2.50 | 3.31 | 4. 9 | 4.43 | 5.11 | 5.32 | 5.45 |
| | D | — 4 ^o | 0 ^o | + 4 ^o | + 8 ^o | + 13 ^o | + 17 ^o | + 21 ^o | + 23 ^o | + 25 ^o | + 25 ^o | + 25 ^o | + 24 ^o |
| ♀ | AR | 0 ^h 26 ^m | 0.49 | 1.12 | 1.35 | 1.58 | 2.22 | 2.46 | 3.10 | 3.35 | 4. 0 | 4.26 | 4.52 |
| | D | + 1 ^o | + 4 | + 6 | + 9 | + 11 | + 13 | + 15 | + 17 | + 19 | + 20 | + 22 | + 23 |
| ☉ | AR | 0 ^h 48 ^m | 1. 6 | 1.25 | 1.43 | 2. 2 | 2.21 | 2.40 | 2.59 | 3.19 | 3.38 | 3.58 | 4.19 |
| | D | + 5 ^o | + 7 | + 9 | + 11 | + 12 | + 14 | + 16 | + 17 | + 18 | + 19 | + 21 | + 21 |
| ♂ | AR | 19 ^h 52 ^m | 20. 6 | 20.20 | 20.34 | 20.48 | 21. 1 | 21.14 | 21.28 | 21.41 | 21.53 | 22.6 | 22.18 |
| | D | — 22 ^o | — 21 | — 21 | — 20 | — 19 | — 19 | — 18 | — 17 | — 16 | — 15 | — 14 | — 13 |
| ♃ | AR | | 10.31 | | 10.29 | | 10.28 | | 10.28 | | 10.29 | | 10.31 |
| | D | | + 11 | | + 11 | | + 11 | | + 11 | | + 11 | | + 11 |
| ♄ | AR | 0 ^h 52 ^m | | | | | | 1. 5 | | | | | |
| | D | + 3 ^o | | | | | | + 5 | | | | | |
| ☉ | Aufg. | 5 ^h 33 ^m | 5.22 | 5.10 | 4.59 | 4.48 | 4.38 | 4.28 | 4.19 | 4.10 | 4. 3 | 3.56 | 3.50 |
| | Unterg. | 18 ^h 35 ^m | 18.43 | 18.52 | 19. 1 | 19. 9 | 19.18 | 19.27 | 19.35 | 19.43 | 19.51 | 19.58 | 20. 5 |
| ☾ | Aufg. | 15 ^h 57 ^m | 21.47 | 2.19 | 4.51 | 6.41 | 11.25 | 17.11 | 23.17 | 2.14 | 3.49 | 6.53 | 12.39 |
| | Unterg. | 5 ^h 20 ^m | 6.32 | 9.33 | 16.33 | 23.40 | 2.47 | 4.10 | 5.49 | 11.15 | 18.27 | — | 1.50 |
| Sternzeit im mittl. Mittg. | | 0 ^h 44 ^m 33 ^s | 1. 4.16 | 1.23.59 | 1.43.41 | 2. 3.24 | 2.23. 7 | 2.42.50 | 3. 2.33 | 3.22.15 | 3.41.58 | 4. 1.41 | 4.21.24 |
| | Zeitgl. | + 3 ^m 30 ^s | + 2. 2 | + 0.40 | — 0.34 | — 1.37 | — 2.30 | — 3.10 | — 3.37 | — 3.49 | — 3.47 | — 3.30 | — 3. 1 |

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

| Mondphasen in M. E. Z. | Neumond | Erstes Viertel | Vollmond | Letztes Viertel |
|---------------------------|---------|---|--|---|
| | | April 20, 5 ^h 51 ^m Mai 19, 14 ^h 42 ^m | April 27, 9 ^h 36 ^m Mai 27, 2 ^h 28 ^m | April 5, 21 ^h 28 ^m Mai 5, 13 ^h 8 ^m |

| Planetensichtbarkeit | Merkur | Venus | Mars | Jupiter | Saturn |
|----------------------|--|---|---|--|-------------------------------|
| im April | unsichtbar | unsichtbar, obere Konjunktion am 28. | morgens zuletzt eine Stunde lang im SO sichtbar | bis gegen Morgen sichtbar | unsichtbar, Konjunktion am 3. |
| im Mai | abends im NW, um die Mitte d. Monats fast 1 Stunde lang sichtbar | wird gegen Ende d. Monats abends im NW sichtbar | wie im April | abends zuletzt noch 3/4 Std. lang sichtbar | unsichtbar |

Phänomene der Jupitertrabanten (M.E.Z.):

| | | | | | | | | |
|---------|--|-------|----------|---|-------|-------|---|------|
| April 4 | 23 ^h 29 ^m 7 ^s | II A | April 24 | 19 ^h 15 ^m 48 ^s | IV E | Mai 2 | 20 ^h 22 ^m 50 ^s | I A |
| 9 | 20 9 27 | I A | 24 | 23 3 51 | IV A | 6 | 23 8 30 | II A |
| 16 | 22 4 13 | I A | 28 | 23 41 22 | III E | 9 | 22 17 52 | I A |
| 21 | 22 54 35 | III A | 29 | 20 33 12 | II A | 25 | 20 36 52 | I A |
| 23 | 23 59 4 | I A | | | | | | |

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

| | | | | | | | |
|---------|-----------------|---------------|----------|--------------------|---------------|----------|---------------|
| April 5 | 19 ^h | ζ Gemin.-Min. | April 19 | 22 ^h | β Lyrae-Max. | April 28 | R Lyrae-Min. |
| 10 | 19 | ζ Gemin.-Max. | 19 | 22 43 ^m | Algol-Min. | Mai 15 | R Hydrae-Min. |
| 15 | 23 | ζ Gemin.-Min. | 20 | 23 | ζ Gemin.-Max. | 20 | R Lyrae-Max. |
| 16 | 20 | β Lyrae-Min. | 22 | 19 32 | Algol-Min. | | |

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.