

Drehwaage für absolute magnetische Messungen.

Von

Dr. Karl Strecker in Berlin.

Das absolute Maasssystem bietet der Vorstellung, auch des Anfängers, nur geringe Schwierigkeiten, so lange man auf dem Gebiete der gewöhnlichen Mechanik bleibt. Dass aber auch die magnetischen Kräfte und Drehmomente in derselben Weise ausgewertet und nach denselben Einheiten gemessen werden können, wie die mechanischen Kräfte und Drehmomente, ist für die Erkenntnis des Schülers ein so wichtiger und schwieriger Schritt, dass es wohl verlohnt, ihm durch einen übersichtlichen Versuch zu Hilfe zu kommen.

Ich habe für diesen Zweck einen Apparat construiert, der erlaubt, die horizontale Stärke des magnetischen Feldes der Erde und das magnetische Moment eines Magnetes in absolutem Maasse zu bestimmen, der aber vor allem auch die Gleichheit magnetischer und mechanischer Kräfte zur Anschauung bringt.

An einem doppelten Faden (F , Fig. 1a) ist ein Ring aus Messingblech (r , Fig. 1a, 2a, 2b) von 10 cm Durchmesser aufgehängt; die Ebene des Ringes hängt wagrecht, sein Rand bildet eine Cylinderfläche von etwa 0,5 cm Höhe, welche oben und unten von einem Wulst begrenzt wird. Unterhalb des Ringes befindet sich ein Lager zur Auf-

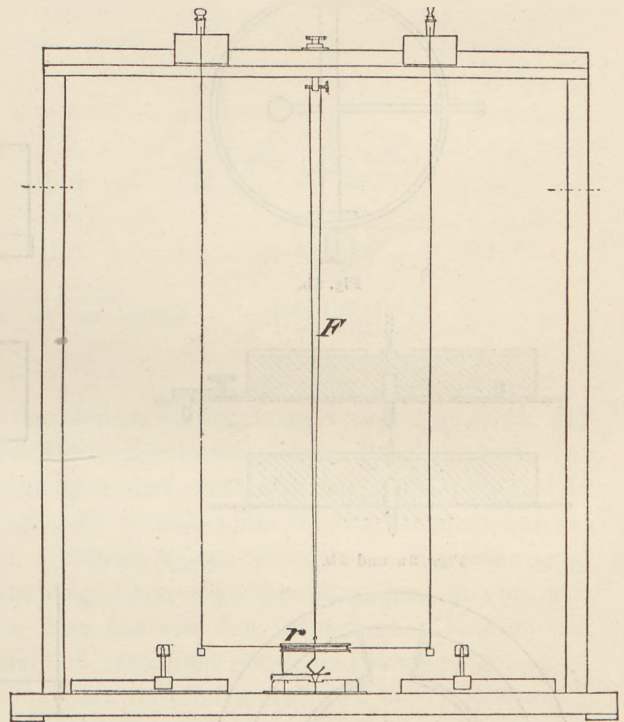


Fig. 1a.



Fig. 1b.

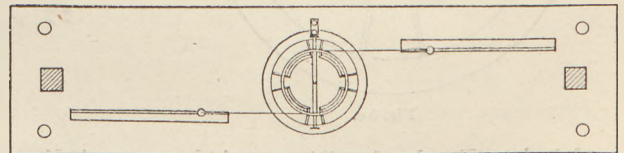


Fig. 1c.



0 5 10 15 20 25 30 cm

nahme eines Stahlmagnetes, der (s. Fig. 8a, 8b) parallel zu einem Durchmesser des Ringes eingelegt wird; der Nordpol ist in den Figuren mit + bezeichnet. Am cylin-

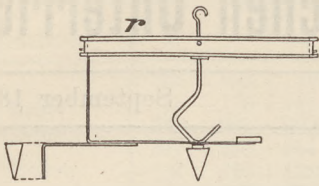


Fig. 2 a.

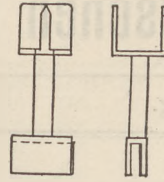


Fig. 4.

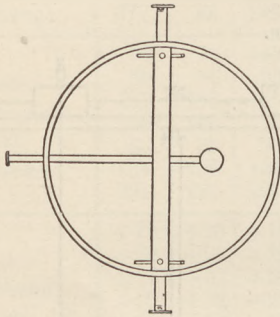


Fig. 2 b.

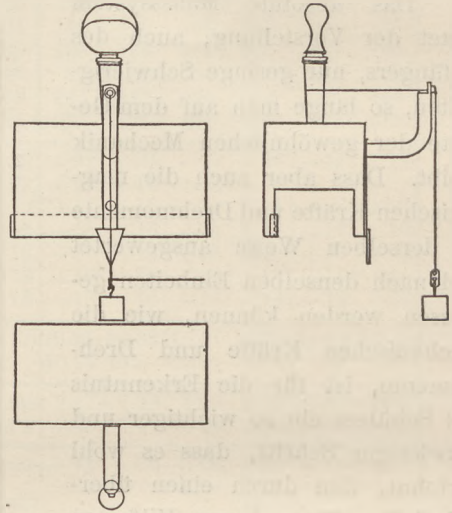


Fig. 5.

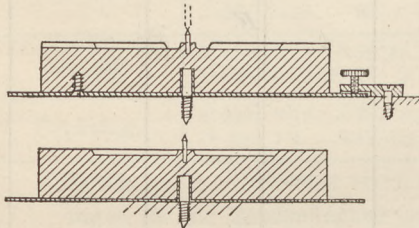


Fig. 3 a und 3 b.

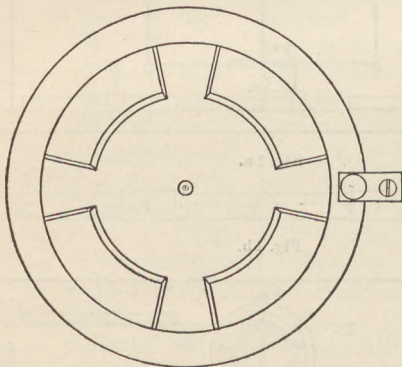


Fig. 3 c.

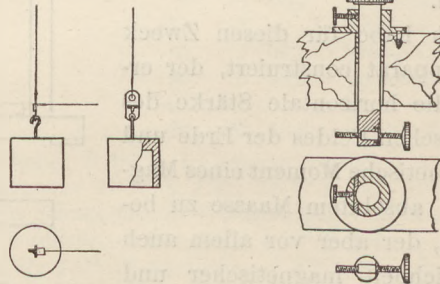


Fig. 6.

Fig. 7.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

Maassstab zu Figg. 2-7.

drischen Rande des Ringes sind an zwei diametral liegenden Punkten feine Seidenfäden befestigt, die um den Ring geschlungen werden können; sie tragen an ihren Enden feine Drahthäkchen; vgl. Fig. 1a und 1c, auch 8a, 8b; die Häkchen sind in Fig. 6 zu erkennen.

Der beschriebene Ring mit Magnet hängt an einem Holzgestell über einer mit Teilung versehenen, um ihren Mittelpunkt drehbaren und in jeder Lage festzuklemmenden Scheibe, Fig. 3a, 3b, 3c; der Ring trägt einige Zeiger (vgl. Fig. 2a, 2b), die auf der Teilung dieser Scheibe spielen.

Zu beiden Seiten des Ringes hängen von dem Gestell an leichten Fäden kleine Gewichte herab (vgl. Fig. 1a, 1c, 8a, 8b, 5 und 6), deren Aufhängungspunkte am

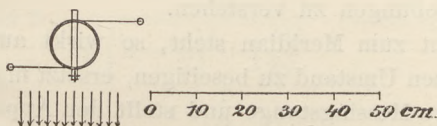
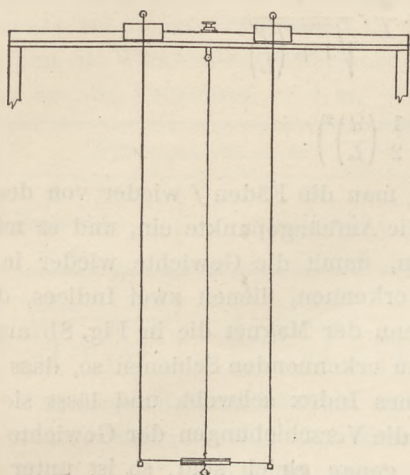


Fig. 8a.

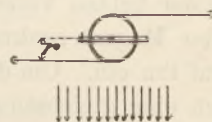
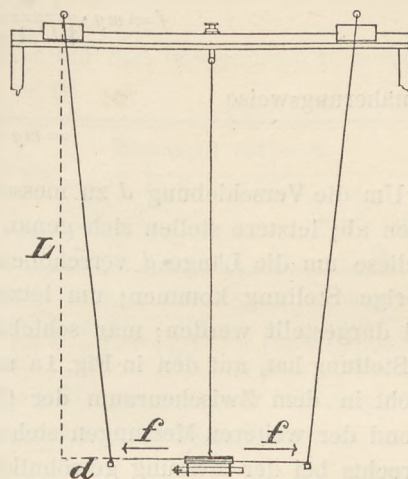


Fig. 8b.

oberen Balken des Gestelles messbar verschoben werden können (vgl. Fig. 5, 8a, 8b). Wenn man den Rand des Ringes mit diesen Gewichten durch die oben erwähnten beiden Fäden, die um den Ring geschlungen sind, verbindet, so ist man im stande, durch Verschiebung der Aufhängepunkte der Gewichte ein Drehungsmoment auf den Ring auszuüben (vgl. Fig. 8b), das im absoluten Maasse leicht gemessen werden kann. Bei geeigneter Grösse dieser Verschiebung kann man den Magneten in eine zum Meridian senkrechte Lage bringen, so dass das von den magnetischen Kräften herührende Drehungsmoment dem mechanisch erzeugten gleich und entgegengesetzt ist. Hierbei ist die Einrichtung so getroffen, dass das Holzgestell mit den feststehenden Teilen beliebig gegen den magnetischen Meridian orientiert sein kann; in den Zeichnungen ist nur der Symmetrie wegen die Längsrichtung des Gestelles senkrecht zum Meridian angenommen.

Die Figuren 8a und 8b geben einen wagerechten und einen senkrechten Schnitt durch den Apparat an. Im ersten bemerkt man in der Mitte den Ring vom Radius r , an den der Magnet vom magnetischen Momente \mathfrak{M} und dem Polabstande l ($= \frac{5}{6}$ der Stablänge) angehängt ist. Die beiden Fäden führen zu den kleinen Gewichten, deren jedes mit der Kraft f in der Richtung des Fadens zieht. Steht der Magnet senkrecht zum Meridian (Fig. 8b), so ist (wagerechter Schnitt im unteren Teile der Figur)

$$\mathfrak{M} \cdot l = 2 \cdot f \cdot r,$$

worin l die horizontale Stärke des Erdmagnetismus bedeutet.

Im senkrechten Schnitt (oberer Teil der Figur) sieht man in der Mitte den Aufhängefaden für den Ring, zu beiden Seiten die Fäden für die kleinen Gewichte von der Masse m ; die Aufhängepunkte sind um die Länge d seitlich über die Gewichte verschoben, und die Fäden besitzen die Länge L . Die letztere lässt sich regulieren und wird stets so abgepasst, dass die vom Ring herkommenden Fäden wagrecht

sind. Die nach unten wirkende Kraft ist $m \cdot g$, die in der Richtung des Fadens ziehende Componente

$$f = mg \cdot \frac{d}{\sqrt{L^2 + d^2}} = mg \cdot \frac{d}{L} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d}{L}\right)^2}}$$

oder näherungsweise

$$= mg \cdot \frac{d}{L} \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{d}{L}\right)^2\right).$$

Um die Verschiebung d zu messen, hakt man die Fäden f wieder von den Gewichten ab; letztere stellen sich genau unter die Aufhängepunkte ein, und es müssen nun diese um die Länge d verschoben werden, damit die Gewichte wieder in ihre vorherige Stellung kommen; um letztere zu erkennen, dienen zwei Indices, die in Fig. 4 dargestellt werden; man schiebt sie, wenn der Magnet die in Fig. 8b angegebene Stellung hat, auf den in Fig. 1a und 1c zu erkennenden Schienen so, dass jedes Gewicht in dem Zwischenraum der Gabel eines Index schwebt, und lässt sie hier während der weiteren Messungen stehen. Da die Verschiebungen der Gewichte links und rechts bei der Messung gewöhnlich nicht genau gleich sind, so ist unter d die halbe Summe der beiden Verschiebungen zu verstehen.

Wenn der Magnet senkrecht zum Meridian steht, so wirkt auch die Drillung des Fadens auf ihn ein. Um diesen Umstand zu beseitigen, ersetzt man den Magneten zunächst durch eine gleichschwere Messingstange und stellt den Apparat so ein, dass die Messingstange im Meridian hängt. Nachdem man den Magneten wieder eingelegt und ihn dann senkrecht zum Meridian abgelenkt hat, dreht man den Aufhängepunkt des Fadens, an dem Ring und Magnet hängen, um 90° nach. Dies dürfte einfacher sein, als die Einführung des Torsionsverhältnisses in die Formel.

Man kann auch das Drehungsmoment bestimmen, das durch eine Drillung des Fadens um 90° ausgeübt wird, und die später beobachteten Drehungsmomente danach berichtigen.

Die Gleichgewichtsbedingung ist nun

$$\mathfrak{M} \cdot \mathfrak{h} = 2rmg \cdot \frac{d}{L} \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{d}{L}\right)^2\right);$$

der Faktor $1 - \frac{1}{2} \left(\frac{d}{L}\right)^2$ ist für die weitere Rechnung unbequem; wir wollen ihn weglassen und unter d die berichtigte Verschiebung verstehen, die aus der gemessenen erhalten wird, indem man die in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Werte abzieht.

Berichtigung der Verschiebung d (alle Maasse in Centimetern).

| d | Abziehen zur Berichtigung | d | Abziehen zur Berichtigung | d | Abziehen zur Berichtigung |
|-----|---------------------------|-----|---------------------------|-----|---------------------------|
| 10 | 0,05 | 19 | 0,35 | 25 | 0,78 |
| 12 | 0,09 | 20 | 0,40 | 26 | 0,88 |
| 14 | 0,14 | 21 | 0,46 | 27 | 0,98 |
| 16 | 0,20 | 22 | 0,53 | 28 | 1,10 |
| 17 | 0,25 | 23 | 0,61 | 29 | 1,22 |
| 18 | 0,29 | 24 | 0,69 | 30 | 1,35 |

Wir haben demnach die Gleichung:

$$(1) \dots \dots \dots \mathfrak{M} \cdot \mathfrak{h} = \frac{2rmg}{L} \cdot d.$$

Nunmehr bringen wir einen zweiten, feststehenden Magneten dem ersten, drehbaren gegenüber (Fig. 9). Der zweite Magnet, vom Momente \mathfrak{M}' , liegt in der Richtung des Meridians in gleicher Höhe mit dem ersten; die Entfernung seiner Mitte von der des ersten sei A , sein Polabstand l' .

Um die Wirkung des feststehenden Magnetes auf den beweglichen zu berechnen, setzen wir die Polstärken = $+m, -m, +m', -m'$.

| Wirkungen von $+m'$ | | Wirkungen von $-m'$ | |
|--|---|---|--|
| 1. Kraft auf $+m$ | 2. Kraft auf $-m$ | 3. Kraft auf $+m$ | 4. Kraft auf $-m$ |
| $\frac{mm'}{\left(A - \frac{l'}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}$ | $-\frac{mm'}{\left(A - \frac{l'}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}$ | $-\frac{mm'}{\left(A + \frac{l'}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}$ | $\frac{mm'}{\left(A + \frac{l'}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}$ |

Von diesen Kräften kommen nur diejenigen Componenten zur Wirkung, die auf l senkrecht stehen; sie sind also zu multiplizieren mit folgenden Faktoren:

$$1. \text{ und } 2. : \frac{A - \frac{l'}{2}}{\sqrt{\left(A - \frac{l'}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}} \quad (= \cos \alpha, \text{ Fig. 9})$$

$$3. \text{ und } 4. : \frac{A + \frac{l'}{2}}{\sqrt{\left(A + \frac{l'}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}} \quad (= \cos \beta, \text{ Fig. 9})$$

Daher sind die gesamten Kräfte in den Richtungen senkrecht zu l auf jeden Pol

$$mm' \cdot \left\{ \frac{A - \frac{l'}{2}}{\left[\left(A - \frac{l'}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2\right]^{3/2}} - \frac{A + \frac{l'}{2}}{\left[\left(A + \frac{l'}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2\right]^{3/2}} \right\}$$

Setzt man hierin $\frac{l'}{A} = n', \frac{l}{A} = n$, so erhält man

$$\frac{mm'}{A^2} \cdot \left\{ \frac{1 - \frac{n'}{2}}{\left[1 - n' + \frac{1}{4}(n'^2 + n^2)\right]^{3/2}} - \frac{1 + \frac{n'}{2}}{\left[1 + n' + \frac{1}{4}(n'^2 + n^2)\right]^{3/2}} \right\}$$

n und n' sind kleine Werte; wenn sie so klein sind, dass ihre Quadrate gegen 1 vernachlässigt werden können, so ist der Wert der grossen Klammer annähernd gleich

$$\left\{ \frac{1 - \frac{n'}{2}}{\left(1 - n'\right)^{3/2}} - \frac{1 + \frac{n'}{2}}{\left(1 + n'\right)^{3/2}} \right\} = 1 - \frac{n'}{2} + \frac{3}{2}n' - \left(1 + \frac{n'}{2} - \frac{3}{2}n'\right) = 2n'$$

Dann ist die auf jeden Pol ausgeübte Kraft

$$2n' \cdot \frac{mm'}{A^2},$$

das Moment einer solchen Kraft, welche am Hebelarm $l/2$ wirkt

$$2n' \cdot \frac{mm'}{A^2} \cdot \frac{l}{2}$$

und das ganze Drehmoment gleich dem Doppelten:

$$2n' \cdot \frac{mm'}{A^2} \cdot l.$$

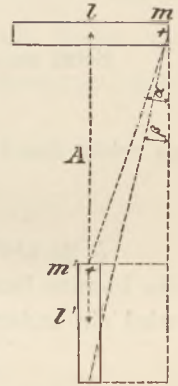


Fig. 9.

Die Voraussetzung, dass n und n' sehr klein sind, lässt sich bei einem Vorlesungsapparat nicht immer genügend erfüllen; es bleibt meistens ein Fehler von mehreren Prozenten, wenn man die obige Vernachlässigung eintreten lässt. Dieser Fehler ist nur von den Werten von n und n' abhängig und lässt sich genau berechnen, wenn man einerseits

$$\frac{1 - \frac{n'}{2}}{\left[1 - n' + \frac{1}{4}(n'^2 + n^2)\right]^{3/2}} - \frac{1 + \frac{n'}{2}}{\left[1 + n' + \frac{1}{4}(n'^2 + n^2)\right]^{3/2}},$$

andererseits $2n'$ ausrechnet. Dividiert man die erstere Grösse durch die letztere, so erhält man einen Wert, der sich von der Einheit nur wenig unterscheidet, und den man durch $1 + a$ ausdrücken kann. Mit diesem Wert hat man die Formel für das Drehmoment noch zu multiplizieren, so dass man erhält

$$2 n' \cdot \frac{mm'}{A^2} \cdot l \cdot (1 + a).$$

Da nun $n' = l'/A$ und $ml = \mathfrak{M}$, $m'l' = \mathfrak{M}'$, so wird das Drehmoment

$$2 \cdot \mathfrak{M} \cdot \mathfrak{M}' \cdot \frac{1 + a}{A^3}.$$

Setzt man noch

$$\frac{1 + a}{A^3} = \frac{1}{R^3},$$

so erhält das Drehmoment die bekannte einfache Form

$$\frac{2 \mathfrak{M} \cdot \mathfrak{M}'}{R^3}.$$

R ist aber nicht der gemessene Abstand der Mitten beider Magnete, sondern ein hieraus berechneter Abstand; statt die Längen der Magnete zu berücksichtigen, wird ein anderer als der gemessene Abstand eingesetzt. Es ist

$$A = R \cdot \sqrt{1 + a}$$

$$1 + a = \frac{1}{2 n'} \cdot \left\{ \frac{1 - \frac{n'}{2}}{\left[1 - n' + \frac{1}{4}(n'^2 + n^2)\right]^{3/2}} - \frac{1 + \frac{n'}{2}}{\left[1 + n' + \frac{1}{4}(n'^2 + n^2)\right]^{3/2}} \right\}.$$

Der ablenkende Magnet wird auf einen besonders hierfür hergerichteten Holzklötz mit aufgesetzten Schneiden aus Messing und mit Visieröffnungen gelegt (Fig. 1c). Diesen Holzklötz stellt man vor Beginn der Versuche an dem Platze auf, von dem aus der Magnet ablenkend wirken soll und bezeichnet seine Stellung genau.

Stellt man den ablenkenden Magneten so, dass seine Wirkung die des Erdmagnetismus unterstützt, so ergibt die Messung:

$$\mathfrak{M} \cdot \mathfrak{h} + \frac{2 \mathfrak{M} \cdot \mathfrak{M}'}{R^3} = \frac{2 r m g}{L} \cdot d_1.$$

Dreht man den Magneten um, so dass er dem Erdmagnetismus entgegenwirkt, so ist

$$\mathfrak{M} \cdot \mathfrak{h} - \frac{2 \mathfrak{M} \cdot \mathfrak{M}'}{R^3} = \frac{2 r m g}{L} \cdot d_2.$$

Durch Subtraktion der zweiten von der ersten Gleichung erhält man

$$\frac{\mathfrak{M} \cdot \mathfrak{M}'}{R^3} = \frac{r m g}{L} \cdot \frac{d_1 - d_2}{2},$$

$$(II) \dots \dots \dots \mathfrak{M} \cdot \mathfrak{M}' = \frac{R^3}{2} \cdot \frac{r m g}{L} \cdot (d_1 - d_2).$$

Indem man jeden der beiden Magnete für sich aufhängt und um 90° gegen den Meridian dreht, misst man

$$(Ia) \dots \dots \dots \mathfrak{M} \cdot h = \frac{2rmg}{L} \cdot d$$

$$(Ib) \dots \dots \dots \mathfrak{M}' \cdot h = \frac{2rmg}{L} \cdot d'$$

woraus

$$(III) \dots \dots \dots \frac{\mathfrak{M}}{\mathfrak{M}'} = \frac{d}{d'}$$

Dies ergibt

$$\mathfrak{M}^2 = \frac{R^3}{2} \cdot \frac{rmg}{L} \cdot \frac{d}{d'} (d_1 - d_2)$$

$$\mathfrak{M}'^2 = \frac{R^3}{2} \cdot \frac{rmg}{L} \cdot \frac{d'}{d} (d_1 - d_2)$$

$$h^2 = \frac{8}{R^3} \cdot \frac{rmg}{L} \cdot \frac{dd'}{d_1 - d_2}$$

In diesen Formeln ist $r = 5$ cm, $m = 1,02$ g, so dass $mg = 1000$ Dynen ist, $L = 100$ cm; demnach $\frac{rmg}{L} = 50$. R wird etwa $= 50$ cm gewählt, und n und n' haben Werte etwa zwischen 0,1 und 0,4. Die nachstehende Tabelle giebt die Werte von $1 + a$ und von $\sqrt[3]{1 + a}$ für mehrere Werte von n und n' , wobei zu bemerken, dass n' sich auf den feststehenden Magneten bezieht.

| | $n' = 0,2$ | 0,3 | 0,35 | 0,4 |
|-----------|----------------------------|--------|--------|--------|
| $n = 0,2$ | $1 + a = 0,9892$ | 1,0137 | 1,0300 | 1,0467 |
| | $\sqrt[3]{1 + a} = 0,9964$ | 1,0045 | 1,0099 | 1,0154 |
| 0,3 | 0,9523 | 0,9745 | 0,9891 | 1,0064 |
| | 0,9839 | 0,9914 | 0,9964 | 1,0021 |
| 0,35 | 0,9293 | 0,9500 | 0,9637 | 0,9799 |
| | 0,9758 | 0,9830 | 0,9878 | 0,9932 |
| 0,4 | 0,9033 | 0,9225 | 0,9353 | 0,9503 |
| | 0,9666 | 0,9735 | 0,9779 | 0,9749 |

Man sieht aus diesen Zahlen leicht, dass für $n' = \frac{1}{3}$ und $n = \frac{1}{4}$ die Werte von $1 + a$ und $\sqrt[3]{1 + a}$ sich von 1 wenig unterscheiden. Wenn der drehbare Magnet 15 und der feststehende 20 cm lang ist und der Abstand der beiden Magnetmitten nahezu 50 cm beträgt, ist $n = \frac{1}{4}$, $n' = \frac{1}{3}$, $1 + a = 1,0056$, $\sqrt[3]{1 + a} = 1,002$ und $A = 50,1$ cm.

Eine Messung mit dieser Anordnung (Januar 1895) ergab:

$$\begin{array}{ll} d = 6,05 & \mathfrak{M} = 3100 \\ d' = 9,00 & \mathfrak{M}' = 4700 \\ d_1 - d_2 = 4,70 & h = 0,192 \end{array}$$

Nachdem die Magnete neu magnetisiert waren, wurden nochmals Messungen ausgeführt (December 1895), die nebst der zugehörigen Rechnung im Nachstehenden mitgeteilt sind. Der Magnet I ist der von 20 cm, der Magnet II der von 15 cm Stablänge.

Beobachtung.

| No. der Messung | Beschreibung | Schieber | |
|--------------------|--|----------------|----------------|
| | | links | rechts |
| 1. | Magnet I aufgehängt und um 90° aus dem Meridian gedreht | 35,0 | 35,0 |
| 2. } | Magnet II in 59,2 cm zur Ablenkung aufgestellt | { 37,3 31,5 | { 37,5 31,8 |
| 3. } | | | |
| 4. | | | |
| 5. | Nullstellung; Gewichte hängen senkrecht | 18,6 | 17,6 |
| 6. | Wiederholung von 1. | 34,5 | 34,0 |
| 7. } | Wiederholung von 2. | { 37,2 31,2 | { 36,5 31,5 |
| 8. } | | | |
| 9. | Magnet II aufgehängt und um 90° aus dem Meridian gedreht | 24,7 | 24,7 |
| 10. | Wiederholung von 5. | 18,5 | 17,4 |

Berechnung.

Nullstellung.

| No. | links | rechts |
|----------|-------|--------|
| 5 | 18,6 | 17,6 |
| 10 | 18,5 | 17,4 |
| <i>N</i> | 18,55 | 17,50 |

Ablenkung der Magnete durch die Gewichte allein.

| No. | links | rechts | No. | links | rechts |
|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 35,0 | 35,0 | | | |
| 4 | 35,0 | 34,5 | | | |
| 6 | 34,5 | 34,0 | | | |
| | 34,83 | 34,50 | 9 | 24,7 | 24,7 |
| <i>N</i> | 18,55 | 17,50 | <i>N</i> | 18,55 | 17,50 |
| | 16,28 | 17,00 | | 6,15 | 7,20 |
| | - 0,21 | - 0,25 | | - 0,02 | - 0,03 |
| | 16,07 | 16,75 | | 6,13 | 7,17 |

$$d = 16,41$$

$$d' = 6,65$$

Ablenkung des Magnetes I durch Magnet II.

| No. | links | rechts | No. | links | rechts |
|----------|--------|--------|-----|--------|--------|
| 2 | 37,3 | 37,5 | 3 | 31,5 | 31,8 |
| 7 | 37,2 | 36,0 | 8 | 31,2 | 31,5 |
| | 37,25 | 36,75 | | 31,35 | 31,65 |
| <i>N</i> | 18,55 | 17,50 | | 18,55 | 17,50 |
| | 18,70 | 19,25 | | 12,80 | 14,15 |
| | - 0,33 | - 0,36 | | - 0,11 | - 0,15 |
| | 18,37 | 18,89 | | 12,69 | 14,00 |

$$18,63 = d_1$$

$$13,35 = d_2$$

$$d_1 - d_2 = 5,28$$

$$n = 0,281. \quad n' = 0,210. \quad A = 59,2. \quad R = \frac{A}{\sqrt{1+a}} = \frac{59,2}{0,987} = 60,0$$

$$\mathfrak{M}^2 = \frac{60^3}{2} \cdot 50 \cdot \frac{16,41}{6,65} \cdot 5,28; \quad \mathfrak{M} = 8400$$

$$\mathfrak{M}'^2 = \frac{60^3}{2} \cdot 50 \cdot \frac{6,65}{16,41} \cdot 5,28; \quad \mathfrak{M}' = 3400$$

$$h^2 = \frac{8}{60^3} \cdot 50 \cdot \frac{16,41 \cdot 6,65}{5,28}; \quad h = 0,196.$$

Anmerkung. Infolge eines Versehens war bei der Messung *A* nicht 59,2, sondern 59,4. Es ist hier 59,2 eingesetzt worden, damit das beabsichtigte $R = 60,0$ herauskommt; thatsächlich wäre also $h = 0,194$.

Die Drehwage ist von Herrn G. Lorenz in Chemnitz hergestellt worden und wird von dieser Firma zum Preise von 90—100 M. geliefert.

Selbstregistrierender mechanischer Apparat zu Versuchen über Reibung, Zugkraft einer Lokomotive und Zugspannung in einem beschleunigten Körper.

Von

Haus Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

Der Kraftmesser *D* des Apparates ist in folgender Weise eingerichtet. Auf einem Grundbrett *B* sind zwei Metallsäulchen *nn'* aufgeschraubt, welche durch einen horizontalen Stahlstift *h* mit einander verbunden sind. Eine Spiralfeder aus Stahldraht ist mit dem einen Ende bei *n'* befestigt, während das andere Ende eine Metallhülse trägt, welcher der Stahlstift *h* die Führung giebt. Von dieser Metallhülse geht ein Doppelfaden *v* aus, an welchem die zu messende Kraft wirkt. Um jene Metallhülse ist in der aus Figur 2 erkennbaren Weise leicht drehbar ein Metallring *m* gelegt, von welchem zwei Arme ausgehen. Der eine trägt den Halter für die Füllfeder *f*, der andere ein verschiebbares Kugelgewichtchen *k*, durch welches der Druck der Federspitze gegen die Skala *S* reguliert werden kann. Die Skala *S* ist auf einer

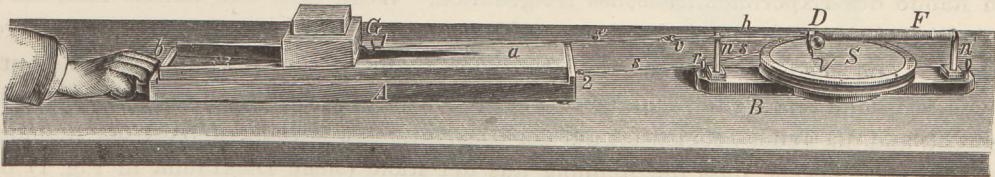


Fig. 1.

leicht drehbaren Kreisscheibe angebracht, deren Achse *O* sich (bei nicht gespannter Spiralfeder *F*) genau unter der Spitze der Schreibfeder *f* befindet, so dass, wenn man die Feder *F* spannt, die Spitze der Schreibfeder längs eines Halbmessers gleitet. Die Skala besteht aus einem System concentrischer Kreise, welche den Federspannungen für 10, 20, 30 bis 1000 Gramm entsprechen. Die Kreise für 100, 200, 300 u. s. f. Gramm sind stark gezeichnet und beziffert, die Kreise für 50, 150, 250 u. s. f. Gramm rot ausgezogen. Ausserdem sind in die Skala 12 Halbmesser eingezeichnet, um die Ablesung, bezw. die Rektifizierung der von der Feder *f* verzeichneten Kraftkurve bequemer durchführen zu können.

Die Skala ist mit einer Glasplatte bedeckt, auf welcher die Füllfeder *f* schreibt. Ist das Versuchsergebnis in der weiter unten angegebenen Weise notiert, beziehungsweise übertragen, so kann das Diagramm mittels Schwammes abgewischt werden, worauf die Glasplatte mit Filtrierpapier trocken gerieben und zu einem neuen Versuche bereitgestellt wird. Um bei gespannter Kraftfeder *F* ein Diagramm der wechselnden Spannung zu erhalten, muss selbstverständlich die Skalenscheibe gedreht werden, u. zw. stets in der Richtung des Pfeiles 1 in Fig. 2. Dies geschieht mittels einer an der Umfangsnut der Skalenscheibe in entsprechender Richtung aufgewickelten Schnur *s* (Fig. 1). Soll, z. B. beim Aufwickeln dieser Schnur, die Skalenscheibe entgegengesetzt der Pfeilrichtung 1 (Fig. 2) gedreht werden, so muss stets vorher die Schreibvorrichtung im Sinne des Pfeiles 2 umgelegt werden, bis die Kugel *K* auf der Glasplatte

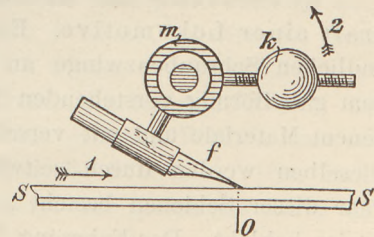


Fig. 2.

aufliegt, weil sonst die Schreibfeder gestaucht würde. Dieses Umlegen empfiehlt sich auch beim Reinigen der Glasplatte.

a) Versuche über Reibung. Zu diesen Versuchen dient eine Holzplatte A (Fig. 1), welche unten mit Zeichenpapier überklebt ist, das durch an den Ecken eingeschlagene Metallknöpfe geschützt ist. Die obere Fläche trägt an den Enden zwei vorstehende Leisten, zwischen welche verschiedene Platten als Unterlagen für den Gleitkörper G eingesetzt werden können. Auch dieser Gleitkörper ist teilweise mit Papier überklebt. Um die Proportionalität der Reibung mit dem Normaldrucke nachzuweisen, benutzt man die in Fig. 1 nach unten gekehrte, mit Papier überklebte Fläche der Platte A . Fig. 1 stellt die Anordnung des Versuches dar, der die Unabhängigkeit der Reibung von der Grösse der Gleitfläche erweisen soll. Zu diesem Zwecke ist in die Platte A eine zweite, mit dreieckigem Ausschnitte versehene, gleichfalls mit Zeichenpapier überzogene Platte a eingesetzt. Der Gleitkörper g steht zu Beginn des Versuches ganz links auf a auf und wird vom Häkchen 1 aus mittels einer Schnur s' mit v , also mit der Kraftfeder F verbunden, während die von der Skalenscheibe S ausgehende Umfangsschnur s über r zum Häkchen 2 der Platte A geführt wird. Die Grundplatte B des Dynamometers wird durch ein Metallplättchen am Rande des Experimentiertisches festgehalten. Wenn man nun mittels eines an A befindlichen Metallbügels b die Platte A wegzieht, so wird G durch Reibung mitgenommen und spannt dadurch die Kraftfeder F , bis deren Spannung der Reibung gleich ist; dann erst gleitet a unter G weg. Gleichzeitig wird aber die Skalenscheibe gedreht, und die Feder f registriert auf der Glasplatte den jeweiligen Wert der Reibung. Es zeigt sich hierbei, dass die Reibung aus der Ruhe (siehe Diagramm in Fig. 1) bedeutend grösser ist als während der Bewegung, in der sie nahezu constant ist, trotzdem sich dabei die Grösse der Gleitfläche bedeutend ändert. Um das Versuchsergebnis festzuhalten und gleichzeitig auf rechtwinklige Coordinaten zu rektifizieren, sind auf der Tafel (und im Schülerhefte) auf einer Geraden in gleichen Abständen 12 Ordinaten zu verzeichnen, auf denen die an den Halbmessern der Skalenscheibe abgelesenen Spannungen nach entsprechendem Maassstabe, z. B. $1 \text{ Dg} = 1 \text{ cm}$ (1 mm) aufgetragen werden. Selbstverständlich kann ein solches Coordinatensystem zur Darstellung mehrerer Versuchsergebnisse verwendet werden, wobei man zu jeder einzelnen Curve die Bedingungen notiert, unter welchen sie gewonnen wurde.

Dass sich hierbei auch Gelegenheit ergibt, auf die graphische Darstellung der Arbeit bei variablem Widerstande hinzuweisen und durch Berechnung der Diagrammfläche die Grösse der Reibungsarbeit zu ermitteln, sei gleichfalls erwähnt. Dabei ist für die willkürlich gewählte Abscisse des Diagramms der in Wirklichkeit vom Gleitkörper auf der Gleitplatte a zurückgelegte Weg einzusetzen.

b) Versuche zur Erklärung der Bedingungen für die Maximalzugkraft einer Lokomotive. Eine Holzplatte G (Fig. 3) wird mittels einer daran befindlichen Schraubenzwinde an dem Rande des Experimentiertisches befestigt. In dem gabelförmig vorstehenden Teile dieser Platte können Schienen s, s aus verschiedenen Materiale und mit verschiedener Oberflächenbeschaffenheit eingelegt werden. Dieselben werden durch seitwärts angebrachte Metallfedern festgehalten. Das eine Paar dieser Schienen besteht aus Holz, einerseits glatt, andererseits mit Schmierpapier beklebt. Das Fahrzeug F , welches die Lokomotive darstellt, trägt drei kleine Räder r und das zwischen Körnern liegende Triebrad T ; eine um dessen mittleren Teil aufgewickelte Schnur trägt an ihrem freien Ende die Gewichte P , welche die treibende Dampfkraft der Lokomotive ersetzen. Ausserdem sind Scheibengewichte Q

symmetrisch zum Triebrade auf dem Fahrzeuge F aufgelegt. Werden Gewichte von Q nach P oder umgekehrt gegeben, so ändert sich dabei wohl die treibende Kraft P , aber der Druck der Triebräder gegen die Schienen (das „Adhäsionsgewicht“ der Lokomotive) bleibt unverändert. Der Versuch wird nun in folgender Weise durchgeführt. Es werden zunächst die Holzschienen, mit dem Schmiergelpapier nach oben, eingelegt, der Wagen aufgesetzt, belastet und mittels der Schnur w an die Kraftfeder bei D gehängt. Wenn man nun Gewichte bei Q abhebt und bei P auflegt, so

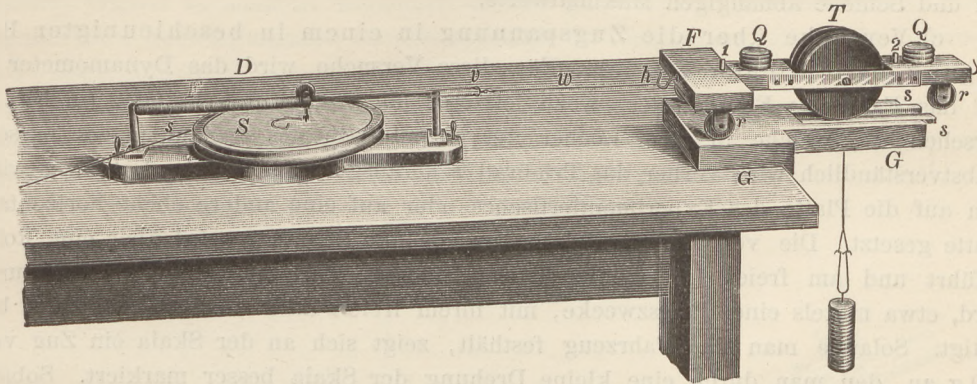


Fig. 3.

steigert sich die an der Skala S abzulesende Zugkraft des Fahrzeuges F allmählig bis zu einem gewissen Maximalbetrage. Wird auch dann noch die Kraft P vermehrt, so beginnt das Triebrad auf der Stelle zu rotieren, ohne dass dabei die Zugkraft grösser würde. Wenn man gleichzeitig die Skala S mittels der Schnur s dreht, so zeigt sich das Diagramm der Zugkraft in Form einer Curve, welche kleine Schwankungen um einen zu S concentrischen Kreis zeigt. (Man kann auch das freie Ende der Schnur s mit dem Triebrade verbinden, welches dann, sobald es in Bewegung gerät, die Skala S dreht; doch geht dann ein Teil des Gewichtes P zur Überwindung des Reibungswiderstandes von S verloren.)

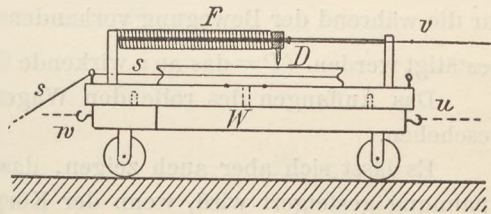


Fig. 4.

Übersetzt man das gewonnene Resultat in die für die Lokomotiven giltigen Verhältnisse, so ergibt sich: Unter den vorliegenden Bedingungen kann auch bei noch weitergehender Steigerung der Dampfkraft die Zugkraft der Lokomotive nicht mehr erhöht werden.

Wenn man nun neue Gewichte auf das Fahrzeug auflädt, während P ungeändert bleibt, so sieht man, dass jetzt das Triebrad nicht leer geht, sondern noch weiter zieht, und wenn man jetzt Gewichte von Q nach P bringt, so wird die Skala eine Vergrößerung der Zugkraft anzeigen, bis endlich wieder der Maximalwert erreicht wird und das Triebrad sich auf der Stelle dreht. Daraus ergibt sich: Die maximale Zugkraft einer Lokomotive wächst unter sonst gleichen Verhältnissen mit ihrem Adhäsionsgewichte (Druck der Triebräder gegen die Schienen). Dass Maximalzugkraft und Adhäsionsgewicht proportional sind, lässt sich gleichfalls durch den Versuch bestätigen.

Dreht man nun die Schienen s mit der glatten Seite nach aufwärts, ohne an P und Q etwas zu ändern, so zeigt sich, wenn man P loslässt und gleichzeitig die Skala dreht, eine viel geringere Zugkraft des Fahrzeuges F , dagegen eine sehr rasche

Drehung des Triebrades T , welches eben jetzt eine viel geringere gleitende Reibung an den Schienen besitzt. Daraus geht hervor: Die Maximalzugkraft einer Lokomotive hängt unter sonst gleichen Verhältnissen von dem Coëfficienten der gleitenden Reibung zwischen Triebrod und Schienen ab.

Zusammenfassend kann man daher sagen: Unter bestimmten Verhältnissen wächst die Zugkraft der Lokomotive mit der Dampfkraft bis zu einem gewissen, lediglich von dem Adhäsionsgewichte und dem Reibungscoëfficienten zwischen Triebrod und Schiene abhängigen Maximalwerte.

c) Versuche über die Zugspannung in einem in beschleunigter Bewegung befindlichen Körper. Für diese Versuche wird das Dynamometer D auf das Fahrzeug F aufgesetzt, wozu letzteres mit zwei Stiften 1 und 2 (in Fig. 3) versehen ist, welche in zwei Löcher der Grundplatte des Dynamometers passen. Selbstverständlich wird vorher das Triebrod T herausgenommen. Das Fahrzeug wird nun auf die Platte des Experimentiertisches oder auf eine andere ebene horizontale Platte gesetzt. Die von der Kraftfeder ausgehende Schnur v wird über eine Rolle geführt und am freien Ende entsprechend belastet, z. B. mit 500 g. Die Schnur s wird, etwa mittels einer Reisszwecke, mit ihrem freien Ende an der Tischplatte befestigt. Solange man das Fahrzeug festhält, zeigt sich an der Skala ein Zug von 500 g an, den man durch eine kleine Drehung der Skala besser markiert. Sobald man aber loslässt und der Wagen in die beschleunigte Bewegung übergeht, zeigt sich an der rotierenden Skala der Rückgang der Spannung in einem Diagramm von der Form der Fig. 5 an.

Bestimmt man das für die Bewegung des Wagens und der Skala erforderliche Reibungsgewicht und lässt man dasselbe an der vom Haken u ausgehenden Schnur wirken, so ist die Reibung ausser Betracht gesetzt, und es kann dann auch die Formel für die während der Bewegung vorhandene Spannung $p = P \cdot \frac{Q}{P+Q}$ durch den Versuch bestätigt werden. (P = das an v wirkende Gewicht; Q = Gewicht des ganzen Gefährtes).

Das Auffangen des rollenden Wagens kann ohne Schwierigkeit mit der Hand geschehen.

Es lässt sich aber auch zeigen, dass die durch ein Gewicht P hervorgebrachte Spannung gesteigert wird, wenn der Körper in entgegengesetzter Richtung beschleunigt wird.

Zu diesem Zwecke bringt man an v z. B. ein Gewicht $P = 300$ g und in entgegengesetzter Richtung an dem Haken u ein Gewicht von 800 g, vermehrt um das Reibungsgewicht, an, so dass der Wagen jetzt mit 500 g in der der Zugkraft P entgegengesetzten Richtung gezogen wird. Die Schnur s wird jetzt auf die andere Seite, nach rechts (Fig. 4)

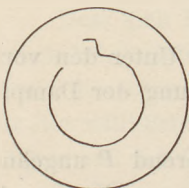


Fig. 5.

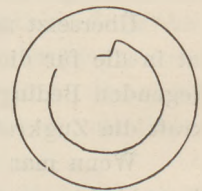


Fig. 6.

gelegt und wieder auf der Tischplatte befestigt. So lange man den Wagen festhält, zeigt sich am Dynamometer die Spannung 300 g. Sowie aber der Wagen losgelassen wird und sich nach links beschleunigt bewegt, zeigt sich auch an der Skala durch ein in Fig. 6 dargestelltes Diagramm die Steigerung der Zugspannung an¹⁾.

¹⁾ Der Apparat wird samt den in den Fig. 1 und 3 dargestellten Nebenbestandteilen (ausschliesslich der Scheibengewichte) für 80 M., in reicherer Ausstattung, mit mehreren Reibungskörpern, mit metallenen Triebrod, 15 Scheibengewichten à 100 g, mit einstellbarem Reibungsgewicht etc. für 110 M. vom Feinmechaniker Julius Antusch in Reichenberg, Deutschböhmen, geliefert.

Als blosses Tribometer kostet der Apparat mit dem in Fig. 1 dargestellten Zubehör 50 M.

Demonstrationsapparat für Lichtschwingungen und Präcession der Äquinoktien.

Von

Kurt Geissler in Charlottenburg.

Mit dem Namen Schwingungskreuz könnte man einen einfachen Apparat bezeichnen, der geeignet ist, transversale Schwingungen eines Punktes in zwei unter rechtem Winkel zu einander stehenden Ebenen getrennt und gleichzeitig bei beliebig regulierbarer Schwingungszeit zu demonstrieren und ausserdem, ein wenig anders benutzt, die elliptische Bewegung der Erde um die Sonne mit ihrer Axenstellung, mit Rotation und der auf natürliche Weise eintretenden Präcession vor Augen zu führen. Der Apparat lässt sich in beliebiger Grösse ausführen, im folgenden sind Längen angegeben, wie sie bei der bisherigen Herstellung¹⁾ angewendet wurden.

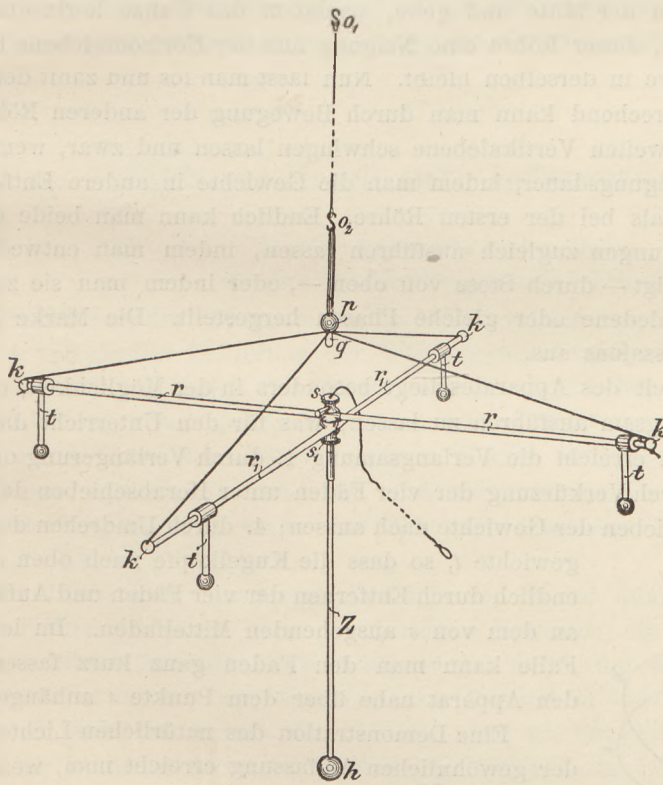


Fig. 1.

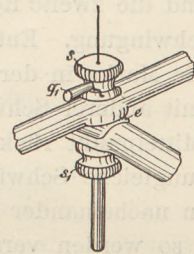


Fig. 2.

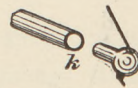


Fig. 3.

Zwei gleiche, leichte, hohle Metallröhren r und r_1 , von 45 cm Länge und 4 mm Durchmesser (Figur 1) sind in der Mitte durchbohrt und zwar vertikal, wenn die Röhren horizontal liegen; sie können mit Hilfe einer Schraube, die in den oben und unten aufgesetzten Metallstücken s und s_1 endigt, derartig gegeneinander gedrückt werden, dass man sie alsdann noch leicht unter Winkel von 90° stellen kann. Das untere Metallstück s_1 verlängert sich in eine Röhre, in welche man von unten her einen Holzzeiger (z) stecken kann, der eine Hollundermarkkugel h als Marke trägt. Das obere Metallstück s zeigt in der Mitte oben ein Loch, durch das ein Seidenfaden gezogen ist, den man mit Hilfe eines seitlichen Pflockes g_1 (in Figur 2) festmachen

¹⁾ Der Apparat wird derartig geliefert von der Firma Warmbrunn, Quilitz und Co., Berlin C.

kann. Die Enden der Röhren r und r_1 sind durch Holzknöpfe k (siehe Figur 1 und 3) verschliessbar, in letzteren sind Fäden befestigt, die nach oben sich vereinigen, durch eine Holzperle p gezogen und daselbst mittels eines Pflöckes q festgedrückt werden können. Die Länge dieser vier Fäden ist gleich und zwar gehen sie alle bis zu dem Häkchen o_2 . Auf den Röhren sind je zwei Messinggewichte verschiebbar, bestehend aus kleinen Hohlzylindern, langen Schrauben und kugelförmigen Schraubenköpfen, jedes wiegt etwa 16 g.

Um die Hollundermarkkugel in einer Vertikalebene schwingen zu lassen, hänge man den ganzen Apparat an den vier Fäden auf, während der in s befestigte Faden unbenutzt bleibt; das Häkchen o_2 wird an einen anderen Faden angehängt und dessen oberes Ende o_1 kann entweder an einem Stativ befestigt oder in der Hand gehalten werden oder auch an einen noch längeren, etwa von der Decke herabhängenden Faden geknüpft werden. Man stelle nun die Laufgewichte der einen Röhre in gleichen Abstand von der Mitte und gebe, nachdem das Ganze horizontal zum Schweben gekommen ist, dieser Röhre eine Neigung aus der Horizontalebene heraus, während die zweite Röhre in derselben bleibt. Nun lässt man los und zählt den Takt der Schwingung. Entsprechend kann man durch Bewegung der anderen Röhre für sich die Marke in der zweiten Vertikalebene schwingen lassen und zwar, wenn man will, mit anderer Schwingungsdauer, indem man die Gewichte in andere Entfernung vom Mittelpunkt rückt als bei der ersten Röhre. Endlich kann man beide gleiche oder ungleiche Schwingungen zugleich ausführen lassen, indem man entweder die Röhren nacheinander neigt — durch Stoss von oben —, oder indem man sie zugleich neigt; so werden verschiedene oder gleiche Phasen hergestellt. Die Marke h führt nun die Figuren von Lissajous aus.

Die Eigentümlichkeit des Apparates liegt besonders in der Möglichkeit, die Bewegungen auch sehr langsam ausführen zu lassen, was für den Unterricht durchaus wünschenswert ist. Man erreicht die Verlangsamung 1. durch Verlängerung des Aufhängefadens $o_1 o_2$; 2. durch Verkürzung der vier Fäden unter Herabschieben der Holzperle p ; 3. durch Verschieben der Gewichte nach aussen; 4. durch Umdrehen der Lauf-

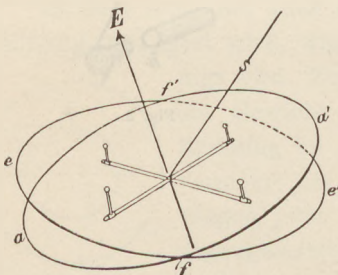


Fig. 4.

gewichte t , so dass die Kugelköpfe nach oben stehen; endlich durch Entfernen der vier Fäden und Aufhängen an dem von s ausgehenden Mittelfaden. Im letzteren Falle kann man den Faden ganz kurz fassen oder den Apparat nahe über dem Punkte s anhängen.

Eine Demonstration des natürlichen Lichtes nach der gewöhnlichen Auffassung erreicht man, wenn man die Marke in zwei Ebenen schwingen lässt und ausserdem das Ganze sich drehen lässt, was der Aufhängefaden leicht gestattet.

Soll der Apparat die Erde darstellen, so hängt man ihn am Faden s auf und befestigt diesen wieder an einem langen, etwa von der Decke oder auch von einem nicht zu niedrigen Stative herunterhängenden Faden. Der nach unten gehende Holzzeiger stellt die ruhende Erdaxe (E , Fig. 4) vor. Bringt man die Röhren in ihrer Ebene zur schnellen Rotation, so erblickt man die Äquatorebene als glänzende Fläche. Die Rotation erhält sich genügend lange durch das Trägheitsmoment der Gewichte, deren Köpfe nach oben gestellt sein müssen, so dass der untere Befestigungspunkt des Fadens nur wenig über dem Schwerpunkt des Ganzen liegt. Lag bei Einleitung der Drehung die Äquatorebene nicht horizontal, so beschreibt die Erdaxe langsam

einen Kegelmantel; dies zeigt die Marke deutlich an, auch sieht man auf weite Entfernung, in welcher Weise sich die glänzende Äquatorebene wendet. Nachdem man dies gezeigt, ziehe man den Apparat so aus der vertikalen Pendellage heraus, dass man ihn wie ein Kreispindel sich bewegen lassen kann. Nach kurzer Übung gelingt es leicht, eine in der Horizontalebene liegende Ellipse als Abbild der Erdbahn zu erhalten und beim Fortstossen zugleich die Rotation um eine zur Horizontalebene geneigte Axe — angenähert unter dem Winkel der Ekliptik ee' — zu erzeugen. Jetzt kann man an der Vorrichtung die Erdbewegung, nämlich Revolution, Rotation und Präcession der Tag- und Nachtgleichenpunkte ff' verfolgen. Ist der Holzzeiger nicht genau vertikal zur Röhrenebene eingeschoben, so beschreibt er ausserdem noch kleine besondere kegelförmige Schwankungen, auf welche man alsdann hinweisen kann, da sie — langsamer gedacht im Verhältnis zur Rotation — eine Anschauung von der Nutation der Erdaxe geben. Die Ursache für die hier zur Erscheinung tretende Präcession ist natürlich die Erdanziehung auf den absichtlich nicht ganz genau im Schwerpunkt befestigten Apparat, ist also wenigstens eine der wirklichen Präcessionsursache analoge.

Einfaches Modell einer Influenzmaschine¹⁾.

Von

K. W. Dubrowsky in St. Petersburg.

(Ins Deutsche übertragen von B. J. Kolbe.)

Die Theorie der Influenzmaschine ist so verwickelt, dass man in Mittelschulen auf eine vollständige Erklärung der Wirkungsweise verzichten muss. Ein einfaches und übersichtliches Modell der Influenzmaschine kann aber das Verständnis wesentlich erleichtern. Vor mehreren Jahren ist in Wiedemanns Annalen ein solches Modell beschrieben worden (das auch in KOLBES Elektrizitätslehre, I 89, erwähnt ist). Dieser Apparat ist immerhin noch ziemlich kompliziert, erfordert sehr gut isolierende Ständer und wirkt nur bei recht trockener Luft; ausserdem ist die Wirkung schwach.

Mit Hilfe eines geeigneten Drillbohrers, zweier dünner Ebonitscheiben und einiger Holzleisten kann man mit geringen Unkosten ein einfaches Modell einer Influenzmaschine herstellen, das genügend gut wirkt, um eine Geisslersche Röhre aufleuchten zu lassen, oder eine Leydener Flasche zu laden u. dergl. Die äusserst einfache Konstruktion macht dieses Modell auch für Schüler leicht herstellbar. Der Drillbohrer ist ziemlich lang zu wählen (er misst 35 cm von einem Ende zum anderen) und ist so eingerichtet, dass die Drehung nur nach einer Richtung erfolgt. Die Spindel des Bohrers wird aus dem zum Anstemmen dienenden Holzknopf herausgenommen, und der aufgelötete kleine Ring weggefeilt. Die im Holzknopf befindliche eiserne Dille wird in die Fussplatte des Holzständers eingelassen (Fig. 1, *a*).

Eine Gesamtansicht des Apparats zeigt Fig. 1. Der Holzrahmen (*H*) wird beim Gebrauch durch eine Schraubenzwinde (*P*) an dem Experimentiertisch befestigt. Die Breite des Rahmens beträgt 38 cm, die Höhe 43 cm. Die Querleiste (*o*) hat von der Fussplatte einen Abstand von 25 cm. Sie ist in der Mitte mit einem Loche versehen, das etwas grösser ist als der Durchmesser des Bohrers. Darauf ist eine durchlochte

¹⁾ Demonstriert in der physikalischen Sektion des pädagogischen Museums der Militair-Lehranstalten in St. Petersburg, am 21. Febr. 1896.

Blechplatte (m) geschraubt, welche der Spindel des Drillbohrers als Führung dient. Die Seitenleisten haben oben einen Falz von ca. 8 cm Länge, in die das Ebonitlineal L (von 1 mm Dicke) zu liegen kommt. Durch die Pressschraube (Z) wird das Lineal gehalten und nach Bedarf festgeklummt. Auf dem Lineal sind als Conduktoren (K_1, K_2) bronzierte Holzbacken angeschraubt, welche die Saugspitzen (dicke Stecknadeln) tragen und mit Löchern zur Aufnahme der Poldrähre versehen sind. Auf dem einen Conduktor ist eine niedrige runde Pappdose (r) aufgeleimt und bronziert. Sie dient zur Aufnahme einer kleinen Leydener Flasche (s. w. u.). Die rotierende Ebonitscheibe (S) hat einen Durchmesser von ca. 27 cm und eine Dicke von 0,7 mm. Zur Vermeidung der Durchbiegung ist unterhalb dieser Scheibe eine kleinere Ebonitscheibe s_2 (Fig. 2) von 8,5 cm

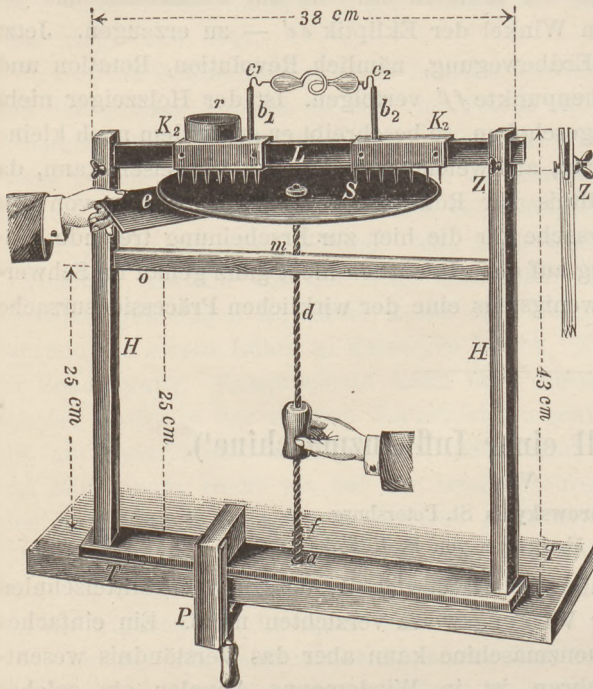


Fig. 1.

zusammengehalten. Der Dorn (t), auf welchem die Schraubenmuttern sitzen (die untere wird besser festgelötet), passt in die Öffnung des Drillbohrers. Zweckmässig ist es, diesen Teil (t) vierkantig herzustellen, damit der Bohrer bei der Rotation die Scheibe sicher mitnimmt.

Der Apparat wird in folgender Weise zusammengestellt: Zuerst hebt man das Lineal L ab, steckt den Drillbohrer durch die Öffnung m und schiebt den Handgriff g umgekehrt auf (damit die Scheibe in Rotation versetzt wird, wenn man g nach unten drückt). Nun schiebt man die kurze Spiralfeder f auf und steckt den Bohrer in die Dille a . Nach dem Aufsetzen des Lineals L ist der Apparat zum Gebrauch fertig. Die Saugspitzen sollen nahe an der rotierenden Scheibe stehen, dürfen sie aber nicht berühren. Die Lage der Schraube (Z Fig. 1) ist danach zu bemessen.

I. Versuch mit einer Geisslerschen Röhre. (Fig. 1.)

In die Löcher der Holzbacken K_1, K_2 werden zwei kurze Stücke eines dünnen Bleirohres gesteckt; in diese stellt man die Kupferdrähre c_1, c_2 . Die Enden dieser Drähre sind hakenförmig gebogen, um die Geisslersche Röhre anhängen zu können. — Die influierende Ebonitplatte (e 22 cm lang, an dem Ende, wo man sie hält 6,5 cm; an dem anderen 10 cm breit) ist mit L und s' aus derselben Ebonitplatte von 1 mm Dicke herausgesägt. Nachdem e elektrisiert worden, hält man sie dicht unterhalb S und setzt den Apparat in Rotation. Sofort leuchtet die Röhre hell auf und lässt deutlich den Unterschied zwischen Anode und Kathode erkennen. Hält man die

zur Aufnahme der Poldrähre versehen sind. Auf dem einen Conduktor ist eine niedrige runde Pappdose (r) aufgeleimt und bronziert. Sie dient zur Aufnahme einer kleinen Leydener Flasche (s. w. u.). Die rotierende Ebonitscheibe (S) hat einen Durchmesser von ca. 27 cm und eine Dicke von 0,7 mm. Zur Vermeidung der Durchbiegung ist unterhalb dieser Scheibe eine kleinere Ebonitscheibe s_2 (Fig. 2) von 8,5 cm



Fig. 2.

Durchmesser und 1 mm Dicke angebracht. Beide Scheiben haben in der Mitte ein Loch und werden durch eine Schraubenmutter

influiende Scheibe rechts, statt links, so tritt Polwechsel auf, wie an der Röhre erkennbar. Im Dunkeln sieht man die charakteristischen blauen Lichtzungen auf der über e befindlichen oberen Seite der rotierenden Scheibe und bei dem anderen Konduktor die leuchtenden Punkte.

II. Versuch mit einer Leydener Flasche. (Fig. 3.)

In die Pappdose r wird ein rechtwinklig gebogener Blechstreifen gestellt, an welchen ein Kupferdraht gelötet ist, der durch einen Gummischlauch geschoben und mit einer Kugel versehen ist. Wird jetzt die Leydener Flasche in die Pappdose geschoben, so ist dieser „Entlader“ mit der äusseren Belegung in leitender Verbindung. An dem Leitungsstabe der Flasche ist ein Kupferdraht d befestigt, der ebenfalls durch einen Gummischlauch isoliert ist. Das freie Ende bildet eine längliche federnde Öse, welche in die Öffnung des anderen Conductors k_2 gesteckt wird.

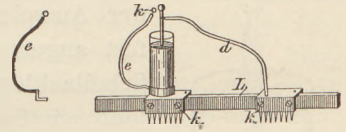


Fig. 3.

Setzt man nun den Apparat in Thätigkeit, so kann man nach je 4—5 Bewegungen des Griffes g (Fig. 1) durch Annäherung der Kugel k (Fig. 3) an die Kugel der inneren Belegung einen Funken von 5—7 mm Länge erhalten.

Bei diesen Versuchen ist der bei den Drillbohrern angebrachte Schwungapparat (ein Eisenstab mit zwei Messingkugeln) abgeschraubt, da sonst das Halten der influierenden Ebonitscheibe erschwert würde; auch hat die rotierende Scheibe ein genügendes Drehungsmoment. Für kleinere Schulen dürfte dieser billige Apparat als Elektrizitätsquelle ausreichen. Er lässt sich auch zur Demonstration der Schwingkraft benutzen. Nachdem das Lineal L und die Scheibe s entfernt worden, werden die Schwungkugeln angebracht und im Bohrer ein Stift befestigt, welcher an ein rundes Blechstück gelötet ist; an dieses ist ein kugelförmiges Glasgefäss von 4—5 cm Durchmesser mit Sieglack angekittet. Giesst man in dieses Gefäss etwas gefärbtes Wasser und ein wenig Quecksilber, so tritt bei der Rotation die Bildung der äquatorialen Zone sehr deutlich hervor. Auch andere passende Apparate dieser Art können aufgesetzt werden.

Da der Drillbohrer auch ohne die Dille (die im Fussbrett eingelassen ist) in der Holzkugel gut läuft, so kann er nach wie vor zum Bohren verwendet werden, was in solchen Fällen zweckmässig sein kann, wo alle unnützen Ausgaben vermieden werden müssen. Bei Selbstanfertigung der Holz- und der Ebonitteile (wobei das Material zu letzteren gekauft wurde) stellte sich der beschriebene Apparat auf etwa $2\frac{1}{2}$ Rubel = 5 Mark.

Ein Elektroskop für den Nachweis galvanischer Elektrizität.

(Zur Selbstanfertigung.)

Von

W. Weiler in Esslingen.

An Elektroskop- und Elektrometerkonstruktionen ist kein Mangel; dennoch eignen sich nur wenige zum Nachweis der Potentialdifferenzen an den Polen eines galvanischen oder voltaischen Elementes. Das Quadrantenelektrometer ist gewöhnlich für ein Schulkabinett zu teuer und auch für den Anfangsunterricht zu kompliziert; dasselbe gilt fast von allen andern Messinstrumenten, die diesen Nachweis gestatten.

Dem im folgenden beschriebenen Elektroskop liegt das Prinzip des Quadrantenelektrometers (Edelmannsche Form) zu Grunde, ist aber wie dieses selbst aus dem

Apparat hervorgegangen, mit dem man die Potentialdifferenz an den Polen eines aus Kupfer und Zink zusammengelöteten Streifens (Fig. 2) nachweist; erteilt man dem Aluminiumblech *N*, der Nadel, eine elektrische Ladung, so weicht sie aus ihrer Lage zwischen den Enden des Kreisstreifens ab nach dem Pol hin, der die entgegengesetzte Elektrizität besitzt.

Ein Glasgefäß von 13 cm Höhe und 8 cm Weite ist unten wie eine Leydener Flasche (Fig. 1) auf 5 cm Höhe innen und aussen mit Stanniol belegt, aber die Belege sind innen und aussen auf 4 bis 5 mm Entfernung diametral durchschnitten, so dass zwei halbe Belege durch diesen Ausschnitt gebildet werden; der Ausschnitt wird gemacht, so lange der Stanniol noch nicht fest angetrocknet ist; nach dem Trocknen wird er mit weisser Schellacklösung überstrichen. Von jedem halben inneren Belege läuft ein Stanniolstreifen von 2 cm Breite an der Glaswand herauf, ist am Rand umgebogen und noch 5 cm abwärts angeleimt (mit dünner Gummiarabicumlösung). In den reichlich gefirnisssten, mit drei aufgeleimten Korken im Glase geführten Holzdeckel ist eine Glasröhre eingekittet, durch welche der oben zur Schleife gebogene Zuleitungsdraht mittels umgewickelten elastischen Wollfadens geschoben wird. Die am Zuleitungsdraht in ein feines Loch geknüpfte Leinen oder Hanffaser trägt einen zweiarmigen, aus zwei feinen gezwirnten Kupferdrähten bestehenden Hebel, der einerseits ein langes, geglättetes Stück Sonnenblumenmark trägt, andererseits am sehr kurzen Arme mit Siegellack ins Gleichgewicht gesetzt ist.

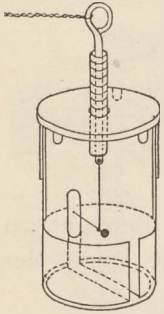


Fig. 1.

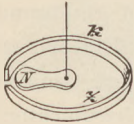


Fig. 2.

An die Schleife des Zuleitungsdrahtes ist ein dünner Kupferdraht gezwirnt, dem die Elektrizität zugeführt wird, damit bei der Ladung der Apparat nicht erschüttert werde. Den Markeycylinder zieht man so weit empor, dass seine obere Rundung über dem Stanniolbelege gut sichtbar ist.

Der Versuch ist sehr einfach. Man dreht den Zuleitungsstift so, dass der Markeycylinder (die Nadel) vor einem Schlitz der Belege steht und reguliert so lange, bis beim Überspringen von Fünklein aus einer mit Wolle geriebenen Harzstange auf den gezwirnten Zuleitungsdraht die Nadel keinen Ausschlag giebt. Alsdann schiebt man das breit geschlagene Ende des einen Poldrahtes eines Elementes zwischen den Deckel und den einen Stanniolstreifen und das gleichfalls breit geschlagene und ebenfalls mit Schmirgelpapier gereinigte Ende des anderen Poldrahtes unter die äussere Belegung; die Nadel weicht nach dem Überspringen eines Fünkleins oder der Annäherung der geriebenen Harzstange gegen den federnden Zuleitungsdraht je nach der Stärke der Ladung aus ihrer Anfangslage ab. Hierauf vertauscht man die Poldrähte und erhält eine Ablenkung nach der entgegengesetzten Seite. Nach jedem Versuche berührt man die Stanniolstreifen leicht mit dem feuchten Finger und entladet.

Legt man über die inneren Belege zwei einerseits zusammengelötete Streifen aus Kupfer und Zink, die an den freien Enden einander auf 4 bis 5 mm nahe kommen, und stellt man die Nadel vor den Schlitz, so lassen sich die Versuche mit der Berührungsspannung anstellen, wozu man wieder eine geriebene Harz- und Glasstange verwendet.

Der Apparat geht aus der Leydener Flasche hervor, beruht also beim Übergang von der einen Art der Elektrizitätserregung zur andern auf Bekanntem, bereitet das Verständnis des Quadrantenelektrometers vor und ist leicht und wohlfeil herzustellen.

Über Farbenthermoskope.

Von

H. Rebenstorff in Dresden

Zur Sichtbarmachung thermischer Vorgänge verwendet man ausser den für Messungszwecke geeigneten Demonstrationsthermometern mehr oder weniger complizierte Vorrichtungen, die man als Thermoskope bezeichnet. Ein sehr einfaches und wirksames Hilfsmittel ist ein Anstrich, der mit dem Doppeljodid von Silber und Quecksilber auf Papierstreifen oder auch direkt auf dem betreffenden Apparate angebracht wird. Das Silberquecksilberjodid, welches bei gewöhnlicher Temperatur eine rein gelbe Farbe besitzt, wird beim Erwärmen auf 45° – 50° rot, beim Abkühlen unter 33° wieder gelb und behält diese Eigenschaft in dem mit einem hellen Lacke zubereiteten Anstrich unbegrenzt lange bei. Ähnlich wie einige Modifikationen des Jodsilbers ist auch Silberquecksilberjodid bei richtiger Darstellung unempfindlich gegen Lichtwirkung. Der bisher fast unbekannt Stoff wird als Niederschlag durch Fällen einer Kaliumquecksilberjodidlösung mittels Silbernitrat gewonnen.

Untersuchungen der durch portionsweise ausgeführte Fällungen erhaltenen Niederschläge zeigten die Abhängigkeit der Temperatur der Farbänderung von der quantitativen Zusammensetzung, indem ein Niederschlag, welcher mehr Jodsilber enthält, als der Zusammensetzung nach der Formel 2 Ag J. Hg J_2 entspricht, schon bei 40 – 45° einen roten Farbenton annimmt und die gelbe Farbe erst beim Abkühlen unter 28° wiedergewinnt. Den schroffsten Farbenwechsel besitzen Niederschläge, deren Zusammensetzung genau der obigen Formel entspricht. Ein Mehr an Quecksilberjodid bewirkt rötliche Färbung des Körpers auch in der Kälte, jedoch zeigen die mit der letzteren Sorte des Doppeljodids hergestellten Anstriche die Eigentümlichkeit, nach dem Erkalten einige Minuten lang einen mehr gelben Farbenton beizubehalten, während das nach der Formel 2 Ag J. Hg J_2 zusammengesetzte Doppeljodid beim Abkühlen die frühere Farbe sofort genau wiedererhält. In Krystallen erhielt ich das Silberquecksilberjodid beim Erkalten von Auflösungen desselben in nicht zu concentrirten Mercurinitratlösungen. Näheres findet man in der Programmabhandlung: „Über Farbenthermoskope und ihre Verwendung im Unterricht“.¹⁾ Im Folgenden gebe ich eine Beschreibung von Versuchen mit dem Thermoskop, die im wesentlichen jener Abhandlung entnommen ist.

Der Anwendung des Farbenthermoskopes lässt man die Vorführung der Farbänderung selbst vorausgehen und zeigt als eine Art Seitenstück zugleich die Farbänderung eines Anstriches des in der Kälte roten, beim Erwärmen auf über 70° braunen Kupferquecksilberjodids, welches ja unter dem Namen Hess' Farbenthermoskop allgemeiner bekannt ist, seitdem Weinhold die Anwendbarkeit dieses Stoffes bei thermischen Demonstrationen zeigte. Am besten bedient man sich hierzu — besonders bei Vorführungen vor einem grösseren Zuhörerkreise — grosser, mit den Anstrichen versehener Papierblätter, die auf Holzrahmen durch Aufkleben befestigt sind. Die Farbänderung macht man dadurch sichtbar, dass man das Papier einer Flamme oder einem heissen Gegenstande nähert. Noch etwas ansprechender wird die Vorführung, wenn man eine von Verzierungen durchbrochene Eisenplatte in erwärmtem Zustande bereit hält und diese unter Benutzung eines Winterhandschuhs gegen die Rückseiten der auf den Rahmen befindlichen Farbfächen drückt. Auch kann man ein Stück starken Kartonpapiers mit Ausschnitten in Form von Blumen oder dergl. versehen und auf einer Seite mit einem Blatte des thermoskopischen Papiers überkleben. Über einer Flamme wird die Form der Ausschnitte durch die Farbänderung sichtbar. Eine weitere Abänderung des Versuches beruht auf Benutzung eines galvanischen Stromes, den man durch einen dünnen, der Rückseite des Papiers aufgeklebten Draht hindurchschiebt, sodass je nach Form des Drahtes Buchstaben, Zahlen etc. sichtbar werden, die nach dem Öffnen des Stromes wieder verschwinden.

¹⁾ Beilage zum Jahresbericht der Realschule zu Dresden-Friedrichstadt (Freimaurer-Institut). Ostern 1896. Pr.-No. 573.

Durch diese Vorführung giebt man zugleich ein Beispiel der ohnehin auch im elementaren Unterricht zu besprechenden Erscheinung, dass manche Stoffe in mehrfachen Zuständen vorkommen — Allotropieen des Phosphors, Kohlenstoffs etc. — und dass die Wärme das mächtigste Hilfsmittel ist, einen Stoff aus einem Zustande in einen andern überzuführen. Hinzuzufügen wäre, dass gewöhnlich erst durch viel stärkere und länger dauernde Erhitzung Überführung einer Modifikation in eine andere möglich ist.

Will man auf die Umwandlungserscheinungen etwas näher eingehen, so empfiehlt sich ebenfalls die Anwendung des Silber-Farben-thermoskops, um die allgemeine Thatsache zu demonstrieren, dass, wenn ein Stoff durch Erwärmen in eine andere Modifikation überführbar ist, die entgegengesetzte Umwandlung beim Abkühlen erst bei einer etwas niedrigeren Temperatur stattfindet. Diese typische Erscheinung, infolge deren es Temperaturen giebt, bei denen beide Modifikationen nebeneinander vorkommen, kann auch einem grossen Zuhörerkreise in folgender Weise gezeigt werden. Ein grosses Blechgefäss, Eimer oder dergl., wird mit Wasser von 45–50° angefüllt, nötigenfalls durch eine darunterstehende Flamme auf seiner Temperatur erhalten. Die Aussenseite ist mit einem grossen Blatte gelben Papierbedeckt, welches man oben und unten mit Bindfaden befestigt. Das anfangs gelbe Papier wird alsdann überall da rot, wo man es mit einer vorübergeführten Flamme bestreicht oder mit etwas Watte reibt, und die rote Farbe bleibt in unmittelbarer Nähe der gelben Stellen unverändert bestehen, solange der Inhalt genügend warm ist. Macht man alsdann mittels einer Flamme die ganze Aussenseite rot, so hinterlässt nunmehr jeder kalte Körper, mit dem man das rote Papier berührt, eine gelbe Spur; am einfachsten taucht man eine Hand in kaltes Wasser und umfasst mit gespreizten Fingern das Blechgefäss. Mit einem Hohlspiegel kann man auf der 40–45° warmen, geröteten Papierfläche auch die sogenannten Kältestrahlen sichtbar machen, welche von einem Eisstück ausgehen. Man bemerkt an dem Farbenton des aussen befindlichen, infolge von Strahlung und Luftbewegung etwas abgekühlten Papiers, dass seine Temperatur meistens einige Grad unter der des Gefässinhaltes liegt.

In manchen Fällen kann das Anlegen des Thermoskops an die Teile der Oberfläche von Apparaten auf diejenigen Stellen aufmerksam machen, wo die Wärmeentwicklung am frühesten oder auch ausschliesslich stattfindet, und mancherlei Fragen und Schlüsse lassen sich an die einfachen Beobachtungen solcher Art anknüpfen. Als ein Beispiel für viele beschreibe ich einen Versuch, durch den man die Wärmeentwicklung beim Verdünnen von Schwefelsäure veranschaulicht. In ein etwa 5 cm hoch mit Wasser gefülltes Reagensglas bringt man mittels einer Pipette eine Bodenschicht concentrirter Schwefelsäure. Beim Herausziehen der Pipette hält man das Reagensglas geneigt und lässt die Pipettenspitze der unteren Wandung des Reagensglases anliegen. Auf diese Weise kann man es leicht erreichen, dass nur eine ganz geringe Wärmeentwicklung beim Einbringen der Schwefelsäure stattfindet. Sollte dies nicht gelungen sein, was man durch Umfassen des Gläschens mit der Hand sofort verspürt, so kühlt man durch Eintauchen in kaltes Wasser und langsames Bewegen in wenigen Sekunden soweit ab, dass das herausgenommene und abgetrocknete Gläschen einen um dasselbe gelegten thermoskopischen Streifen nirgends rötet. Man hält nun das Gläschen mit dem herumgelegten Streifen zunächst noch einige Augenblicke ruhig, um die niedrige Temperatur der übereinander geschichteten Flüssigkeiten zu zeigen, hierauf schüttelt man das Gläschen ein wenig, und bemerkt sofort an dem Rotwerden des Thermoskops über der Vermischungsstelle der Flüssigkeiten die sich nunmehr einstellende starke Wärmeentwicklung. Wird das Gläschen mit dem Thermoskop, welches man irgend wie um dasselbe befestigt, ruhig hingestellt, so erkennt man an dem langen Verweilen des roten Ringes auf gelbem Grunde ausser der geringen Wärmeleitung der Flüssigkeiten auch den Irrtum sehr deutlich, der in der vulgären Ansicht vom „Emporsteigen der Wärme“ liegt. Da verdünnte Schwefelsäure auch bei höherer Temperatur schwerer als kaltes Wasser ist, so bleibt die Flüssigkeit lange Zeit an der Vermischungsstelle heiss, trotzdem sich kaltes Wasser darüber befindet.

Auf dem weiten Rohre eines Liebigschen Kühlers dient ein solcher Streifen dazu, die

Wirkung des abkühlenden Wassers zur Anschauung zu bringen. Das Kühlrohr wird entweder auf beiden, oder nur auf derjenigen Seite, die beim Unterricht den Schülern zugewendet ist, mit einem schmalen, aber langen Streifen beklebt. Unterbricht man während der Destillation nach reichlichem Verbräuche von Kühlwasser dessen Zufluss vollständig oder grösstenteils, so bezeichnet bald die am oberen Ende des Kühlrohres auftretende Rötung des Farbenthermoskops die Erhitzung durch den hier eintretenden und zur mehr oder weniger vollständigen Condensation gelangenden Dampf. Das in der Richtung nach unten weiter fortschreitende Rotwerden macht dann auf die Notwendigkeit eines verstärkten Zuflusses von Wasser aufmerksam, um die schliesslich eintretende Unvollständigkeit der Condensation zu verhüten. Wird hierauf ein lebhafteres Einströmen von Kühlwasser herbeigeführt, so erkennt man an dem baldigen Gelbwerden des Thermoskops bis oben hinauf die bessere Abkühlung.

Die Umwandlung mechanischer Energie in Wärme lässt sich in verschiedener Weise mit einem Streifen des gelben Thermoskops zur Anschauung bringen. Sehr leicht zeigt man z. B. die Erwärmung eines Korkbohrers beim Gebrauch, indem man mit ihm ein- oder zweimal ein grösseres Korkstück durchbohrt und den Kork von den Seiten her fest gegen den Bohrer drückt. Auch die Erhitzung eines hin und her gebogenen dickeren Drahtes oder Blechstreifens wird durch Anlegen eines thermoskopischen Streifens sofort sichtbar.

Sehr einfach wird die Entstehung von Wärme durch Reibung des Streifens selbst durchgeführt. Man legt hierzu den Streifen auf den Tisch, entweder direkt, wenn dieser eine glatte Oberfläche hat, oder auf eine Unterlage von Cartonpapier oder dergl.; nur metallisch darf die den Streifen berührende Fläche nicht sein. Der Streifen wird noch einmal emporgehoben, damit man sieht, dass die Unterlage nicht erwärmt war. Dann biegt man eine Ecke ein wenig zurück, um das Papier später schneller empornehmen zu können, legt ihn mit der bestrichenen Seite wieder an seinen Ort und drückt ihn mit Daumen und Zeigefinger fest gegen seine Unterlage. Man reibt nun den Streifen mittels eines kleinen Bausches von Watte oder weichem Papier, indem man unter Anwendung von etwas Druck etwa ein Dutzend Mal an derselben Stelle hin- und herfährt. Alsdann ergreift man den Streifen an seiner aufgebogenen Ecke und hält ihn empor. Die geriebene Stelle ist infolge der Wärmeentwicklung völlig gerötet.

Die Wärmeentwicklung beim Erstarren überkalteter Schmelzflüsse zeigt man am besten an essigsauerm Natron. Die verschiedene Wärmeleitung der Metalle und anderer fester Körper lässt sich an beliebig improvisierten Apparaten vorführen, indem man zwei oder mehrere Geräte, z. B. einen Feuerhaken, Röhren aus Glas oder Blei, Stangen aus Kupfer, Messing oder andern Metallen und dergl., an einem Ende gleichmässig erwärmt, etwa durch Einsenken in ein durch eine untergestellte Flamme erhitztes Sand- oder Eisenfeilsahnbad. Die zu vergleichenden Körper lehnt man am herausragenden Ende gegen Stative. Nach einiger Zeit der Erwärmung prüft man durch Anlegen gelber Streifen an die Wärmeleiter, bis zu weichen Abständen die Temperaturerhöhung bis auf mehr als 45° vorgedrungen ist.

Durch Anwendung eines gelben Farbanstrichs auf den Metallstäben des Ingenhoussschen Apparates für Wärmeleitung erlangt man den Vorteil, dass die Farbänderung in kurzer Zeit schon ziemlich weit vorrückt. Bei Demonstrationen vor einem grossen Kreise benutzt man breite und lange Streifen dicken Bleches aus verschiedenen Metallen, Kupfer und Aluminium, Eisen und Neusilber. Dieselben werden vom einen Ende ab bis über die Mitte mit gelbem Papier beklebt, am andern Ende paarweise durch eine untergestellte Flamme (nicht zu stark wegen des Schmelzens von Aluminium) erhitzt.

Insbetreff anderer Versuchsweisen zur Demonstration der ungleichen Wärmeleitung von Körpern aller Aggregatzustände verweise ich auf die erwähnte Programmschrift.

Seiner besonderen Anschaulichkeit wegen möge jedoch der folgende Versuch beschrieben sein. Derselbe zeigt, dass man Flüssigkeiten von verschiedener Temperatur über ein-

ander hinfließen lassen kann, ohne dass ein erheblicher Wärmeausgleich stattfindet. Ein grösseres Reagensglas wird zu $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ mit kaltem Wasser angefüllt, und sodann vorsichtig siedendes Wasser aus einer Porzellanschale oder Becherglas darüber geschichtet. Das gefüllte Reagenrohr wird mit einem Korkstopfen verschlossen und das hierbei überlaufende heisse Wasser mit einem um das Glas gelegten Tuche aufgefangen; mit letzterem trocknet man auch schnell die feucht gewordenen Wandungen ab. Alsdann ergreift man einen Streifen des Silber-Thermoskops, legt ihn unten, hierauf oben und wieder unten um das Glas herum, um zu zeigen, dass nur oben heisses Wasser ist. Nunmehr kehrt man das Glas um, was jedoch, wenigstens in den mittleren Lagen des Rohres, mit grosser Langsamkeit zu geschehen hat. Einige Vorversuche, die man anstellt, indem man das langsam zu drehende Rohr gegen das Licht hält, um die Schnelligkeit der Strömung vermittle der Schlieren beurteilen zu können, belehren besser als jede Beschreibung inbetreff der beim Herumdrehen anzuwendenden Geschwindigkeit; dieselbe ist auch von den Dimensionen des Rohres abhängig. Erneutes Anlegen eines (trocknen!) Streifens lässt erkennen, dass nunmehr das heisse Wasser sich im Bodenteil des Glases befindet, während über dem Korkstopfen sich das kalte gelagert hat. Nur die mit dem Stopfen verschlossene Mündung bewahrt noch eine etwas höhere Temperatur. Man kann das Glas in gleicher Weise wiederholt herumwenden, ohne dass der Temperatúrausgleich soweit fortschreitet, dass der Streifen den Farbenunterschied nicht mehr aufweist. Der Versuch, bei dessen Anstellung man an die Meeresströmungen erinnern kann, gelingt auch mit fingerlangen Reagensgläschen, leichter natürlich mit grösseren. Auch gelingt der Versuch besser, wenn man den grössten Teil des Glases mit möglichst kaltem Wasser anfüllt oder das eingefüllte heisse Wasser mit einer Flamme auch im Gläschen noch einmal zum Sieden erhitzt. Füllt man bis oben hin und bringt dann mittels der Flamme die obere Schicht zum Sieden, so kann man das Auffüllen umgehen. Auch dies Verfahren ist empfehlenswert, wenn man zu erhitzen versteht, ohne dass der Rand des Gläschens zerspringt; es nimmt der Versuch dann einige Augenblicke mehr in Anspruch.

Dass Wasserstoff die Wärme besser leitet als atmosphärische Luft, kann man am bequemsten mit dem Apparate zeigen, den die am Schlusse erwähnte Bezugsquelle der thermoskopischen Papiere und Apparate liefert. Derselbe besteht aus zwei Röhren, welche die hinsichtlich ihrer Wärmeleitung zu vergleichenden Gase enthalten. In ihrer Mitte befindet sich je ein Einsatzstück, welches mit dem Anstrich versehen ist. Die Röhren zeigen beim gleichzeitigen Eintauchen in heisses Wasser, oder wenn sie beide gleichmässig durchwärmt sind, beim Eintauchen in kaltes Wasser einen auffallenden Unterschied hinsichtlich der Zeit, in der die Farbänderung hervortritt. Auch kann man 2 Reagensgläschen mit je einem zusammengerollten Streifen gelben Papiers versehen, dieselben gleichmässig erhitzen und alsdann zur Abkühlung in je eine von zwei grossen Erlenmeyerschen Kochflaschen von unten her einschieben, die mit Wasserstoff, bezw. Luft erfüllt sind und mit der Öffnung nach unten sich nebeneinander in Stativklammen befinden.

Die wichtigsten Strahlungserscheinungen können ebenfalls mit dem Farbenthermoskop vorgeführt werden. Als Wärmequelle kann man die sonst gebräuchliche glühende Kugel oder das mittels Bunsenbrenner zu erhaltende, cylindrisch-konische Platindrahtnetz durch ein schräg zwischen zwei ungleich hohen Stativringen aufgestelltes gewöhnliches Drahtnetz ersetzen, gegen welches die Flamme eines grossen Bunsenbrenner gerichtet wird. Im Winter kann man zahlreiche Versuche in der Nähe eines eisernen Ofens vornehmen. Im Sommer genügt an Tagen mit warmer Lufttemperatur und kräftiger Strahlung der Sonne die letztere, um die Reaktion des Silber-Farbenthermoskops hervorzurufen. Im eigentlichen Klassenunterricht ist natürlich nur selten Gelegenheit, sich der Sonne als Wärmequelle zu den Strahlungsversuchen zu bedienen. Trotzdem halte ich es für einen bedeutenden Vorzug des Silber-Thermoskops, dass es gelegentlich auch im Sonnenschein benutzt werden kann. Der Schüler kann in von ihm selbst anzustellenden Versuchen die Erscheinungen hervorrufen, welche er im Unterricht bei Benutzung anderer Wärmequellen gesehen hatte. Man

erkennt bei solchen Demonstrationen sehr deutlich, was man von der im Sonnenschein mit dem Thermometer bestimmten Lufttemperatur zu halten hat.

Zum Nachweis der Reflexion von Wärmestrahlen wirft man die von irgend einer kräftigen Wärmequelle ausgehenden Strahlen mittelst eines blanken Messingblechs nach einer Seite hin zurück und fängt sie hier durch den vorhin erwähnten Schirm auf. Um direkte Bestrahlung zu verhindern, wird zwischen Wärmequelle und Thermoskopfläche ein geeigneter Gegenstand aufgestellt. Durch Drehung des reflektierenden Messingblechs kann die Einwirkung der Strahlen auf die Thermoskopfläche beliebig hervorgerufen und zum Aufhören gebracht werden.

Vor einem grösseren Hohlspiegel kann man von verhältnismässig weit entfernten Wärmequellen mittels eines Streifchens gelben Papiers das Wärmebild aufsuchen.

Die starke Absorption von Wärmestrahlen durch matte, besonders aber durch schwarze Körper erkennt man sehr deutlich an der von Weinhold angegebenen Stanniol-scheibe, welche mit Kupfer-Quecksilberjodidanstrich versehen ist. Bei Anwendung des Silber-Thermoskops hat man den Vorteil, mit einer geringeren Erhitzung des kleinen Apparates auszukommen, ausserdem bleibt ja von der Farbänderung nach dem Erkalten nicht eine etwa dunklere Färbung zurück. Ziemlich einfach wird der Apparat, wenn man die Stanniol-scheibe auf einen mit Handgriff versehenen Kreisring aus starker Pappe aufklebt, die blanke Seite mit einem schwarzen Ringe, die andere Seite mit gelbem Silber-Thermoskop versieht. Statt zahlreicher anderer Wärmequellen kann man auch einen grossen, aus einer Zeitung hergestellten Fidibus verwenden, dessen Flamme man die mit dem Ring versehene blanke Seite zuwendet. Infolge der besseren Absorption durch den schwarzen Ring entsteht auf der gelben Seite unmittelbar dahinter eine rote Ringfigur.

Leicht gelingt es, mit dem Silber-Thermoskop die Diathermanität von klarem Steinsalz zu veranschaulichen. Dazu kann jedes einigermaassen durchsichtige Spaltungsstück des Minerals von 1—2 oder mehr cm Dicke benutzt werden. Es ist überraschend, wie gut selbst Steinsalzstücke, die ziemlich trüb innen und an den Flächen sind, Strahlen in genügender Menge durchlassen, um die Reaktion des Thermoskops hervorzurufen. Befestigt man die Salzplatte zwischen zwei Glasplatten, so sieht man sehr deutlich, dass die Strahlen einer Wärmequelle durch Salz und Luft fast gleich gut hindurchdringen, während sie von den Glasplatten grösstenteils absorbiert werden.

Der von G. Lorenz hergestellte Apparat zur Demonstration des verschiedenen Verhaltens von Glas und Salz gegenüber Wärmestrahlen besteht aus einem kleinen Stativ mit thermoskopischem Schirm, vor dem sich neben einander Platten aus Glas und Salz befinden. Stellt man den Apparat einer Wärmequelle gegenüber, so erfolgt hinter dem Salz sehr schnell das Rotwerden des Thermoskops, während hinter dem Glase keine Veränderung wahrnehmbar ist, auch wenn die Bestrahlung einige Minuten lang fortgesetzt wird. Nach dieser Zeit kann man nun leicht den Verbleib der Strahlen zeigen, die das Glas nicht hindurchliess. Während vorher die thermoskopische Fläche dem Auditorium zugekehrt war, nimmt man den Apparat, der etwa 2 Minuten lang den Strahlen ausgesetzt war, empor und dreht ihn herum. Dann zeigt man durch Anlegen eines gelben Streifchens an die Salzplatte, dass diese kalt verblieb, während sie die Strahlen hindurchliess. An den daneben befindlichen Glasplatten wird hingegen das Streifchen sofort gerötet, da dieselben die Strahlen absorbierten.

Von zahlreichen Versuchen über Wärmeemission, die man unter Benutzung des Silber-Thermoskops anstellen kann, sei nur folgender erwähnt. Man hält einen Streifen gelben Papiers in die Nähe einer Bunsenflamme und zeigt, dass er von der wenig leuchtenden Flamme auch nur so wenig Wärme durch Strahlung empfängt, dass er gelb verbleibt. Hält man hierauf die Luftzuführungs-Öffnungen des Brenners geschlossen, so wird der im richtigen Abstände befindliche Streifen schon wenige Sekunden nach dem Leuchtendwerden der Flamme lebhaft gerötet. Man begreift dann auch, weswegen die nicht leuchtende Flamme heisser ist.

Die Menge des in der Flamme glühenden Kohlenstoffs kann man durch ein kleines Terpentinöllämpchen vermehren, welches man sich aus einem Glasfläschchen von einigen cem Inhalt und einem Dochtstück herstellt und der etwas schräg aufgestellten Bunsenflamme von unten nähert. Es wird dadurch, wie das Rotwerden eines in cinigem Abstände aufgestellten Schirmchens aus gelbem Papier zeigt, die Menge der ausgestrahlten Wärme sehr erheblich vermehrt.

Inbctreff der Verwendung des gelben Farbanstrichs, um die nach schnellem Erkalten von wismuthaltigen Legierungen stattfindende Wiedererhitzung zu zeigen, verweise ich auf die in der Programmabhandlung mitgeteilte Versuchsanordnung²⁾.

Einige graphische Darstellungen aus der Elektricitätslehre.

Von

Dr. H. J. Oosting, in den Helder (Holland).

Herr KUFÄHL hat in dieser Zeitschrift (VII 247) den Nutzen der graphischen Darstellungen der Linsenformel hervorgehoben. In gleicher Weise kann man natürlich mit den Formeln der concaven und convexen Spiegel verfahren. Neu sind diese Darstellungen nicht¹⁾, aber sie waren doch gewiss zu wenig bekannt. Dasselbe gilt vielleicht von einigen graphischen Darstellungen aus der Elektricitätslehre. Bei einem galvanischen Element kann man die Potentialdifferenz (y) der Pole darstellen als Funktion des äusseren Widerstandes (x), indem man die Potentialdifferenz des Elementes ohne Schliessungsdraht (v) als bekannt annimmt. Ist der innere Widerstand des Elementes r , so ist

$$\frac{y}{x} = \frac{v}{x+r} \quad \text{oder} \quad y = \frac{vx}{x+r}, \quad \text{oder} \quad xy - vx - ry = 0.$$

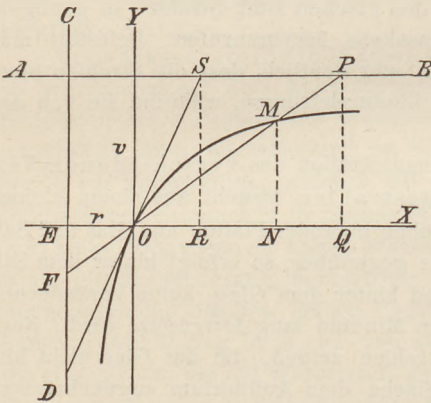


Fig. 1.

Die graphische Darstellung (Fig. 1) dieser Gleichung ist eine gleichseitige Hyperbel mit den Asymptoten $y=v$ (AB) und $x=-r$ (CD) den Koordinatenachsen parallel, und welche durch den Anfangspunkt des Systems geht. Mit einem Punkt M der Curve correspondiert die Stromstärke $MN/ON = \tan \angle MON$. Verlängern wir OM , bis sie die Asymptoten AB und CD schneidet in P und F , und ziehen wir die Ordinate PQ , so ist auch PQ/OQ , d. h. $v/(x+r)$ die Stromstärke. Also ist $NQ = OE = r$ und $MP = OF$. Dieses letzte ist eine bekannte Eigenschaft der Hyperbel, welche man im vorliegenden Falle benutzen kann, um Punkte der Hyperbel, welche bestimmten Werten von v und r entsprechen, zu construieren. Für $x=0$, d. h. bei Kurzschluss, ist die Strom-

²⁾ Sämtliche thermoskopische Apparate liefert die Firma G. Lorenz in Chemnitz, Schillerstr. 15, und zwar 1. 5 Blätter mit Farbanstrich in Karton, für M. 1,50. 2. Pappring mit Stanniolbezug, einerseits blank mit mattschwarzem Ringe, andererseits mit Farbanstrich, für M. 2,—. 3. Steinsalzplatte, zwischen 2 Spiegelglasplatten gefasst, gespaltene Platte für M. 2,25, geschliffene Platte für M. 4,25. 4. Blechschirm mit zwei Holzkeilen, die Verschiedenheit der Wärmeleitung in lang- und querfasrigem Holz zu zeigen, für M. 1,50. 5. Vorrichtung zur Demonstration des besseren Leitungsvermögens von Wasserstoff im Vergleich mit Luft, w. o. beschrieben, für M. 3,50. 6. Messingstativ auf poliertem Holzfusse zum Halten der Schirme u. s. w. für M. 2,25. 7. Pappkasten zur Aufbewahrung der Apparate M. 1,30; die ganze Collektion je nach Wahl von No. 3 für M. 14,— bis M. 16,—.

¹⁾ Nachdem ich diese Darstellungen seit einigen Jahren im Unterricht verwendet hatte, habe ich sie gefunden in Daguin, Traité élém. de phys.

stärke v/r . Nimmt man daher $OR=r$, und RS der Y -Achse parallel, so ist OS die Tangente der Hyperbel in O . Natürlich haben nur positive Werte der Variablen Bedeutung.

FRÖLICUS Formel für das magnetische Moment M eines Elektromagneten

$$M = i/(a + b i),$$

wo i die Stromstärke, a und b constante Grössen sind, liefert bekanntlich eine ähnliche gleichseitige Hyperbel.

GRAWINKEL hat „eine geometrische Lösung einer Aufgabe über Batterieschaltungen“ veröffentlicht²⁾. Er stellt die elektromotorische Kraft dar als Funktion des inneren Widerstandes der Säule bei einer gewissen Schaltung, was eine Parabel liefert. Nimmt man auf der Verlängerung der Parabelachse ein Stück gleich dem äusseren Widerstand und zieht man aus dem so bekommenen Punkt eine Tangente an die Parabel, so findet man aus der bekannten Eigenschaft der Subtangente, dass die Stromstärke den grössten Wert hat bei derjenigen Schaltungsweise, wo der innere Widerstand dem äusseren gleich ist. Dieselbe Sache kann aber auch in anderer Weise angefasst werden.

Man schalte n Elemente zu p Gruppen hintereinander, indem jede Gruppe q Elemente nebeneinander enthält. Ist E die elektromotorische Kraft, r der innere Widerstand eines jeden Elementes und R der äussere Widerstand, so ist die Stromstärke

$$i = \frac{p E}{R + \frac{p}{q} r} = \frac{E}{\frac{R}{p} + \frac{r}{q}} = \frac{E}{\frac{R}{p} + \frac{pr}{n}}$$

Der Nenner $y = R/p + pr/n$ ist eine Funktion von p . Nimmt man p auf der Abscissenachse, so findet man als graphische Darstellung der Funktion y einen Hyperbelzweig (Fig. 2),

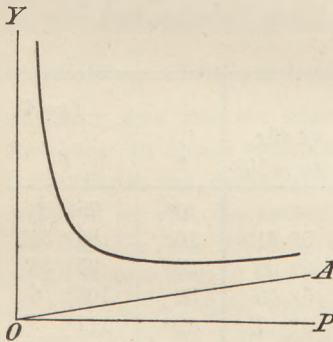


Fig. 2.

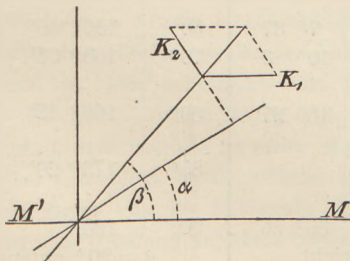


Fig. 3.

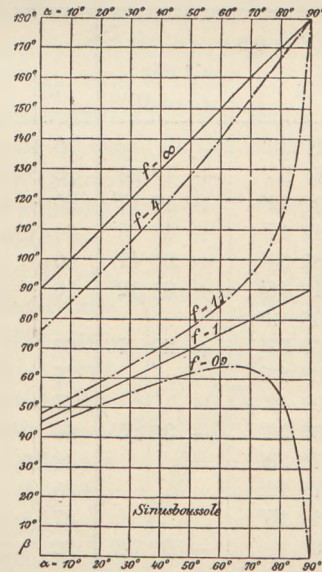


Fig. 4.

wovon die Y -Achse und die Gerade $y = pr/n$ (OA) die Asymptoten sind. Die Funktion y hat den kleinsten Wert und i also den grössten Wert für $dy/dp = 0$. Hierfür findet man $p^2 = nR/r$ oder $p^2 r/n = R$ oder $pr/q = R$, also die bekannte Bedingung der grössten Stromstärke. Kann man (im Unterricht) nicht die Bedingung $dy/dp = 0$ benutzen, so kann man den Wert von p berechnen, welchem zwei gleiche Werte von y entsprechen.

Bekanntlich ist eine Tangens-Sinusbussole im letzteren Sinne nur zu gebrauchen bei

²⁾ Elektrotechn. Zeitschr. 1889, S. 333.

einer Stromstärke, welche einen gewissen Wert nicht überschreitet. Wenn der Strom zu stark ist, wird beim Nachdrehen des Stromkreises hinter den Magnet dieser immer weiter abgelenkt. In einer gewissen Lage des Stromkreises macht dann der Magnet einen rechten Winkel mit dem magnetischen Meridian; dreht man noch weiter, so rückt der Magnet in den magnetischen Meridian mit dem Nordpol nach Süden. Ich habe beobachtet, dass im Falle der Strom sehr stark ist, der Magnet fast gleichmässig mit dem Stromkreis weiter geht, indem er im Falle eines nur wenig zu starken Stromes erst langsam weiter abgelenkt wird, und nachdem er senkrecht zum Meridian gestanden hat, sehr schnell vorwärts rückt. In folgender Weise habe ich diese Sache näher untersucht.

Es sei K_1 die horizontale Kraft, welche auf die Magnetpole vom Erdmagnetismus ausgeübt wird. Nehmen wir an, dass die Länge des Magneten klein ist in Beziehung zum Halbmesser des Stromkreises, so können wir die Kraft K_2 , welche der Stromkreis auf die Pole ausübt, als eine constante Grösse betrachten. Ist α der Winkel des Stromkreises, β der Winkel des Magneten mit dem magnetischen Meridian MM' (Fig. 3), so findet man

$$K_1 \sin \beta = K_2 \cos (\beta - \alpha), \text{ woraus } \operatorname{tg} \beta = \frac{K_2 \cos \alpha}{K_1 - K_2 \sin \alpha},$$

oder, wenn wir $K_2/K_1 = f$ stellen,

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{f \cos \alpha}{1 - f \sin \alpha}.$$

Für $\alpha = 0$ ist $\operatorname{tg} \beta = f$ und das Instrument ist als Tangensbussole zu benutzen; für $\alpha = \beta$ (wenn möglich) wird $\sin \beta = f$, und das Instrument wirkt als Sinusbussole. Das letztere ist nur möglich, wenn $f < 1$. Für die Fälle $f = 0,9, 1,1$ und 4 habe ich die Werte von β berechnet bei angenommenen Werten von α von 0 bis 90° (s. Tabelle), und diese Werte haben die drei Curven der Fig. 4 geliefert.

| $f = 0,9$ | | | $f = 1,1$ | | | $f = 4$ | | |
|--|---------|--|--|----------|--|--|----------|--|
| α | β | $\Delta\beta$ für $\Delta\alpha = 10^\circ$ | α | β | $\Delta\beta$ für $\Delta\alpha = 10^\circ$ | α | β | $\Delta\beta$ für $\Delta\alpha = 10^\circ$ |
| 0 ° | 41° 59' | | 0 ° | 47° 44' | | 0° | 75° 58' | |
| 10 ° | 46° 25' | + 4° 26' | 10 ° | 53° 15' | 5° 31' | 10° | 85° 34' | 9° 36' |
| 20 ° | 50° 42' | + 4° 17' | 20 ° | 58° 53' | 5° 38' | 20° | 95° 36' | 10° 2' |
| 30 ° | 54° 47' | + 4° 5' | 30 ° | 64° 43' | 5° 50' | 30° | 106° 6' | 10° 30' |
| 40 ° | 58° 34' | + 3° 47' | 40 ° | 70° 50' | 6° 7' | 40° | 117° 9' | 11° 3' |
| 50 ° | 61° 46' | + 3° 12' | 50 ° | 77° 27' | 6° 37' | 50° | 128° 45' | 11° 36' |
| 55 ° | 63° 2' | | | | | | | |
| 60 ° | 63° 53' | + 2° 7' | 60 ° | 85° 4' | 7° 37' | 60° | 140° 56' | 12° 11' |
| 70 ° | 63° 23' | | 70 ° | 95° 7' | 10° 3' | 70° | 153° 38' | 12° 42' |
| 75 ° | 60° 42' | | 75 ° | 102° 23' | | | | |
| 80 ° | 53° 58' | - 9° 25' | 80 ° | 113° 34' | 18° 27' | 80° | 166° 42' | 13° 4' |
| 82,5° | 47° 29' | | 82,5° | 122° 14' | | | | |
| 85 ° | 37° 12' | | 85 ° | 134° 58' | | 85° | 173° 20' | |
| 87,5° | 21° 15' | | 87,5° | 154° 8' | | | | |
| 90 ° | 0° | - 53° 58' | 90 ° | 180° | 66° 26' | 90° | 180° | 13° 17' |
| Höchster Punkt für $\alpha = \beta = 64^\circ 9'$ | | | $\beta = 90^\circ$ entspricht $\alpha = 65^\circ 23'$ | | | $\beta = 90^\circ$ entspricht $\alpha = 14^\circ 29'$ | | |

Im ersten Fall kann das Instrument als Sinusbussole benutzt werden; α und β sind gleich für $\sin \beta = 0,9$ oder $\beta = 64^\circ 9'$. Dreht man den Stromkreis weiter, nachdem α und β gleich gewesen sind, so kehrt der Magnet nach dem magnetischen Meridian zurück. Im zweiten Fall ist der Strom nur wenig zu stark, im dritten viel zu stark, um mit dem Instrument als Sinusbussole experimentieren zu können. Im zweiten Fall wird $\beta = 90^\circ$ für $\alpha = 65^\circ 23'$, im dritten für $\alpha = 14^\circ 29'$. Aus der Formel findet man leicht, dass für $\beta = 90^\circ d\beta/d\alpha = 1$ ist, was bedeutet, dass β , bevor es diesen Wert hat, weniger zunimmt als α und nachher schneller. Die Curven sind construirt worden unter Darstellung von 1° durch 2 mm und

nachheriger Verkleinerung bis $1/6$. Eine besondere Beachtung verdient noch der Fall $f=1$. Dann ist

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\cos \alpha}{1 - \sin \alpha} = \frac{\cos^2 \frac{1}{2} \alpha - \sin^2 \frac{1}{2} \alpha}{1 - 2 \sin \frac{1}{2} \alpha \cdot \cos \frac{1}{2} \alpha} = \frac{\cos \frac{1}{2} \alpha + \sin \frac{1}{2} \alpha}{\cos \frac{1}{2} \alpha - \sin \frac{1}{2} \alpha} = \frac{1 + \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha}{1 - \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha},$$

also $\beta = \alpha/2 + \pi/4$. Die graphische Darstellung ist in diesem Falle eine Gerade, welche den Übergang zwischen den beiden Curvenarten bildet. Die Lage des Magneten bei einer bestimmten Lage des Stromkreises ist in diesem Falle leicht zu finden. Der Magnet halbiert den Winkel zwischen dem Stromkreis und der Senkrechten zum magnetischen Meridian. Auch der Grenzfall eines unendlich starken Stromes liefert eine Gerade, da dann $\operatorname{tg} \beta = -\operatorname{cotg} \alpha$ oder $\beta = \alpha + \pi/2$ ist, was sich versteht, da dann der Magnet immer senkrecht zum Stromkreis steht.

Über den scheinbaren Ort eines unter Wasser befindlichen leuchtenden Punktes.

Von

Dr. E. GÖTTING in Göttingen.

Gehen von einem Punkte L unterhalb einer Wasserfläche Lichtstrahlen aus, die an dem ebenen Wasserspiegel gebrochen in die Luft austreten, so werden bekanntlich (vergl. den Aufsatz von H. HAHN-MACHENHEIMER über die Brechung des Lichtes in einer Ebene, *diese Zeitschr.* VII 20) die austretenden Lichtstrahlen Normalen eines Rotationsellipsoids, von dem die Achse das Lot LO auf den Wasserspiegel, der eine Brennpunkt L und die numerische Excentricität $\frac{1}{n}$ ist, wo n den relativen Brechungsindex von Luft und Wasser bedeutet. Betrachtet man nun ein dünnes von L ausgehendes Strahlenbündel, so wird das nach der Brechung zu einem astigmatischen Bündel mit zwei virtuellen Brennlinien (siehe die beistehende Figur aus dem Aufsatz von HAHN-MACHENHEIMER), von denen die eine AB dem Wasserspiegel parallel, die andere CD in der Achse LO liegt. In der Linie AB schneiden sich alle die Strahlen des Bündels, die in einer Meridianebene durch LO liegen, in der Linie CD aber alle, die auf dem Mantel eines Kreiskegels liegen, der LO zur Achse hat.

Fällt nun das in die Luft ausgetretene Bündel in ein Auge und fragt man, wo dies Auge den leuchtenden Punkt sieht, so kann man einen bestimmten Ort gar nicht angeben, weil das Bündel gar keinen Brennpunkt hat, sondern astigmatisch ist. Der scheinbare Ort ist also weder in der Linie CD gelegen, noch auch in AB , wie gewöhnlich angegeben wird, indem nur ein in einer Meridianebene gelegenes Lichtbüschel betrachtet wird. (Vergl. z. B. die Ableitung des scheinbaren Ortes von Dr. P. KINDEL, *diese Zeitschr.* VII 135.)

Aber die Bestimmung des Ortes eines Punktes durch ein Auge ist ja überhaupt schwierig, wir benutzen dazu ja immer beide Augen und setzen den Punkt an die Stelle, von dem die beiden in die Augen fallenden Strahlenbündel scheinbar oder in Wirklichkeit ausgehen. So lässt sich auch hier der scheinbare Ort des leuchtenden Punktes unter Wasser genau bestimmen, wenn man ihn mit beiden Augen betrachtet, deren Verbindungslinie dem Wasserspiegel parallel ist. Dann trifft in jedes Auge ein Strahlenbündel der oben betrachteten Art, das eine nur gegen das andere um die Achse LO um einen kleinen Winkel gedreht. Die beiden Bündel haben dann nicht mehr die Brennlinie AB , sondern nur noch CD gemeinsam. Diese ist also der scheinbare Ort. Der leuchtende Punkt erscheint uns also senkrecht gehoben, aber zu einer kleinen Linie auseinandergezogen.

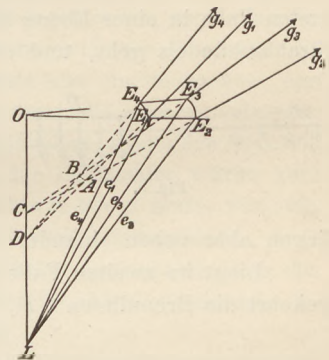


Fig. 1.

Hiernach sind also alle die Figuren falsch, die man in neueren Lehrbüchern der Physik findet, wo der leuchtende Punkt oder etwa eine Münze, die in einem Gefässe unter Wasser liegt, gehoben und aus der Vertikalen nach dem Beschauer hin gerückt ist. Nebenbei bemerkt findet man selbst in den neuesten Auflagen einer ganzen Zahl von Physikbüchern noch die alte längst als falsch erkannte Figur, nach der die Münze aus der Vertikalen vom Beschauer weggerückt erscheint. Beides ist unrichtig, sie muss genau senkrecht gehoben erscheinen, da bei diesem Experiment die Münze mit beiden Augen betrachtet wird, deren Verbindungslinie dem Wasserspiegel parallel ist. Ist diese Verbindungslinie zur brechenden Ebene senkrecht, so erscheint der leuchtende Punkt der brechenden Fläche genähert und nach dem Beobachter zu aus der Senkrechten LO herausgerückt. Das würde z. B. der Fall sein, wenn man eine kleine Luftblase in einer dicken senkrecht stehenden Glasscheibe betrachtet.

Wenn man den Ort bestimmen will, wo ein Bild von einem Gegenstande durch ein astigmatisches Strahlenbündel entworfen wird, so muss man die Stelle nehmen, wo das Bild am schärfsten wird. Dabei ist nun erstens die Farbenzerstreuung und zweitens auch die Gestalt des abzubildenden Gegenstandes zu berücksichtigen.

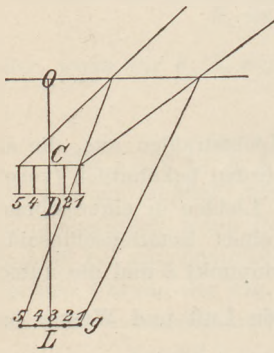


Fig. 4.

Die Brennpunkte CD und AB des astigmatischen Bündels, welches durch Brechung aus dem von L ausgehenden Bündel entsteht, liegen für die stärker brechbaren Strahlen höher als für die schwächer brechbaren. Die Brennpunkte CD der verschiedenen Strahlensorten überdecken sich dabei zum Teil (Fig. 2) und geben also als Bild des Lichtpunktes L eine scharfe weisse Linie, die in farbige Enden ausläuft. Die Brennpunkte AB aber fallen neben einander (Fig. 3) und geben als Bild von L ein kleines Spectrum.

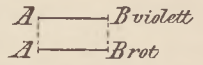


Fig. 3.

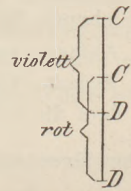


Fig. 2.

Betrachtet man nun statt des Punktes L ein durch L gehendes Linienstück g , das im ersten Falle in einer Ebene E liegt, die durch LO und die Achse des von L auslaufenden Strahlenbündels geht, und etwa der Ebene des Wasserspiegels parallel ist, so liegen die Brennpunkte CD der einzelnen Punkte von g in dem Strahlenbündel hinter einander (Fig. 4). Fällt das Bündel also in ein Auge, so wird dies von g ein scharfes Bild senkrecht über g sehen, dessen Enden nur unscharf begrenzt und gefärbt erscheinen. Die Brennpunkte AB der einzelnen Punkte von g liegen aber neben einander (Fig. 5) und geben also ein unscharfes Bild der Linie.



Fig. 5.

Liegt im zweiten Falle g senkrecht zur Ebene E im Punkte L , so müssten grade umgekehrt die Brennpunkte CD , weil neben einander liegend, ein unscharfes, die AB aber ein scharfes Bild geben. Das letztere wird aber durch die Farbenzerstreuung verbreitert und deshalb auch unscharf.

Bei den dünnen Strahlenbündeln, wie sie in die Pupille des Auges treten, sind zwar diese Erscheinungen kaum bemerkbar, sie lassen sich aber bei Benutzung dickerer Bündel sehr schön experimentell nachweisen.

Die Versuchsanordnung dafür war folgende (Fig. 6): Auf dem Boden einer Schale mit Wasser (12 cm unter dem Wasserspiegel lag eine Skala (schwarze Linien auf einem Milchglasstreifen). Seitlich davon stand eine photographische

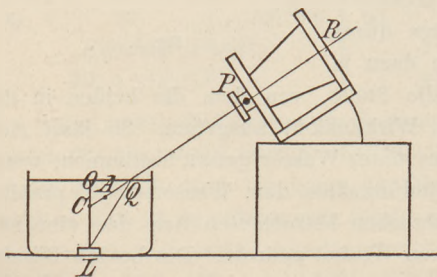


Fig. 6.

(schwarze Linien auf einem Milchglasstreifen). Seitlich davon stand eine photographische

Kamera mit einem Objektiv (Aplanat) von 22 cm Brennweite und 32 mm Öffnung. Es sei nun P der optische Mittelpunkt, PQ die Achse des Objektivs, welche den Wasserspiegel in Q trifft. Lag dann die Skala so, dass die Teilstriche parallel waren der Ebene E , die durch die Achse des Objektivs senkrecht zum Wasserspiegel geht, so entstanden in der Mitte der Mattscheibe R vollkommen scharfe Bilder der Teilstriche, deren Enden nur unscharf verliefen und gefärbt waren. Dabei war $PQ = 42$ cm, $PR = 37,5$ und die Neigung der Achse gegen die Vertikale 54° . Die zur Bildweite 37,5 cm gehörige Objektweite von 53,2 cm entsprach recht genau der Lage der Brennlinie CD . Die senkrecht zu den Skalenteilen laufenden schwarzen Linien und die Ränder des Milchglasstreifens waren bei dieser Stellung ganz unscharf. Man konnte von ihnen bei keiner Stellung der Mattscheibe vollkommen scharfe Bilder erhalten; am deutlichsten erschienen sie noch, jedoch besonders die Ränder deutlich gefärbt, wenn die Bildweite $PR = 40,5$ cm war. Die zugehörige Objektweite von 48 cm entsprach dann der Lage der Brennlinien AB .

Kleine Mitteilungen.

Über das Dopplersche Prinzip.

Von Dr. A. Husmann in Brilon.

In sämtlichen mir bekannten Lehrbüchern der Physik findet sich das Dopplersche Prinzip, soweit dasselbe darin überhaupt genauer formuliert ist, in einer nicht genau zutreffenden Form dargestellt; man findet fast überall Angaben der folgenden Art: „Bezeichnet c die Geschwindigkeit des Schalles und v die Geschwindigkeit des Beobachters, so ist die Schwingungszahl T' des aus beiden Bewegungen resultierenden Tones bei Entfernung des Beobachters von der T Schwingungen per Sek. machenden Schallquelle:

$$T' = T \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right).$$

Nähert sich dagegen die Schallquelle dem Beobachter, so ist:

$$T'' = T \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right).$$

Dass diese Formeln nicht genau richtig sein können, leuchtet sofort ein, wenn man sie auf den Fall anwendet, dass die Geschwindigkeit des Beobachters gleich der Geschwindigkeit des Schalles ist. Alsdann ist im 1. Falle: $T' = 2T$; es müsste also ein Beobachter, der sich mit der Geschwindigkeit des Schalles von der Tonquelle entfernt, die nächst niedrigere Oktave hören, während er doch in Wirklichkeit von den Schallwellen unmöglich erreicht werden kann. Im 2. Falle würde sich ergeben: $T'' = 0$, d. h. der Beobachter würde gar nichts vernehmen, obgleich er in der That die nächst höhere Oktave hören muss, wie sich aus dem Nachfolgenden ergibt. — Diese Widersprüche finden ihre Erklärung darin, dass bei Herleitung der obigen Formeln die stillschweigende Voraussetzung gemacht ist, dass die Geschwindigkeit des Beobachters gegen die Schallgeschwindigkeit unendlich klein sei. In allen Fällen, wo dies nicht zutrifft, tritt folgende Überlegung ein.

Hat ein Ton die Schwingungsdauer T , so treffen die von der Schallquelle ausgehenden Wellenberge das Ohr eines in bestimmter Entfernung befindlichen Beobachters regelmässig nach T Sekunden. Entfernt sich aber der Beobachter nach dem Eintreffen eines Wellenberges plötzlich mit der Geschwindigkeit v von dem tönenden Körper, so wird der folgende Wellenberg ihn nicht mehr nach T , sondern erst nach einer längeren Zeit, etwa T' Sekunden, einholen. In dieser Zeit hat der Wellenberg die Strecke $T' \cdot c$, der Beobachter $T' \cdot v$ zurückgelegt. Da der Beobachter dem Wellenberge um die Länge λ voraus war, so setzt sich die Strecke $T' \cdot c$ aus den Strecken λ und $T' \cdot v$ zusammen; es ist also:

$$T' c = \lambda + T' \cdot v, \text{ woraus folgt: } T' = \frac{\lambda}{c - v}.$$

Da ferner bekanntlich: $T = \lambda/c$, so ergibt sich durch Division:

$$T' = \frac{c}{c-v} \cdot T.$$

Die Schwingungsdauer der das Ohr des Beobachters treffenden Schallwellen ist mithin im Verhältnis $c/c-v$ grösser geworden; dementsprechend erscheint ihm die Schwingungszahl kleiner und der Ton tiefer.

Das Umgekehrte tritt ein, wenn Beobachter und Schallquelle sich einander nähern; alsdann ist die wahrgenommene Schwingungsdauer

$$T'' = \frac{c}{c+v} \cdot T,$$

und der Ton erhöht.

Bei Gleichheit beider Geschwindigkeiten ergibt sich daraus für diesen Fall, wie oben angegeben, $T'' = \frac{1}{2} T$, d. h. der Ton ist die nächst höhere Oktave. Diese Formeln gehen in die oben angeführten über, wenn man annimmt, dass die Geschwindigkeit des Beobachters verschwindend klein gegen die des Schalles ist. Aus der ersten folgt nämlich leicht

$$T' = \frac{c(c+v)}{c^2 - v^2} \cdot T,$$

worin v^2 als unendlich klein 2. Ordnung gegen c^2 vernachlässigt werden kann; alsdann ist

$$T' = \frac{c+v}{c} \cdot T.$$

Ähnliches gilt für die zweite Formel.

Dasselbe, was hier für den Schall bewiesen wurde, gilt für jede Wellenbewegung, z. B. auch die des Lichtes.

Ein einfacher Schulversuch über die Schwingungsform gestrichener und gezupfter Saiten.

Von Dr. **L. Fernbach** in Friedenau bei Berlin.

Der von Herrn E. Mach angegebene und im Heft 6 des 1. Jahrg. dieser Zeitschrift beschriebene Versuch über die Schwingungsform gestrichener Saiten ist zwar sehr einfach, leidet aber an dem Übelstande, dass er keine unmittelbare Anschauung der schwingenden Saite gewährt, sondern dass aus dem zur Erscheinung kommenden Parallelogramm erst auf die Zickzackform der Schwingungen geschlossen werden muss. Der im folgenden beschriebene Versuch giebt eine unmittelbare Anschauung der Form der schwingenden Saite. Man bedarf dazu einer Violine, die, als im Gesangunterricht erforderlich, wohl in keiner Schule fehlen dürfte.

Die Violine wird auf einen Tisch gelegt, so nahe seinem Rande, dass man die G-Saite bequem mit dem Bogen streichen kann. Der Tisch muss einem Fenster gegenüber stehen, sodass das auf die G-Saite fallende Licht von dieser, die mit Silberdraht umspinnen ist, voll zurückgeworfen wird. Während man die Saite kräftig anstreicht, führt man mit der linken Hand einen gewöhnlichen schwarzen Kamm, dessen Zähne nicht zu eng an einander stehen (am besten sind sie etwa 1,5–2,0 mm weit von einander), so parallel der Saite hin und her, dass die Zähne rechtwinklig zur Saite stehen. Man sieht dann bei einer gewissen Geschwindigkeit des Hin- und Herführens des Kammes durch die Zähne hindurch prächtige Zickzacklinien, die sich durch ihren Silberglanz von dem schwarzen Grunde des Griffbrettes deutlich abheben. Da die G-Saite in der Sekunde etwa 200 Schwingungen ausführt, so muss, damit die Schwingungsfigur deutlich gesehen werden kann, der Kamm so schnell über die Saite geführt werden, dass an einem bestimmten Punkte der Saite in derselben Zeit ein zweihundertmaliger Wechsel von Zahn und Lücke stattfindet. Da dies eine ziemlich schnelle Bewegung des Kammes erfordert, so stimme man die G-Saite um eine ganze Oktave herunter, auf das grosse G mit etwa 100 Schwingungen. Dann kann die Bewegung des Kammes entsprechend langsamer geschehen. Nach einiger Übung wird es gelingen, den Kamm so gleichmässig über die Saite wegzuführen, dass die Zickzacklinie deutlich heraustritt. Die Zickzacklinie bleibt unverändert, wenn gleichzeitig mit dem Wechsel des Bogenstriches auch ein

Wechsel in der Richtung der Kammführung eintritt. Führt man während eines einzigen Herabstriches oder eines Hinaufstriches den Kamm mehrmals hin und her, so richten sich die scharfen Zacken der Schwingungslinie bei jedem Wechsel in der Richtung der Kammführung nach der andern Saite. In der Mitte der Saite sind die geradlinigen Teile der Zickzacklinie von gleicher Grösse, an den Enden der Saite sind sie verschieden gross. Führt man den Kamm in doppelt schnellem Tempo über die Saite, so sieht man ein System zweier in einander verschlungener Zickzacklinien.

Auf dieselbe Weise beobachtet man die Schwingungsform der Saite, wenn sie nicht mit dem Bogen gestrichen, sondern mit dem Finger gezupft wird. Die beobachtete Zickzacklinie hat dann nicht die scharfen Ecken, die man beim Streichen der Saite wahrnimmt; dieselben sind vielmehr abgerundet, der Form entsprechend, die man der Saite giebt, wenn man sie aus der Ruhelage biegt, um sie dann loslassend schwingen zu lassen.

Man kann ferner feststellen, dass die Ecken der Zickzacklinie nur so lange scharf und spitz erscheinen, als der Bogen an der Saite haftet. Lässt man die Saite, den Bogen von ihr abhebend, ausklingen, so verwandeln sich sofort die scharfen Spitzen in die abgerundeten Ecken, die der Schwingungsform gezupfter Saiten eigen sind.

Explosionsfiguren.

Von Dr. Joh. Pinnow.

(Aus dem II. chem. Institut der Universität Berlin.)

Bei frühzeitiger Prüfung des Wasserstoffs auf Luftgehalt durch Auffangen in einem über die Mündung des Gasentbindungsrohres gehaltenen Probierröhrchen und Entzünden, wobei ein pfeifender Ton das Vorhandensein von Knallgas darthut, hatte ich beobachtet, dass der Wasserdampf in ziemlich regelmässigen Ringen sich an den Wandungen des Röhrchens niederschlägt. Gemäss weiteren Versuchen tritt die Erscheinung nur ein bei Röhrchen, welche längere Zeit wie zum Abtropfen aufgestellt waren; standen dieselben mit dem ganzen Rande auf, so sind die Ringe diesem meist parallel und um so reichlicher und besser ausgebildet, je länger die Probierröhrchen ihre Lage beibehalten haben; schräg liegende Röhren erhält man gewöhnlich bei Röhren, die schräg gestanden. Die Breite der aus Wassertröpfchen bestehenden Ringe, nicht die der Zwischenräume, erscheint abhängig vornehmlich von der Länge des Probierröhrchens. Beim kurzen Erwärmen verschwinden die Ringe vollständig, um zum Teil beim Erkalten wieder sich zu bilden und zwar an genau denselben Stellen, an denen sie anfangs aufgetreten waren. Der zum Versuche benutzte Wasserstoff muss feucht sein, wenn die Ringe reichlich sich bilden sollen.

Frisch gereinigte und getrocknete Röhren, welche die im Vorstehenden beschriebene Erscheinung nicht geben, zeigen nach Bestreuen mit Puder oder Lycopodium die Ringe bei der Knallgasexplosion, wenn auch nicht so schön ausgebildet wie die, welche Röhren geben, die lange unbenutzt gewesen. Danach scheint das lange Stehen der Röhren nur insofern von Einfluss auf das Gelingen des Versuches zu sein, als dieselben sich dabei mit einer äusserst dünnen Schicht feinen Staubes bedecken, der dem unbewaffneten Auge entgeht. Dieser Staub wird durch die bei der Explosion erzeugten Gaswellen nach Art der Kundtschen Klangfiguren stellenweise angehäuft, und diese Zeichnungen werden durch das niedergeschlagene Wasser sichtbar gemacht.

Für die Praxis.

Die elektrische Durchbohrung des Glases. Von Dr. Cornely in Ludwigs-hafen a. Rh. Das 3. Heft des 8. Jahrganges dieser Zeitschrift bringt (Seite 167) einen Versuch, die Durchbohrung von Glas mittels des elektrischen Funkens sicher zu bewerkstelligen. Nachstehend möge ein ebenso sicheres, einfaches und vielleicht manchem Physiklehrer unbekanntes Verfahren Platz finden, das gestattet, ziemlich dicke Glasplatten auf leichte Weise zu durchschlagen. Grundbedingung bei Anordnung dieses Versuches ist wie bei allen der-

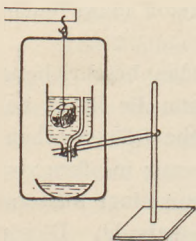
artigen möglichst sorgfältige Isolierung. Mechaniker G. Bock in Frankfurt a. M. liefert die erforderlichen Hilfsmittel.

1. Um gewöhnliches Fensterglas zu durchbohren, befestigt man auf der gereinigten Platte einen einmal durchlochenden Gummipfropfen mittels möglichst dünnflüssig gemachten und gleichmässig aufgetragenen Siegellackes, nachdem man vorher in die Öffnung des Pfropfens ein anschliessendes Glasröhrchen und in dieses zwecks Zuführung der Elektrizität zum Glase einen Metallstift eingesetzt hat. Das Glasröhrchen ist länger als der Pfropfen und über dasselbe ragt der Stift hervor. Es ist Sorge zu tragen, dass dieser auf der Glasplatte wohl aufsitzt. Bringt man das hervorragende Drahtende mit dem einen Conductor einer Influenzmaschine in Berührung und die freie Seite der Platte mit dem anderen Conductor, so erfolgt nach einigen Umdrehungen die Durchbohrung sicher.

2. Um stärkeres, nahezu 1 cm dickes Glas zu durchschlagen, ersetzt man Gummipfropfen und Glasröhre durch einen Cylinder von Hartgummi, dessen Länge 10 cm und Breite 3 cm ist; in diesen wird ein ungefähr 12 cm langer Metallstift eingeführt und das zu durchschlagende Glas auf die vorher angegebene Art befestigt. Die Durchbohrung des Hartgummicylinders am aufsitzenden Ende hat eine solche Weite, dass der Stift bequem eingeführt werden kann. Diesen so zusammengestellten Apparat steckt man mit Hilfe einer bis zur Mitte des Hartgummi führenden, federnden Messinghülse von passender Weite über den einen Conductor einer Influenzmaschine, von welchem die Kugel abgenommen ist, und bringt den anderen Conductor mit der Glasplatte zur Berührung. Die Durchbohrung erfolgt sicher. Hat man die erforderlichen Teile ein für allemal zurechtgerichtet, so kann die Zusammenstellung vor den Augen der Schüler in kürzester Zeit geschehen.

Ein einfacher Schulversuch zum Reflexionsgesetz. Von Dr. **Cornely** in Ludwigs-
hafen a. Rh. Vor eine auf heller Unterlage vertikal stehende Spiegelplatte stelle man ein dünnes Stäbchen und vor dieses etwas seitlich ein Kerzenlicht. Der Schatten des Stäbchens auf der weissen Unterlage und sein Spiegelbild bilden dann mit der Spiegelebene gleiche Winkel. Diese Schatten und ihre Bilder illustrieren in deutlichster Weise zugleich den geometrischen Nachweis des Gesetzes, dass das von einem Planspiegel erzeugte Bild ebenso weit hinter dem Spiegel ist als das Objekt vor demselben.

Schülerversuch zum direkten Nachweis des Archimedischen Gesetzes mittels des Niemöllerschen Volumenometers. Von **Robert Neumann** in Znaim. Man



klemme in einen Retortenhalter ein Niemöllersches Volumenometer (d. Z. VIII, S. 39), in einen zweiten Halter eine gleiche Flasche ohne Abflussrohr. Den einzutauchenden Körper befestige man mittels eines Fadens oder eines dünnen Drahtes an dem Aufhängepunkt einer grösseren Wagschale, sodass er über dieser schwebt. Bringt man nun die erwähnte, mit Wasser gefüllte Flasche derart unter den aufgehängten Körper, dass dieser ins Wasser eintaucht, so zeigt sich sofort die Erscheinung des Auftriebs. Entfernt man hierauf die Flasche, trocknet den Körper ab und lässt ihn dann in das Wasser des Niemöllerschen Volumenometers tauchen, so fliesst das verdrängte Wasser in die Wagschale ab und das anfänglich gestörte Gleichgewicht wird bald wieder vollständig hergestellt.

Es ist zweckmässig, das verdrängte Wasser in einer Glasschale aufzufangen, die natürlich austariert werden muss. Man kann ausserdem in diesem Falle beim ersten Versuche die Grösse des Auftriebes bestimmen und nun das verdrängte Wasser abwägen, und so die Übereinstimmung beider Gewichte nachweisen.

Nachweis von Extrastömen mit der Wheatstoneschen Brücke. Von Dr. **A. Witting** in Dresden. Schaltet man in einen der 4 Zweige der Brückenvorrichtung eine unifilar gewickelte Drahtrolle ein und gleicht die anderen Zweige so ab, dass bei konstantem Strom das Galvanometer in der Brücke auf Null steht, so erzeugt jede Stromschwankung, sowie das Unterbrechen und das Schliessen des Stromes in jener Rolle Extrastöme, deren Stärke und Richtung durch die Ausschläge des Galvanometers bemerkbar sind.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Demonstrationsversuche mit elektrischen Wellen. Von H. RUBENS. Der optische Charakter der elektromagnetischen Strahlen wird um so deutlicher hervortreten, je mehr es gelingt, die Wellenlänge (die bei den Versuchen von Hertz noch ca. 60 cm betrug) zu verkleinern. Dabei tritt aber der Übelstand auf, dass die Energie der Schwingungen mit den Dimensionen des Primärleiters rasch abnimmt und dass überdies die Zuleitungsdrähte auf die Oscillationen des Primärleiters einen um so störenderen Einfluss üben, je mehr dessen Grösse vermindert wird. Den Bemühungen von Sarasin und de la Rive gelang es, die Intensität der elektrischen Schwingungen dadurch erheblich zu steigern, dass sie die Primärfunken nicht in Luft, sondern in einer isolierenden Flüssigkeit übergehen liessen. Es ist hier bei gleicher Schlagweite ein weit höheres Potential erforderlich, um die Entladung einzuleiten, und demgemäss erhält man bei gleicher Dämpfung Schwingungen von grösserer Energie. Ferner fand Righi ein Mittel, um die zweite Störung zu beseitigen. Er führte die Zuleitungsdrähte nur bis dicht an die Stromeintrittsstellen des primären Leiters, so dass bei jeder Entladung an den so gebildeten Unterbrechungsstellen Funken überspringen mussten. Die Länge dieser Funkenstrecken war so reguliert, dass sie im Gegensatz zu der eigentlichen, in Öl befindlichen Funkenstrecke nicht alternierenden, sondern kontinuierlichen Charakter besaßen. Endlich wurde ein Sekundärleiter nach Klemenčič in der weiter unten beschriebenen Form benutzt.

Auf Grund der angegebenen Verbesserungen hat H. RUBENS eine Versuchsordnung, die mit sehr einfachen experimentellen Mitteln herstellbar ist, zur Demonstration der Eigenschaften der elektrischen Wellen benutzt. Die nebenstehende Fig. 1 stellt den Primärleiter in $\frac{2}{3}$ der natürlichen Grösse dar. Ein kleines Becherglas ist zum Teil mit Petroleum gefüllt und mit einem Holzdeckel verschlossen. Dieser ist in der Mitte mit einem kreisförmigen Loch versehen, in welches zwei federnde Metalldrähte, f und f_1 , hineinragen. Diese Federn sind an den Klemmschrauben k und k_1 befestigt, welche mit den Polklemmen des Induktoriums durch Drähte in Verbindung stehen. So weit die Drähte f und f_1 im Innern des Becherglases verlaufen, sind sie von Glaskapillaren g und g_1 umgeben, die bis zu den Metallstückchen h und h_1 herabreichen, welche zusammen den eigentlichen Primärleiter bilden. Kurz vor ihrem unteren Ende erleiden die Drähte f und f_1 eine kurze Unterbrechung, so dass bei jeder Entladung des Induktoriums drei Funkenstrecken zu überspringen sind, von denen sich die mittlere (c) im Petroleum, die beiden anderen (a und b) in Luft befinden. Wird die Länge der mittleren Funkenstrecke passend reguliert, was mit Hilfe der Schraube s (am Holzdeckel) leicht geschehen kann, so erhält man bei a und b kontinuierliche, bei c alternierende Entladungen, und der Apparat sendet nun kurze elektrische Wellen aus, deren Länge lediglich von den Dimensionen der Metallstücke h und h_1 abhängt.

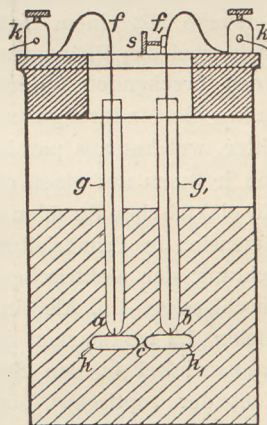


Fig. 1.

Zur Beobachtung der von dem Primärleiter ausgesendeten kurzen elektrischen Wellen diente ein Sekundärleiter von so kleinen Dimensionen, dass derselbe im Innern einer kleinen Pillenschachtel reichlich Platz fand. Er bestand (Fig. 2) aus zwei 1 cm langen Streifen von Schablonenblech (a a_1), welche auf den Boden der Schachtel aufgeklebt waren. An den einander zugekehrten Enden mündete jedes der beiden Blechstreifen in einen äusserst feinen Draht aus, von welchen einer aus Eisen, der andere aus Neusilber bestand. Diese beiden feinen Drähte wurden einmal umeinander geschlungen, dann rechtwinklig umgebogen und mit

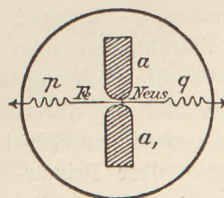


Fig. 2.

Hülfe kleiner Metallfedern p und q gespannt, so dass an der Verbindungsstelle ein guter Contact entstand. Die beiden Metallfedern standen mit den Klemmschrauben eines Galvanometers von kleinem Widerstand und ziemlich hoher Empfindlichkeit in Verbindung. Die Wirkungsweise dieser Anordnung ist leicht verständlich. Werden in dem Sekundärleiter $a a_1$ elektrische Schwingungen induciert, so erwärmen sich die feinen Drähte infolge der Jouleschen Wärme und es tritt an der Contactstelle eine thermoelektrische Kraft auf, welche mit Hülfe des Galvanometers beobachtet werden kann. Diese Methode hat den Vorzug, dass die gemessenen Ausschläge der Strahlungsenergie genau proportional sind. Da die elektromotorischen Kräfte des Thermoelements leicht einige Milliontel Volt erreichen, kann man genügend grosse Galvanometerausschläge erhalten, um die Anwendung der objektiven Beobachtungsmethode zu ermöglichen.

Mit Hülfe dieser Apparate wurden die folgenden Versuche ausgeführt: 1. Der Resonator befand sich im Brennpunkt eines kleinen parabolischen Hohlspiegels von 20 cm Durchmesser. Dieser wurde dem Primärleiter in 1 m Entfernung gegenübergestellt und in letzterem Schwingungen erregt. Sofort setzte sich der Lichtzeiger des Galvanometers in Bewegung; die Galvanometernadel ging jedoch auf 0 zurück, sobald man die elektrischen Strahlen durch Einschaltung eines Metallbleches oder der Hand in den Strahlengang abblendete. — 2. Wurde in den Strahlengang an passender Stelle eine Glaslinse von kurzer Brennweite und 20 cm Durchmesser eingeschaltet, so wuchs der Galvanometerausschlag auf mehr als das Zehnfache infolge der concentrierenden Wirkung, welche die Linse auf die elektrischen Strahlen ausübt. — 3. Die Reflexion der Strahlen wurde mit Hülfe eines quadratischen Metallspiegels von 20 cm Seite demonstriert, welcher unter 45° in den Strahlengang eingeschaltet war und eine Ablenkung der Strahlen um 90° hervorbrachte. — 4. Zur Demonstration der Strahlenbrechung (die streng genommen bereits durch Versuch 2 demonstriert ist) wurden Versuche mit einem Hohlprisma aus Glas, welches mit Maschinenöl gefüllt war, angestellt, da hierbei das Phänomen der Brechung unmittelbar hervortritt. Das benutzte Prisma hatte einen brechenden Winkel von 45° , eine Höhe von 18 cm und eine Breite von 25 cm und lenkte die hindurchgehenden Strahlen um ungefähr 30° ab. — 5. Ein kleines Metalldrahtgitter, welches aus parallelen 0,3 mm dicken Kupferdrähten bestand, die in einem Abstand von je 3 mm auf einen quadratischen Holzrahmen von 20 cm Seite aufgespannt waren, liess die elektrischen Strahlen nahezu vollständig hindurch, wenn die Drähte senkrecht zur Längsdimension des Primärleiters gerichtet waren. War dagegen die Drahtrichtung der Schwingungsrichtung der elektrischen Componente parallel, so zeigte sich das Gitter vollkommen undurchlässig. — 6. Als ein eben so vollkommener Polarisator erwies sich ein Satz von 3 parallelen 1,2 cm starken Spiegelglasplatten, welche in ca. 2 cm Abstand unter dem Polarisationswinkel in den Strahlengang eingeschaltet wurden. Selbstverständlich kam hierbei nicht der „optische“, sondern der „elektrische“ Polarisationswinkel des Glases in Frage, welcher letztere dadurch bestimmt ist, dass seine Tangente der Wurzel aus den Dielektricitätsconstanten des benutzten Glases gleich ist. Wiederholte Versuche ergaben, dass der Glasplattensatz die elektromagnetischen Schwingungen gut hindurchliess, wenn die elektrische Componente in die Einfallsebene fiel, dass er jedoch fast undurchlässig war, wenn die elektrische Componente auf der Einfallsebene senkrecht stand. Dieser Versuch beweist, dass wir unter der „Polarisationsebene“ die Schwingungsebene des magnetischen Vektors zu verstehen haben. — 7. Qualitativ die gleichen Eigenschaften wie das im 5. Versuch beschriebene Metalldrahtgitter zeigte eine quadratische Tannenholzplatte von 5 cm Dicke und 20 cm Seite. War die Richtung der Holzfasern der Schwingungsrichtung der elektrischen Componente parallel, so absorbierte die Holzplatte etwa 3 mal so stark, als wenn die Richtung der magnetischen Schwingungen mit der Holzfaser zusammenfiel.

Der Primär- und Sekundärleiter können von dem Mechaniker des Physikalischen Instituts zu Berlin, Herrn Nöhden, fertig bezogen werden. Das zu benutzende Galvanometer muss ziemlich empfindlich sein [es lässt sich dazu das in dieser Zeitschrift (VIII 340) von P. Szymański beschriebene verwenden].

2. Forschungen und Ergebnisse.

Erzielung niedrigster Temperaturen; Gasverflüssigung. Während bei allen bisherigen Apparaten für die Verflüssigung von Gasen zur ersten Temperaturerniedrigung die Verdampfungswärme eines Gases von hoher kritischer Temperatur, dann zur weiteren Abkühlung stufenweise ein immer flüchtigeres Gas benutzt wurde, verwendet C. LINDE in der von ihm (*Wied. Ann.* 57, 328, 1896) beschriebenen Anordnung für die Verflüssigung ausschliesslich die Abkühlung, welche beim Ausströmen ein und desselben Gases stattfindet. Durch einen Compressor wird das Gas von einem Drucke p_1 auf einen Druck p_2 und mittels eines Kühlers auf die Temperatur t_1 gebracht, durchläuft hierauf das innere Rohr eines Gegenstromapparates und strömt durch die Mündung eines Ventils aus, wobei es sich von der Temperatur t_2 auf t_3 abkühlt. Mit der Temperatur t_3 durchläuft es dann das äussere Rohr des Gegenstromapparates, welches das innere ringförmig umgiebt, und wird von hier durch ein Seitenrohr in das Innere des Compressors zurückgeleitet, um die Temperatur t_3 jetzt auf das hier comprimierte Gas zu übertragen. Nun erfolgt die Compression von neuem, und die jetzt beim Ausströmen erhaltene Temperatur ist schon viel niedriger als zuvor. Durch fortgesetzte Wiederholung dieses Kreislaufs vom Compressor zum Ausflussrohre und zurück fällt die Temperatur des ausströmenden Gases schliesslich bis zu seinem Condensationspunkte, und dieses beginnt sich in einem unter dem Ausflussrohre befindlichen Sammelgefäss zur Flüssigkeit zu verdichten, die durch einen Hahn direkt abgezapft werden kann.

Der erwähnte „Gegenstromapparat“ besteht aus 2 je 100 m langen, spiralförmig gewundenen Röhren, von denen die äussere 6 cm, die darin befindliche innere 3 cm Durchmesser hatte; ihre Gänge waren mittels röher Schafwolle gegeneinander und nach aussen hin sorgfältig isoliert. Bei den Versuchen mit Luft betrug der Druck p_1 etwa 22, p_2 ungefähr 65 Atm. Der Compressor transportierte ungefähr 20 cbm Luft pro Stunde. Nach Erreichung eines Beharrungszustandes der Temperaturen wurden in dem Sammelgefässe stündlich mehrere Liter flüssiger Luft gewonnen.

Ein auf ähnlichem Prinzip beruhender Apparat ist, wie die *Nature* vom 2. April 1896 mitteilt, von Dr. WILLIAM HAMPSON construirt und bereits am 23. Mai 1895 in England patentiert worden. Derselbe besteht aus drei Spiralrollen engen Kupferrohrs, die sich concentrisch in einem Metallkasten befinden und mit einander successive in Verbindung stehen. Die innerste Spirale ist umgeben von einem cylindrischen Glasgefäss mit doppelten Wänden, deren Zwischenraum luftleer gemacht ist, wodurch der Innenraum vor Wärmezufuhr geschützt wird. Am Ende des innersten Spiralrohrs befindet sich eine sehr feine Öffnung, die von 2 nahe aneinander stehenden Messerschneiden gebildet wird, deren Entfernung von aussen reguliert werden kann. Das Gas wird durch ein Pumpwerk unter einem Druck von 120 Atm. in das äusserste Spiralrohr getrieben, geht von da in das zweite und dritte Rohr und strömt aus dem letzten durch die erwähnte Öffnung in den umgebenden Raum aus, wodurch es sich plötzlich stark ausdehnt und daher abkühlt. Das ausgedehnte Gas wird zu dem Pumpwerk zurückgeführt und hier von neuem comprimiert. Seine Abkühlung bewirkt eine ebensolche in dem comprimirten Gase des Spiralrohrs, das nun mit immer niedrigerer Temperatur zum Ausströmen gelangt, bis es sich zur Flüssigkeit verdichtet. Der Apparat hatte 28 Zoll Höhe und 7 Zoll Durchmesser und gab, wenn er nach ca. $\frac{1}{2}$ Stunde seinen Beharrungszustand erreicht hatte, etwa 7 ccm flüssigen Sauerstoff in 4 Minuten. *Schk.*

Eine neue Methode zur Bestimmung des Verhältnisses der beiden spezifischen Wärmen für Gase beschreibt G. MANEVRIER in den *Ann. de chim. et de phys.* VI 321, 1895. Das Verfahren beruht auf der von REECH angegebenen Gleichung $\gamma = dp_q / dp_t$, wo Zähler und Nenner die Zuwächse des Druckes bei adiabatischer und isothermer Compression bedeuten; es mussten daher die beiden dp möglichst klein ($3 \text{ mm} \leq dp_q \leq 6 \text{ mm}$) gehalten und die Compressionen möglichst rasch ausgeführt werden. Es wurde deshalb an einen etwa 50 l des zu untersuchenden Gases fassenden Glasballon ein gusseiserner Cylinder angekittet, in welchen der Compressionskolben durch eine starke Feder ganz hineingepresst wurde. War der Kolben

unter Zusammendrückung der Feder herausgezogen worden, so konnte man ihn durch Lösen einer Sperrvorrichtung in den Cylinder hineinschnellen lassen und so eine rasche Compression bewirken. Um den Überdruck statisch zu messen, welcher im Augenblick der vollendeten Compression im Ballon herrschte, führte aus dessen Innern eine Röhre zu einem Manometer.

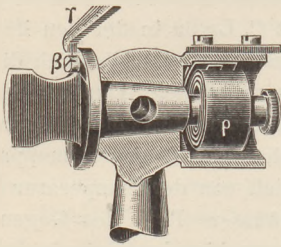


Fig. 1.

Damit der Druck nur einen Augenblick auf das Manometer einwirkte, war zwischen diesem und der Röhre ein einfach durchbohrter 6 mm weiter Hahn eingeschaltet, der, wie Fig. 1 zeigt, durch die Feder ρ gespannt und dann durch die Sperrvorrichtung $\beta\gamma$ festgehalten

wurde. War die Feder gespannt oder nicht gespannt (beide Stellungen sind um 180° verschieden), so war der Hahn geschlossen. Wurde aber die Sperrvorrichtung am Ende der Compression selbstthätig auf elektrischem Wege gelöst und der Hahn durch die Feder gedreht, so wurde während eines Bruchteils einer Sekunde die Verbindung zwischen Ballon und Manometer hergestellt. MANEUVRIER hat verschiedene Formen von Manometern benutzt. Er nennt sie Manoskope, weil sie nur dazu dienen, ein Druckgleichgewicht festzustellen. Die zuerst benutzte Form des Manoskops bestand in einer metallischen Dose (Fig. 2), die durch eine elastische Scheidewand in zwei Kammern R und R' geteilt wurde, die

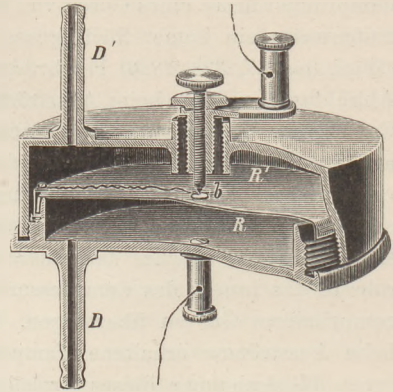


Fig. 2.

durch D und D' mit einem Manometer und dem Innern des Ballons in Verbindung standen. Vor dem Versuch wurde in R der zu erwartende Enddruck $p + \Delta p$ hergestellt und so durch Verbiegung der Scheidewand bei b ein elektrischer Strom, der ein Lätewerk

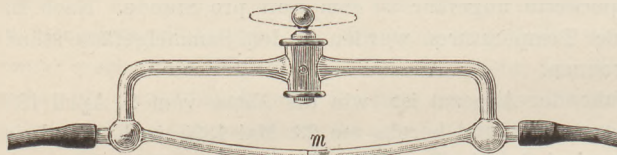


Fig. 3.

in Thätigkeit setzte, so lange geschlossen, bis auch in R' der Druck $p + \Delta p$ entstanden war. Die zweite Form des Manoskops (Fig. 3) bestand aus einer leicht gebogenen Glasröhre, in der ein Wasser- oder Öltropfen die Verbindung zwischen dem Ballon und einem Manometer absperrte. Die geringe Bewegung des Tropfens nach der einen oder andern Seite gab die Richtung des hier oder dort herrschenden Überdrucks an. Bei der noch einfacheren dritten Form (Fig. 4) wurde der eine Schenkel des Manometers durch den Stopfen w abgeschlossen, an dem das leichte Papierpendel a vor der Öffnung der zu dem Ballon führenden Röhre t hing. In dem geschlossenen Manometerschenkel wurde der zu erwartende Druck $p + \Delta p$ vor dem Versuch hergestellt. Herrschte dieser auch in dem Ballon, so blieb das Pendel in Ruhe, war dies nicht der Fall, so wurde die Bewegung mittels des kleinen Spiegels m in starker Vergrößerung sichtbar gemacht. Bei der definitiven Form des Manoskops hat MANEUVRIER das Pendel weggelassen, da das empfindlichste Anzeichen für einen Unterschied zwischen dem erwarteten und dem wirklich eintretenden Druck ein schwaches Kräuseln der Oberfläche in dem abgeschlossenen Schenkel des Manometers ist. — Diese Manoskope können sicher auch im Unterrichte zum Nachweis geringer Druckunterschiede mit Vorteil verwertet werden. —



Fig. 4.

Auf solche Weise wurde dp_q bestimmt. Die Größen dp_i wurden, nachdem die Inhalte des Ballons und des Compressioncylinders durch Wägung ermittelt worden waren, unter Zugrundelegung der Compressibilitätsversuche von REGNAULT und AMAGAT durch Rechnung gefunden.

Die Versuche von MANEUVRIER ergeben als Verhältnisse der spezifischen Wärmen für Luft $\gamma = 1,3924$, für Kohlensäure $\gamma = 1,298$ und für Wasserstoff $\gamma = 1,384$. (*Zeitschr. f. Instrumentenkunde XVI 91, 1896.*)
H. H.-M.

Windwogen. Von HELMHOLTZ ist zuerst (*Berl. Akad.-Ber. 1889, S. 761; 1890, S. 853*) darauf hingewiesen worden, dass analog den durch den Wind erzeugten Wasserwellen auch Wellensysteme entstehen müssen, wenn verschieden schwere Luftschichten in horizontaler Richtung an einander entlang gleiten. Aus theoretischen Erwägungen schloss HELMHOLTZ, dass derselbe Wind interferierende Luftwogen von verschiedener Wellenlänge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit erzeugen kann; überwiegend kommen Wellen grosser Wellenlänge zur Ausbildung, während kleinere nur bei ziemlich scharfer Trennung der gleitenden Luftschichten eintreten können.

Eine Bestätigung dieses Vorkommens von Luftwogen ergaben die Ballonfahrten des Münchener Vereins für Luftschiffahrt (*Meteorol. Ztschr. Okt. 94, S. 375*). Ein Ballon, der in geringer Höhe mit ziemlich starkem Winde dahinschwebte, hob und senkte sich periodisch 10mal in 15 Min. von 20 auf 60 m Höhe und umgekehrt. Die diesen Wogen entsprechenden periodischen Druckänderungen an der Erdoberfläche sind nach Zehntausendeln des Atmosphärendrucks zu veranschlagen und darum nur durch besonders empfindliche Druckmesser zu bestimmen.

M. TOEPLER (*Wied. Ann. 57, 472, 1896*) suchte derartige Luftwogen mit Hilfe des von seinem Vater E. Toepler construierten Variometers nachzuweisen. Dasselbe besteht aus einem 3 mm weiten, in der Mitte etwas eingeknickten Libellenrohr (1), in welchem sich ein Xylolfaden befindet, dessen Verschiebung durch ein Mikroskop beobachtet werden kann. An das Libellenrohr ist ein weiteres Rohr (2) angesetzt, an dieses eine sehr enge Capillare (3), die so gebogen ist, dass die Öffnung von (3) neben der von (1) liegt. Doch bleibt das System der drei Rohre in derselben Horizontalebene. Zur Vermeidung der Temperatureinwirkung liegt Rohr (1) in einem Wasserbade, Rohr (2) in Baumwolle. Durch die äusseren Druckschwankungen werden Spannungsänderungen des im Rohre (2) befindlichen Luftkörpers hervorgerufen, die eine Verschiebung des Xylolfadens veranlassen. Die Capillare (3) bewirkt hierbei, dass die durch Temperaturveränderung und langsame Barometerschwankungen erzielte Spannungsänderung der eingeschlossenen Luft ausgeglichen wird und nur rasch verlaufende Luftdruckvariationen von Einfluss bleiben.

Die Versuche wurden in einem Laboratoriumszimmer angestellt, welches mit der freien Umgebung durch weite, offene Ventilationskanäle in Verbindung stand; die Fenster führten teils in einen Hofraum, teils auf einen grossen Platz. Es erfolgten 23 Ablesungen in der Minute. M. TOEPLER giebt die Ergebnisse derselben in Diagrammen, deren Abscissen die Zeiten, deren Ordinaten die Kuppenstände in Teilstrichen gemessen (1 Teilstrich = $\frac{1}{80}$ mm Quecksilberdruck) sind. Die gezeichneten Kurven zeigen in der That mehr oder weniger wellenförmige Periodicität; bei einigen hat es den Anschein, als ob Wellenzüge von verschiedener Periodendauer einander superponierten. Auch bei in einem Falle vorgekommenen heftigen Windstössen, die sehr grosse Amplituden erzeugen, ist die Regelmässigkeit der Erscheinung unverkennbar. Verfasser ist der festen Überzeugung, hier einen direkten Nachweis der Helmholtz'schen Luftwogen gefunden zu haben.

Zu einer ähnlichen Untersuchung, wie sie von Toepler mit dem von ihm beschriebenen Apparat angestellt worden ist, würde sich jedenfalls auch das von Hefner-Alteneck (*d. Zeitschr. IX 123*) angegebene Variometer sehr gut eignen. Eine häufigere Wiederholung derartiger Beobachtungen mit verschiedenen Druckmessern dürfte jedenfalls von grossem Werte sein und uns bedeutende Aufschlüsse über jene sonst nur schwer nachzuweisenden Vorgänge in der Atmosphäre geben können.
Schk.

Über die äusseren Bedingungen der Funkenentladung. Der Eintritt einer Entladung ist, wie JAUMANN (*Wied. Ann. 55, 656, 1895*) ausführt, nicht allein durch die statischen Eigenschaften des elektrischen Feldes E bestimmt, sondern hängt wesentlich von der raschen zeitlichen Änderung des Entladungsfeldes, d. h. von dem Produkt $E \cdot dE/dt$ ab. Alles was eine

derartige Änderung erzeugt, wie die Bestrahlung mit ultravioletten oder elektrischen Wellen, befördert daher auch die Entladung. JAUMANN untersuchte die Bedingungen der Entladung in der Weise, dass er die eine Elektrode einer Funkenstrecke mit der Kollektorplatte eines Condensators, die andere Elektrode mit einem Elektroskop verband. Nach Ladung des Condensators konnte durch langsames Entfernen der Condensatorplatte das Potential bis zur Funkenentladung gesteigert und seine Grösse mit dem Elektroskop gemessen werden. Es zeigte sich, dass die erreichte Potentialdifferenz auffallend hoch war, aber nur dann, wenn selbst geringe Kraftschwankungen vermieden wurden. Solche Kraftschwankungen wurden schon durch die Funken selbst erzeugt; nach mehreren kräftigen Funken sind die Potentiale kleiner, die Funkenstrecke wird „verdorben“, nach schwachen Funken wird sie bisweilen „verbessert“. Von dieser Nachwirkung der Funken erholt sich die Funkenstrecke erst in einigen Stunden.

Das auffallendste Ergebnis der JAUMANNschen Untersuchungen bildet aber die Tatsache, dass die Entladung nach Erreichung gewisser Potentialwerte nicht sofort, wohl aber nach einigem Warten eintritt. So z. B. ging eine Entladung, die bei ruhiger Ladung erst bei 50 C.G.S.-Einheiten stattfand, auch schon bei 30 C.G.S. vor sich, aber erst nach einigen Minuten ruhigen Wartens. Es war dies eine untere Grenze: denn bei 29,8 C.G.S. fand auch nach stundenlangem Warten keine Entladung mehr statt. JAUMANN nennt diese Erscheinung die „Verspätung“ der Entladung.

Während der Verspätungszeit findet nicht etwa eine langsame Büschelentladung statt, sondern der Funke erscheint nach Ablauf dieser Zeit ganz unvermittelt. Staubkörnchen, die etwa zufällig in die Funkenstrecke kommen, können die Entladung auch nicht veranlassen, da die Versuche in staubfreier Luft eher noch besser gelangen als in staubhaltiger. Kräftige Belichtung bewirkt allerdings eine sofortige Entladung, während schwache Bestrahlung die Verspätung wohl abkürzt, aber nicht aufhebt. Es geht daraus hervor, dass der Zustand der Elektroden nicht etwa ein labiler ist, da ihn sonst geringe Kraftschwankungen aufheben müssten. JAUMANN ist der Meinung, dass jeder Entladung ein Vorprozess, dessen Natur uns unbekannt, der aber nicht eine Entladung selbst ist, vorhergeht. Eine Bestrahlung der Elektroden löst nicht unmittelbar den Funken aus, sondern beschleunigt nur den Abschluss des Vorprozesses.

Von etwas anderen Gesichtspunkten aus macht WARBURG (*Berl. Akad. Ber. 1896, S. 223*) die Bedingungen der Funkenentladung zum Gegenstande einer Untersuchung. Er misst die Grösse des zur Entladung nötigen Potentials in ähnlicher Weise wie Jaumann vermittels eines mit den Elektroden verbundenen Condensators und Elektroskops, aber nicht nur bei dauernder, sondern auch bei momentaner Verbindung der Kollektorplatte und Elektrode.

Bei dauernder Verbindung wurde, um der „Verspätung“ Rechnung zu tragen, nicht das grösste Potential, bei dem die Entladung sofort eintrat, gemessen, sondern durch successives Anlegen immer kleinerer Potentiale der kleinste Potentialwert bestimmt, welcher innerhalb 5 Minuten eine Entladung bewirkte. WARBURG nennt diesen Wert die „statische Entladungspotentialdifferenz“.

Um eine nur momentane Verbindung mit der Kollektorplatte herzustellen, war die eine Elektrode mit einem horizontalen Messingstab verbunden, der innerhalb einer Spiralfeder und einer zur Führung dienenden Röhre so befestigt war, dass er nach Lösung der Spannung dieser Feder äusserst rasch zurückschnellte; ein auf dem Stab befestigtes metallenes Querstück stellte hierbei einen momentanen Contact mit einem darunter befindlichen isolierten Metallklotz her, der seinerseits mit der Kollektorplatte in Verbindung stand. Die Zeit des Kontakts wurde vermittels der Pouillet'schen Methode zu 0,0012 Sek. bestimmt. Da aber der Berührung ein Funke vorangeht, so ist die für diese Berührung in Anspruch genommene Zeit τ etwas grösser.

Mit der ersten Versuchsanordnung wurde das statische Entladungspotential gemessen, mit der zweiten die Potentialwerte bestimmt, für welche während der Zeit τ 1. die Entladung nie eintrat, 2. die, für welche sie bisweilen eintrat und 3. die, für welche sie immer eintrat.

Die Versuche wurden im Dunkeln und bei Belichtung angestellt. So ergab sich z. B. — um eine der von WARBURG angeführten Zahlen herauszugreifen — in einem Falle das statische Entladungspotential im Tageslicht zu 4740 Volt mit 15 Sek. Verspätung, im Bogenlicht zu 4500 Volt ohne Verspätung. Bei der zweiten Anordnung erfolgte während der Zeit τ unter 10 Versuchen im Dunkeln bei 8880 Volt noch keine Entladung, in dem durch 6 mm dickes Glas geschwächten Bogenlicht schon bei 4800 Volt jedesmal eine solche, bei ungeschwächtem Bogenlicht bei 3840 Volt eine jedesmalige, bei 3360 Volt dreimal unter 10 Versuchen eine Entladung. WARBURG wiederholte die Versuche mit Elektroden aus Messing, Eisen und Platin in Luft und verdünnten Gasen und fand dasselbe Resultat. Das statische Entladungspotential wurde immer durch Belichtung der Kathode nur unbedeutend verändert. Dagegen konnte ein Potential, das nur einige Tausendtel Sekunden angelegt wurde, 7 oder mehrmal grösser sein als das erste, ohne im Dunkeln eine Entladung zu bewirken, während es schon bei viel geringerer Grösse im Bogenlicht Entladung hervorrief. Dabei war das Intervall der Potentialdifferenzen, innerhalb dessen die Entladung manchmal eintritt, manchmal nicht, sehr gross im Dunkeln, sehr klein bei starker Belichtung. Der letzte Punkt erklärt die Erscheinung, dass die Funken einer Influenzmaschine im Bogenlicht in nahezu gleichen, im Dunkeln in sehr ungleichen Intervallen aufeinander folgen.

Zu ähnlichen Ergebnissen wie Warburg gelangte SWYNGEDAUF (*C. R. 122, S. 131, 1896*) auf Grund einer etwas anderen Versuchsanordnung. Er bestimmte ebenfalls das statische Entladungspotential, ausserdem aber das Potential, welches bei rasch sich änderndem elektrostatischem Felde die Entladung auslöst. Er nennt dieses das dynamische Entladungspotential und findet, dass es durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht in viel höherem Maasse erniedrigt wird als das statische. Dasselbe Gesetz gilt, wie SWYNGEDAUF weiter (*C. R. 122, S. 374*) nachweist, auch für die Belichtung mit Röntgen-Strahlen. Die Fähigkeit der letzteren, die Entladungspotentiale zu erniedrigen, geben nach ihm ein ausgezeichnetes Mittel zu ihrer Erforschung.

Schk.

Über den elektrischen Lichtbogen. In *Wied. Ann. (57, 187, 1896)* veröffentlicht L. ARONS interessante Untersuchungen über den elektrischen Lichtbogen. Es handelte sich für ihn zunächst um Wiederaufnahme früherer Versuche von Lecher und Stenger, welche die Frage nach dem Vorhandensein einer elektromotorischen Gegenkraft im Lichtbogen zu beantworten suchten. Stenger hatte diese verneinen zu müssen geglaubt. Arons benutzt im wesentlichen die Stengersche Versuchsanordnung. In den Stromkreis einer Dynamomaschine sind mehrere Accumulatoren eingeschaltet, die während des Betriebes des Lichtbogens geladen werden; wird die Maschine kurz geschlossen, so geht der Accumulatorstrom in entgegengesetzter Richtung durch den Bogen. ARONS findet, dass dieser Strom bei einer Spannung der Accumulatorenbatterie von 18 Volt auftritt und bei 28—30 Volt einen kurz andauernden Lichtbogen in umgekehrter Richtung liefert, und schliesst daraus, dass die elektromotorische Kraft der Accumulatorenbatterie eine Unterstützung durch eine Gegenkraft im Lichtbogen erfährt, die aber rasch verschwindet. Eine Ersetzung der Kohlenelektroden durch Metalle ergab hierin ein gleiches Resultat. Dagegen verhielten sich die Metallelektroden völlig anders als die Kohlenelektroden, sobald der Maschinenstrom wieder durch sie geschickt wurde. Dieser musste jetzt wieder einen Lichtbogen in der ersten Richtung erzeugen, der bei Kohle auch eintraf, bei Metallen aber ausblieb. Es geht daraus hervor, dass der Bogen zwischen Metallelektroden dauernd erlischt, sobald die Stromintensität auch nur für einen Augenblick auf Null sinkt. Dieselbe Erscheinung beobachtet man beim raschen Öffnen und Schliessen eines in den Stromkreis eingeschalteten Duboisschen Schlüssels: ein Kohlenlichtbogen bleibt erhalten, während ein Bogen zwischen Metallelektroden dauernd erlischt. Auch mit Wechselstrommaschinen konnte selbst bei 200 Zeichenwechseln in der Sekunde und bei Spannungen, die einen Kohlenbogen von mehr als 1 cm Länge mit Leichtigkeit erzeugten, zwischen Metallelektroden kein Lichtbogen hervorgebracht werden. Nahm man dagegen nur eine Elektrode aus Metall, die andere aus Kohle, so gab auch Wechselstrom einen schön leuchtenden Bogen. Als mögliche Ursache für diese eigentümliche

Verschiedenheit der Kohle- und Metallelektroden führt Arons drei Umstände an: 1. Kohle behält länger als Metalle die Wärme; bei stark glühenden Elektroden findet aber schon bei geringerer Spannung ein Stromdurchgang durch die Gasstrecke statt und erleichtert das Zustandekommen des Lichtbogens. 2. Die Kohle bildet beim Glühen eine Reihe von Gasen, die ein Leitungsvermögen besitzen. 3. Auf Metallelektroden (selbst Platin) bildet sich eine Oxydschicht, die das Zustandekommen des Lichtbogens verhindert. In welcher Weise diese drei Umstände zu der Erscheinung beitragen, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Schk.

3. Geschichte.

Johann Christian Doppler und das Dopplersche Prinzip. Über den Begründer einer neuen Ära in den astronomischen Wissenschaften macht J. SCHEINER in *Himmel und Erde VIII Heft 6 (1896)* nähere Mitteilungen, die sich theils auf einen Nekrolog von Strötter im Almanach der k. Akad. d. Wissensch. in Wien, theils auf Angaben des Prof. Savarik in Prag und des Prof. Koristka, ehemaligen Assistenten Dopplers, stützen. Doppler war am 29. November 1803 als Sohn eines Steinmetzmeisters in Salzburg geboren. Von dem Mathematiker Stampfer wurde der rege Geist und die mathematische Begabung des Knaben erkannt. Er besuchte von 1822—1825 das polytechnische Institut in Wien, absolvierte dann noch den Gymnasialkursus in seiner Vaterstadt und war von 1829—1833 Assistent des Mathematikers Hantschel in Wien. Trotz mehrerer von dort aus veröffentlichter Abhandlungen, die schon seinen Forschergeist erkennen liessen, wollte es ihm nicht gelingen, eine ihm zusagende Stellung zu erlangen. Er war schon im Begriff (1835), nach Amerika überzusiedeln, als er erfuhr, dass er zum Professor der Mathematik und der Handlungsbuchhaltung an der ständischen Realschule in Prag ernannt sei. Er nahm die Stelle an, wurde 1837 ebendasselbst Supplent für höhere Mathematik und praktische Geometrie an der ständischen technischen Lehranstalt und 1841 Professor der Elementarmathematik und praktischen Geometrie an dieser Anstalt. Doch war sein ohnehin schwächerer Körper der Anstrengung so vieler Vortragsstunden in engen, mit Zuhörern überfüllten Räumen nicht gewachsen, es wurde hier der Keim der Krankheit gelegt, die seinen frühen Tod herbeiführen sollte. Im Jahre 1847 wurde er zum Bergtrat und Professor der Mathematik, Physik und Mechanik an der Bergakademie zu Schemnitz ernannt. Die politischen Unruhen jener Jahre indessen, die in Ungarn besonders heftig waren, veranlassten den friedliebenden Mann schon nach zwei Jahren, nach Wien zurückzukehren, wo er als Professor der praktischen Geometrie den Lehrstuhl seines früheren Lehrers übernahm. Als 1850 in Wien ein physikalisches Institut gegründet wurde, dessen Zweck hauptsächlich die Ausbildung von Gymnasiallehrern in diesem Fache sein sollte, wurde Doppler zum Direktor dieses Instituts und gleichzeitig zum Professor der Experimentalphysik an der Universität Wien ernannt. Nur zwei Jahre vermochte er diesen Posten auszufüllen, dann musste er Urlaub nehmen und erlag in Venedig am 17. März 1853 dem Brustleiden, an dem er schon lange gelitten. Doppler war von hoher, magerer Gestalt, still und freundlich und doch voll inneren Lebens, eine rechte Gelehrtennatur, die nur der Wissenschaft lebte. Schon seine leuchtenden Augen zeigten einen Geist an, der über das mittlere Maass hinausging. Von seinen Schriften, deren Zahl 51 beträgt, enthalten die frühesten wesentlich mathematische Untersuchungen, die späteren sind fast durchweg physikalischer Natur, meist aus den Gebieten der Optik und Elektrizität. Das nach ihm benannte Prinzip findet sich in einer Abhandlung „über das farbige Licht der Doppelsterne“, die 1843 in den Abhandlungen der kgl. Böhm. Ges. der Wissensch. zu Prag veröffentlicht ist. Doppler glaubte, die zum Teil sehr markierten Farben der Doppelsterne, überhaupt auch wohl der Fixsterne, diesem Prinzip gemäss durch die Bewegungen der Sterne erklären zu können. Das Unzulässige dieser Anwendung auf die Fixsterne liegt auf der Hand, denn da die Fixsterne im allgemeinen weisses Licht, also Licht von allen Wellenlängen aussenden, so kann zwar für jede einzelne Lichtgattung eine Veränderung der Wellenlänge, also auch der Farbe stattfinden, aber die Gesamtheit des Lichts wird nicht geändert werden, da aus dem ultraroten oder ultravioletten Teil des Spektrums stets

ein Ersatz für die an eine andere Stelle des Spektrums verschobenen Strahlen stattfindet. Und auch wenn die Fixsterne homogenes Licht aussendeten, so wäre Dopplers Anwendung seines Prinzips wohl theoretisch richtig gewesen, aber praktisch nicht, da sie Geschwindigkeiten der Sternbewegung voraussetzt, wie sie bisher nicht annähernd beobachtet worden sind. —

Über die weitere historische Entwicklung des Prinzips hat N. C. Dunér eine Zusammenstellung gegeben. Bereits im Entdeckungsjahr veröffentlichte Bolzano eine theoretische Untersuchung, durch die er eine bei Doppler noch ungelöst gebliebene Schwierigkeit, aus der transversalen Natur der Lichtschwingungen herrührend, beseitigte. Zwei Jahre später berichtete Buijs Ballot über die Versuche mit Schallwellen, die er auf der Bahn von Utrecht nach Maarsen angestellt hatte, und durch die das Prinzip seine experimentelle Bestätigung erfuhr. Buijs Ballot widersprach andererseits entschieden der Anwendung auf die Farben der Fixsterne. Den Schritt zu einer richtigen Anwendung des Prinzips in Beziehung auf die Fixsterne that 1848 Fizeau, indem er die Bemerkung machte, dass die durch eine Bewegung in der Gesichtslinie bewirkte Änderung der Wellenlänge auch eine Veränderung der Brechbarkeit bewirken müsse, dass also eine Verschiebung der Spektrallinien eintreten müsse. Dieser Schritt ist so wichtig, dass es nicht unberechtigt erscheint, nach dem Vorgange Cornus von einer Doppler-Fizeauschen Methode zu sprechen. Erst lange Jahre nachher hat die Vervollkommnung der Instrumente und Methoden dahin geführt, diese Verschiebungen nachzuweisen und zur Messung der Geschwindigkeiten im Weltall zu benutzen. Doppler selbst hat merkwürdigerweise die Bedeutung der Fizeauschen Bemerkung nicht hinreichend gewürdigt.

Einen experimentellen Beitrag zur Bestätigung des Dopplerschen Prinzips hat ebenfalls Fizeau gegeben. Er benutzte ein sehr stark rotierendes Rad, an dessen Peripherie elastische Lamellen angebracht waren, die gegen Zähne schlugen. Der entstehende Ton musste eine verschiedene Höhe haben, je nachdem der Beobachter sich in der Richtung der Bewegung der Lamellen befand oder in der entgegengesetzten. Auch Mach hat (1860) eine experimentelle Bestätigung des Prinzips für Tonschwingungen gegeben. Er machte zugleich darauf aufmerksam, dass in dem Spektrum der Sterne zweierlei Linien vorhanden seien; die einen, die den Sternen angehörten, müssten relative Verschiebung zeigen gegen die anderen, die durch Absorption in der Atmosphäre hervorgerufen werden. Dieser Gedanke ist später von Cornu praktisch verwertet worden, um im Sonnenspektrum die Linien unserer Atmosphäre von den eigentlichen Sonnenlinien zu trennen.

Auch ohne Widerspruch ist das Prinzip nicht geblieben. Die Einwürfe Petzvals, die mit einer starken Überschätzung der höheren Mathematik verbunden waren, haben sich nachher als die besten mathematischen Beweise für die Richtigkeit des Prinzips erwiesen. Nach Mach ist das Dopplersche Prinzip zweifellos richtig, während allerdings seiner Ableitung durch Doppler kein beweisender Wert beizulegen ist. Klinkerfues glaubte anfechten zu müssen, dass mit der Änderung der Schwingungsdauer auch eine solche der Wellenlänge verbunden sei; er nahm an, dass durch eine Bewegung der Lichtquelle oder des Beobachters wohl die Dauer der Schwingung geändert werde, aber nicht die Wellenlänge, dass also mit der Änderung der Farbe eine Änderung der Lichtgeschwindigkeit eintrete. Ketteler hat gezeigt, dass die Argumentation von Klinkerfues auf der Nichtbeachtung des Prinzips der lebendigen Kraft beruht. Gleichwohl muss nach allem zugegeben werden, dass es bis heute nicht gelungen ist, einen einwurfsfreien mathematischen Beweis für das Dopplersche Prinzip zu erbringen. Man hat den Einfluss, den die Bewegung der Schwingungsquelle in dem schwingenden Medium auf die Quelle selbst ausübt, noch nicht berücksichtigen können, und die Formeln, die man aufgestellt hat, haben daher nur eine hypothetische Grundlage. Doch haben andererseits die experimentellen Beweise durch die Messung der Linienverschiebungen bei coelestischen Objekten einen derartigen Umfang und eine solche Sicherheit gewonnen, dass irgend ein Zweifel an der Anwendbarkeit des Dopplerschen Prinzips auf die im Weltall vorkommenden Geschwindigkeiten nicht mehr berechtigt ist.

4. Unterricht und Methode.

Einleitung in die Physik. Ein Beitrag zur Methodik des physikalischen Anfangsunterrichts von GRIMSEHL (Progr.-Abh. der staatl. Realschule mit Latein-Abteilungen zu Cuxhaven 1896, Pr.-No. 747). Der Verfasser bietet einen Abriss der Einleitung in die Mechanik dar, der in erster Linie für die zweite Klasse der betreffenden Anstalt geschrieben ist und sich in wesentlichen Punkten von dem üblichen Lehrgang unterscheidet. Er sieht völlig von der hergebrachten Behandlung der sogen. allgemeinen Eigenschaften ab und begnügt sich im Anfang mit der Feststellung der notwendigen Begriffe. Der Gang der Darstellung wird durch folgende kurze Inhaltsangabe ersichtlich werden.

1. Begriff des Körpers, Sichtbarkeit, Greifbarkeit. — 2. Durchsichtigkeit, Undurchdringlichkeit. — 3. Die fünf Sinne. — 4. Die Aggregatzustände; Weichheit, Härte [die Aggregatzustände werden rein empirisch nach dem Widerstande, den die Körper der bewegten Hand entgegensetzen, unterschieden]. — 5. Räumliche Grösse, drei Dimensionen. — 6. Messen und Maasseinheit; Messen von Längen, Flächen, Körpern. — 7. Bestimmung des Volumens durch Wasserverdrängung. — 8. Fortbewegung des Körpers durch Aufheben oder seitliches Verschieben; Fall, Gewicht, Wägen. — 9. Gewichtseinheiten; Federwage, gemeine Wage. — 10. Senkrecht und wagerecht. — 11. Spezifisches Gewicht [als Gewicht der Volumeinheit definiert]. — 12. Reibung, Luftwiderstand, Widerstand des Mittels. — 13. Trägheitsgesetz. — 14. Kraft [Ursache der Bewegungsänderung], Schwerkraft. „Die Annahme einer Kraft ist nur ein bequemes Hülfsmittel, um den Gesetzen über die Bewegung leichter auf die Spur zu kommen“. — 15. Messung der Kräfte durch Vergleich mit der Schwerkraft. — 16. Gleichgewicht der Kräfte, Änderung des Angriffspunktes. — 17. Widerstand ist eine Kraft; Kraft und Gegenkraft. — 18. Relativität der Bewegung. — 19. Stosswirkung, Zeit, Geschwindigkeit; geradlinig-gleichförmige Bewegung. — 20. Parallelogramm der Bewegungen. — 21. Zerlegung einer Bewegung. — 22. Freier Fall. Die Fallstrecken werden gemessen unter Zugrundelegung einer durch Pendelschläge angegebenen Zeiteinheit, die so gewählt ist, dass in der ersten Zeiteinheit gerade 1 m durchfallen wird; diese Zeiteinheit beträgt ungefähr $\frac{1}{2}$ “, genauer 0,45“. Die Beobachtung giebt in den ersten vier Zeiteinheiten Fallstrecken von 1, 3, 5, 7 m. Die Zunahme der in einer Zeiteinheit durchlaufenen Strecke ist constant 2 m, sie wird als Beschleunigung eingeführt. Danach wird der Begriff der Geschwindigkeit erweitert (Verhältnis des durchlaufenen Weges zur Zeit unter der Voraussetzung, dass dieses Verhältnis in einem verschwindend kleinen Zeiteilchen bestimmt ist). Begriff der mittleren Geschwindigkeit. Fallgesetze: 1) die Beschleunigung ist constant; 2) die mittleren Geschwindigkeiten in den einzelnen Zeiteinheiten verhalten sich wie die ungeraden Zahlen; 3) die Wegstrecken sind den Quadratzahlen proportional; 4) der in der ersten Zeiteinheit zurückgelegte Weg ist halb so gross wie die Beschleunigung. — 23. Um festzustellen, ob diese Gesetze dieselben bleiben bei beliebiger Wahl der Zeiteinheit, wird die Wurfbewegung untersucht. Nahe unter der Decke des Zimmers auf einem Consol liegt eine Kugel, der durch einen Hammer von bestimmter Hubhöhe eine gewisse stets gleiche Geschwindigkeit erteilt werden kann. Die Kurve, die von der Kugel längs der Wand beschrieben wird, wird durch eine Reihe von Punkten markiert und dann ausgezogen. Die Gesamtzeit der Bewegung kann durch ein Pendel ermittelt werden, das so reguliert ist, dass Anfang und Ende der Bewegung mit je einem Pendelschlag zusammenfallen. Durch Vergleich mit einer richtig gehenden Uhr findet man danach die Dauer der Bewegung (bei dem beschriebenen Versuch 0,7“). Teilt man nun die horizontale Coordinate der Kurve in gleiche (z. B. 10) Teile und construirt zu den Teilpunkten die vertikalen Coordinaten, so geben diese unmittelbar die Fallstrecken, die sich mittels eines Fadenlotes messen lassen. Man kann so die Fallgesetze verifizieren und findet für die Beschleunigung in 0,07 Sek. den Wert 4,8 cm. Es wird dann hinzugefügt, dass weitere Versuche zu anderen Zeiten und an anderen Orten dieselben Gesetze geliefert haben und dass wir daher berechtigt sind, die vier Versuchsergebnisse als Fallgesetze aufzustellen. — 24. Das vorher eingeschlagene

Verfahren wird als induktive Methode bezeichnet. — 25. Daraus dass ein Körper an demselben Punkt der Erde zu allen Zeiten auf dieselbe Weise fällt, wird auf die Constanz der Schwerkraft geschlossen, und ferner aus der Constanz der Beschleunigung während des Falles darauf, dass die Wirkung der Kraft die einem Körper erteilte Beschleunigung ist. „Eine constante Ursache (die Schwerkraft) kann nur eine constante Wirkung (!) haben. Das Einzige, was beim Fall des Körpers constant bleibt, ist die Beschleunigung. Daraus schliessen wir, dass die Wirkung der Kraft die einem Körper erteilte Beschleunigung ist.“ Folglich „ist die Kraft der Beschleunigung, die sie einem Körper erteilt, proportional“. — 26. Kraft und Masse: Durch Versuche an der Atwoodschen Fallmaschine wird gezeigt, dass 100 g durch ein Übergewicht von 1 g die Beschleunigung 9,6 cm erlangen, dagegen 200 g die Beschleunigung 4,8, 300 g die Beschleunigung 3,2. Hieraus lässt sich die Masse der bewegten Körper bestimmen. „Die Masse eines Körpers ist sein Bestreben, den Bewegungszustand beizubehalten, verglichen mit derselben Eigenschaft bei einem Körper von 1 g Gewicht, wenn sein Gewicht unter 45° n. Br. bestimmt ist.“ Unterscheidung von Masse und Gewicht. — 27. Durch ähnliche Versuche wie vorher wird gezeigt, dass 100 g durch 1 g, 200 g durch 2 g, 300 g durch 3 g stets die gleiche Beschleunigung erfahren. Folglich sind bei gleicher Beschleunigung die Kräfte den in Bewegung gesetzten Massen proportional. Hieraus und aus (25) folgt endlich: Die Kraft ist dem Produkt aus Masse und Beschleunigung proportional. — 28. Begriff des Dyn. CGS-System. — 29. Aus dem Kraftgesetz (27) wird gefolgert, dass alle Körper gleich schnell fallen. Versuche dazu. Änderung der Fallbeschleunigung mit der geographischen Breite. „Da die Masse der Körper dieselbe bleibt“, so ist die Anziehungskraft der Erde an den Polen grösser als am Äquator. — 30. Verzögerung der Bewegung beim senkrechten Wurf aufwärts. „Infolge seiner Geschwindigkeit hat der Körper die Fähigkeit, sich einer Kraft entgegen eine Strecke hindurch zu bewegen. Diese Fähigkeit wird Energie, lebendige Kraft oder Wucht des Körpers genannt und dem Produkt aus Kraft und Weg proportional gesetzt. Durch Überlegungen über die Grösse der Geschwindigkeit und die zugehörige Steighöhe wird gefunden, dass die Energie des [aufwärts] bewegten Körpers dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist. Endlich vollständig: Die Energie . . . ist der bewegten Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional. Energie gleich Fähigkeit, Arbeit zu leisten. — 31. Energie der Last, potentielle Energie. — 32. Erweiterung des für die Schwerkraft entwickelten Energiebegriffs auf andere Kräfte. Aufgabe der Physik: die Veränderungen der Energiemengen zu beobachten und die Gesetze ihrer Veränderungen festzustellen. — Wegen Mangels an Raum wird am Schluss nur kurz angegeben, dass dann zu behandeln seien: die einfachen Maschinen und die zusammengesetzten Maschinen, mit besonderer Berücksichtigung des Energieprinzips, hierbei auch die Lehre vom Schwerpunkt, von den Kräftepaaren, vom Trägheitsmoment; die krummlinige Bewegung, besonders Centralbewegung, Pendel, Schwingungsbewegung im allgemeinen; Molekularphysik; Erscheinungen der flüssigen und luftförmigen Körper; Elemente der Chemie. —

Die dargebotenen Ausführungen sind besonders dadurch bemerkenswert, dass sie durchweg der mathematischen Formeln entraten. Es mag dahingestellt sein, ob auf der Stufe, für die die Darstellung bestimmt ist (das Alter von 14 bis 15 Jahren), auf die grosse Erleichterung, welche die mathematische Formel für die Beherrschung der Begriffe bietet, verzichtet werden muss. Bejaht man dies, so wird man einem grossen Teil der gegebenen Entwicklungen den Beifall nicht versagen können. Es ist auch nicht zu bezweifeln, dass mit solchen auf strenge Durcharbeitung der Grundbegriffe gerichteten Bestrebungen den Zwecken des Unterrichts besser gedient ist, als mit dem Vielerlei einer eklektischen Behandlungsweise. Nur zeigt sich auch hier, dass die Bedürfnisse der verschiedenartigen Anstalten keineswegs zusammenfallen und ebensowenig einen gemeinsamen Lehrgang, wie ein gemeinsames Lehrbuch zulassen, sobald sie nur in voller Schärfe erfasst werden. Wir würden denn auch einen Lehrgang der angegebenen Art, der für sechsklassige Anstalten vortrefflich geeignet sein wird, für neunklassige nicht als angemessen bezeichnen mögen. Schon die

Stellung, die dem Energieprinzip gegeben wird, ist dazu angethan, diese Unterscheidung zu rechtfertigen.

Im einzelnen sei noch folgendes bemerkt. Zu 10: Dass bei einem frei hängenden Körper die Richtung des Fadens „immer nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtet ist“, geht über das thatsächlich Feststellbare hinaus und ist auch nicht streng richtig. — Zu 11: Die Schreibweise $12 \cdot 7,5 = 90 \text{ g}$ ist unzulässig, es muss heissen $7,5 \text{ g} \cdot 12 = 90 \text{ g}$. — Zu 13: Das „Trägheitsgesetz“ wird durch die bekannte Betrachtung über den Wegfall der Reibung und des Luftwiderstandes begründet; es ist unzutreffend, diese Betrachtung als einen Schluss zu bezeichnen, da es sich nicht um einen mathematisch strengen Grenzübergang handelt. Das Gesetz behält bei dieser Herleitung vielmehr durchaus den Charakter einer Hypothese. Auch ist es nicht ausreichend, die Bewegung nur im allgemeinen als unbegrenzt zu bezeichnen; es ist vielmehr zur klaren Erfassung des Gesetzes der Begriff der Geschwindigkeit nötig (der erst in 19 entwickelt wird). Dieser Begriff sollte vielmehr dem Trägheitsgesetz vorausgehen. Hierin liegt keine Umkehrung des wirklichen Sachverhalts. Denn der Begriff der Geschwindigkeit setzt zwar zu seiner Bildung den Begriff einer streng gleichförmigen Bewegung von der Art der Beharrungsbewegung voraus, aber nicht das empirische Vorhandensein einer solchen Bewegung, noch weniger die Gültigkeit des Beharrungsgesetzes. — Zu 18: Wegen der Relativität der Bewegung soll der Ausspruch „die Sonne geht auf“ ebenso richtig sein wie „die Erde dreht sich und die Sonne steht still“. Schüler der in Betracht kommenden Altersstufe dürften doch nicht im stande sein, das Richtige und Falsche an dieser Paradoxie, in der bekanntlich eins der schwierigsten wissenschaftlichen Probleme versteckt ist, zu unterscheiden. — Zu 20: Ein Körper, der zwei Bewegungen gleichzeitig unterworfen ist, befindet sich nach einer gewissen Zeit im gegenüberliegenden Eckpunkte des aus den Wegen gebildeten Parallelogramms. Dass er sich aber in der Diagonale bewegt, ist nur für gleichartige Bewegungen richtig und bedarf auch für diesen Fall eines besonderen Beweises. — Zu 22: Die Herleitung der Fallgesetze ist recht instruktiv, namentlich die Bestätigung des Gesetzes der durchfallenen Räume durch die Messungen an der Wurfkurve. In Bezug auf die Beschleunigung schliesst sich der Verfasser an die von Höfler vorgeschlagene Behandlung an (*d. Zeitschr.* VII 42 und 283). Diese Behandlung ist für einen propädeutischen Kursus, dem noch ein zweiter auf der Oberstufe folgt, nicht unangemessen. Weniger für einen propädeutischen Lehrgang, der zugleich ein abschliessender ist, wie dies bei sechsklassigen Anstalten in der Regel der Fall sein wird. Hier darf doch die strengere Definition aus der Änderung der Geschwindigkeit nicht fehlen, da nur diese Definition den Zusammenhang mit der Kraftdefinition klar erkennen lässt. Der Verf. bringt zwar auch (in 25, s. o.) einen solchen Zusammenhang heraus, aber auf einem sehr zweifelhaften Wege, der zudem die Konstanz der Fallbewegung zu verschiedenen Zeiten und die Konstanz der Beschleunigung während einer einzelnen Fallbewegung nicht genügend auseinanderhält. Es wird nicht möglich sein, dem Schüler hierdurch zu wirklichem Verständnis zu verhelfen. — Zu 26: Die Versuche zur Erläuterung des Massenbegriffs sind gut, aber die Definition (s. o.) recht unzulänglich. Die Veränderlichkeit des Gewichts sollte bei der Fassung des Begriffs ganz beiseit gelassen werden, da die Masseneinheit durch die Masse von 1 cm Wasser zureichend bestimmt ist. — Zu 29: Dass alle Körper gleich schnell fallen, ist keine Folgerung aus dem Kraftgesetz, sondern ein Erfahrungssatz, der bei der Aufstellung des Kraftgesetzes (27) bereits stillschweigend vorausgesetzt ist. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Das elektrische Giess-, Schweiss- und Lötverfahren von Zerener. Das Schweissen und Löten von Metallen mit Hilfe der Elektrizität hat seit 1886, wo Elihu Thomson die Aufmerksamkeit auf diese Verwendung der Elektrizität lenkte, bei uns zu vier grundsätzlich verschiedenen Verfahren, dem von Thomson, dem von Benardos-Slavianoff, dem von Zerener und dem von Lagrange-Hoho, geführt.

Das ZERENERSCHE Verfahren, das in mehreren grösseren Werken der Eisenindustrie eingeführt ist, wird in der *E. T. Z. XVII 46, 1896* eingehend beschrieben. Dr. ZERENER fasst das Ergebnis der vielen Versuche, worauf sein Verfahren beruht, in seinem D. R. P. No. 68 938 dahin zusammen: „Wenn sich die magnetischen Krafflinien eines Hufeisenmagneten und die Krafflinien des elektrischen Lichtbogens horizontal in einer Ebene rechtwinkelig schneiden, so wird der Lichtbogen senkrecht zu dieser Ebene als Stichflamme abgelenkt.“ Auf dieser Erkenntnis beruhen seine Schweiss- und Lötapparate. Wenn es auch theoretisch vorzuziehen und bei Versuchen empfehlenswerter ist, den Magneten besonders anzuregen und in Nebenschluss zu legen, so musste doch bei den in der Werkstatt zu verwendenden Apparaten der Magnet in den Hauptstrom gelegt werden, da dadurch die Zuleitung und die Handhabung der Apparate wesentlich vereinfacht wurde. Für die Erregung und Gleichmässigkeit einer den praktischen Ansprüchen genügenden Stichflamme kommt nicht nur die Beschaffenheit der Kohlen, zwischen denen der Lichtbogen entsteht, in Betracht, sondern auch die Combination von Homogenkohle und Dochtkohle, die Art des Dochtes und die Zuführung gasförmiger oder fester Stoffe durch eine achsiale Bohrung der Kohlen. Das Wesen der ZERENERSCHEN Vorrichtungen lässt sich am besten an seinen beiden Lötapparaten erkennen; der am a. a. O. ebenfalls beschriebene verwickeltere Schweissapparat hat lediglich ein technisches Interesse.

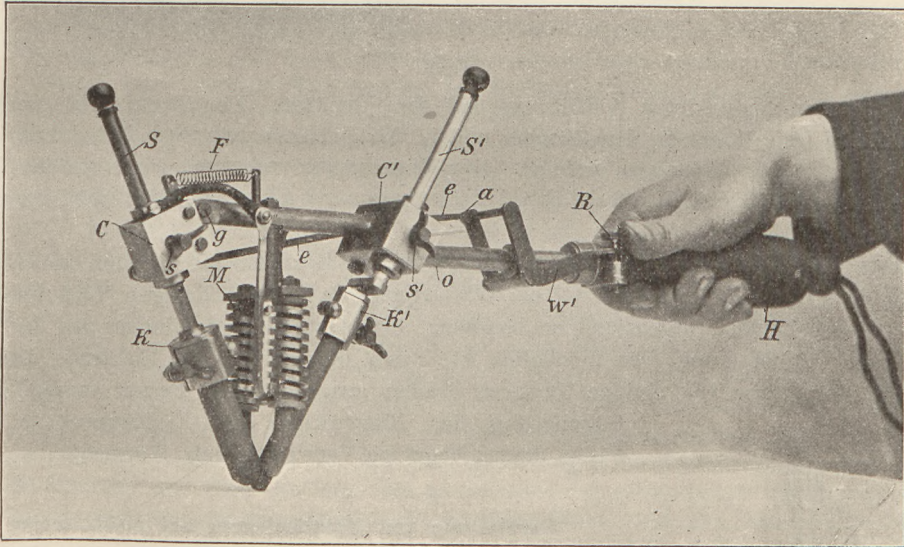


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt den einfachen und leichten Hartlötapparat. In dem Holzheft *H* sitzt das gebogene Rohr *o*, das hinter seiner ersten Biegung einen rechteckigen Körper *C'* aus nichtleitendem Stoffe trägt. Darin befindet sich eine Messinghülse, die Führung einer verschiebbaren runden, mit Nute versehenen Stange *S'*, welche den Kohlenhalter *K'* trägt. Ein anderer dem ersteren entsprechender Isolierkörper *C* ist durch das Gelenk *g* mit dem Ende des Rohres *o* drehbar verbunden. Die Stellschrauben *ss'* halten die Stangen *SS'* fest. An der linken Seite des Handgriffes *H* ist ein Winkelhebel angebracht, dessen einer Schenkel *w'* durch eine Schraube *R* gehoben oder niedergedrückt wird, während der andere bügelförmig gestaltet ist und auf der rechten Seite des Griffes bei *a* die dünne Zahnstange *e* trägt, welche das Isolierstück *C* anziehen und so die Kohle in *K* der anderen Kohle bis zur Berührung nähern kann. Die Feder *F* bewirkt eine entgegengesetzte Bewegung von *C*. *M* ist der Hufeisenmagnet. Bei diesem Hartlötapparat werden, je nachdem es sich um leicht- oder schwerfliessendes Material handelt, 18–50 A. bei etwa 65 V. verwendet.

Fig. 2 stellt den Weichlötapparat dar. Der Handgriff mit der Regulierschraube *R* hält eine innere und eine darüber gezogene äussere Röhre, die an ihrem anderen Ende eine Schnecke trägt; diese greift in das auf der äusseren Seite sitzende Zahnrad, auf dessen Welle an der inneren Seite der Gehäusewand ein Trieb sitzt, der mittels Zahnradübertragung die einem Winkel von 45° bildenden Zahnstangen gegen- oder auseinander bewegt. Der Magnet *M* ist so angeordnet, dass die Schenkelbewicklung das Vorlegen des LötKolbens nicht erschwert,

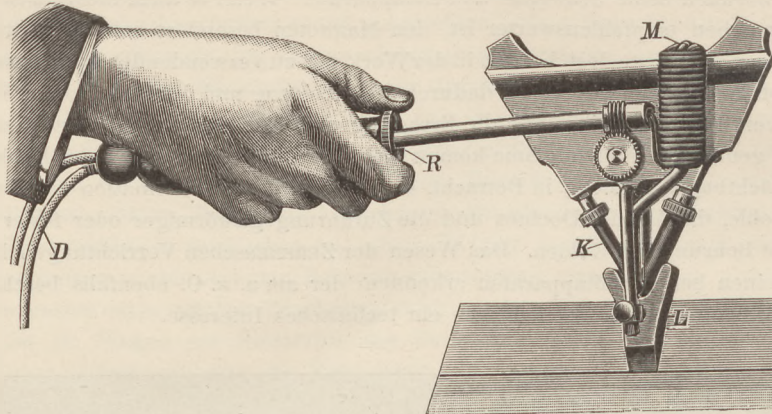


Fig. 2.

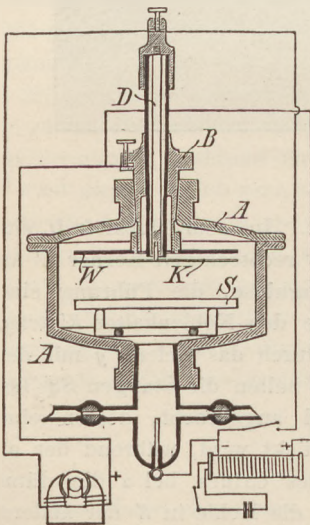
er reitet in der abgebildeten Ausführung auf dem Gehäuse. Der Strom geht durch den Griff und die feste Röhre zu dem Magnet und in das Gehäuse und wird dort durch Schleifkontakt nach den Kohlenhaltern geleitet. Der Minimalstromverbrauch eines solchen Weichlötapparates, der mit dem Kupferkolben *L* nicht mehr als 1 kg wiegt, sinkt noch unter 3 A. bei 40 V.

Das elektrische Schweiss- und Lötverfahren von ZERENER hat vor den anderen den Vorzug, dass durch die Möglichkeit, die Wärmequelle in jeder beliebigen Entfernung von dem zu bearbeitenden Gegenstand zu benutzen, einem schädlichen Einfluss auf das Metall vorgebeugt werden kann, was unmöglich ist, wenn dieses selbst als Elektrode dient und so einer Temperatur von einigen Tausend Graden ausgesetzt ist. Ferner ermöglicht die Regulierung der Hitzwirkung des Lichtbogens in vielen Fällen dessen bequeme Verwertung als Wärmequelle.

H. H.-M.

Herstellung von Metallspiegeln auf elektrischem Wege.

H. Boas (D. R. P. No. 85 435) giebt dafür folgendes Verfahren an: Durch den eingeschlifenen Tubus *B* des luftdicht verschliessbaren Glasgefässes *A* geht die Leitung zur Kathode *K*, während *B* selbst der Anode *W* den Strom zuführt. Beide Elektroden sind parallel zu einander in etwa 2 bis 5 mm Abstand angeordnet. Wird durch den hinreichend luftleer gemachten Apparat ein hochgespannter Induktionsstrom geschickt, so findet auf der Kathodenseite, welche von der Anode abgewandt ist, eine Zerstäubung des Metalles statt. Dieses schlägt sich auf einer Glasplatte *S*, welche unter der Kathode angebracht ist, als Metallspiegel von hohem Glanze nieder. (*Zeitschr. f. angew. Chemie.* 293, 1896.) Vergl. hierzu d. Ztschr. IX 4 S. 198.



Neu erschienene Bücher und Schriften.

Isaac Newton und seine physikalischen Prinzipien. Ein Hauptstück aus der Entwicklungsgeschichte der modernen Physik. Von Prof. Dr. Ferd. Rosenberger. Mit 25 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth (Arthur Meiner), 1895. VI u. 536 S. M. 13,50.

Eine zusammenfassende Darstellung der Newtonschen Lehren, ihrer Vorläufer, der mit ihnen verknüpften Kämpfe und ihrer weiteren Schicksale ist längst ein Bedürfnis für alle gewesen, die sich nicht mit dem meist völlig unhistorischen Inhalt der neueren Lehrbücher begnügen, sondern den Ursprung und die Entwicklung dieses Inhaltes verstehen wollen. Das vorliegende Werk löst die nicht leichte Aufgabe mit vollster Sachlichkeit und Klarheit. Es behandelt in einem ersten Abschnitt die schöpferische Periode Newtons, in einem zweiten die Bildung der Newtonschen Schule. Das Schwergewicht fällt naturgemäss in beiden Abschnitten auf die „Prinzipien der Naturlehre“. Der Verfasser erklärt es mit Recht für unrichtig zu sagen, „dass Newton die allgemeine Attraktion der Materie oder die Erstreckung der irdischen Schwere durch das ganze Planetensystem entdeckt habe“; hier gebührt Kepler, Bulliardus und Hooke ein unbestreitbares Verdienst. Newtons Grossthat hingegen war eine mathematische, sein Hauptwerk „enthält zum ersten Mal die gesamte Mechanik von den Grundsätzen an bis zu den höchsten verwickeltesten Beispielen“. Nicht minder wird mit den Anekdoten aufgeräumt, die landläufiger Weise mit Newtons „Entdeckung der Gravitation“ verknüpft werden. Dagegen wird die Bedeutung gewürdigt, die die Huygenssche Formel der Centripetalbeschleunigung für die Entwicklung der Newtonschen Ideen gehabt hat. Zu S. 128, Anm. 1 ist zu bemerken, dass nach den Ausführungen von Bosscha gelegentlich seiner Rede über Huygens (vgl. d. Zeitschr. IX 95) das Gesetz für das Verhältnis der Centrifugalkräfte bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Halbmessern Newton schon vor der Huygensschen Veröffentlichung bekannt gewesen zu sein scheint, während der Ausdruck für die Kraft selbst erst von Huygens gefunden worden ist.

Man wird schon aus dem Angeführten erkennen, wie wichtig das Buch insbesondere auch für den physikalischen Unterricht ist. Wer einmal erprobt hat, wie ausserordentlich anregend eine auf den historischen Gang gegründete Behandlung dieser Dinge im Unterricht ist, der wird nicht leicht wieder darauf verzichten wollen; für jeden aber, der eine solche Behandlung sich anzueignen wünscht, wird das Buch ein schätzbare Führer und Wegweiser sein. Auf mehr Einzelheiten einzugehen, erlaubt der Raum nicht; hingewiesen sei nur auf die für den Unterricht so wichtige Frage nach der Stellung, welche die Ableitung des Kraftgesetzes aus der Gestalt der Planetenbahnen und die umgekehrte Aufgabe in der Newtonschen Forschung und in der Geschichte überhaupt gehabt hat.

Der zweite Hauptgegenstand der Newtonschen Forschung und somit des vorliegenden Buches ist die Optik. In Abschnitt I wird der Zustand der physikalischen Optik vor Newton und Newtons eigene optische Arbeiten bis zu seiner grössten Annäherung an die Undulationstheorie, in Abschnitt II wird dann die Optik von 1704, insbesondere die Anwendungen der Lichtstrahlen, ferner der fragmentarische Anhang der Optik (in dem eine ganze Reihe von schwierigeren Fragen, die mit der Optik zusammenhängen, eine hypothetische Beantwortung finden), und das Verhältnis Newtons zu den entgegengesetzten Lichttheorien behandelt. Eine ausführliche Untersuchung ist der Entdeckung der Analysis des Unendlichen und dem Streit mit Leibnitz gewidmet. Hier ist der Verfasser bemüht, ohne Voreingenommenheit für seinen Helden Licht und Schatten richtig zu verteilen. In einem Schlusskapitel werden die Ursachen dargelegt, die den endlichen Sieg der Newtonschen Physik herbeiführten.

P.

Grundriss der Wärme für Studierende und Schüler. Von R. T. Glazebrook, Prof. a. d. Universität Cambridge. Deutsch von Dr. Otto Schönrock. Mit 88 Figuren im Text. Berlin, S. Calvary & Co., 1896. 280 S. Geb. M. 3,60.

Der beträchtlichen Zahl englischer Unterrichtsbücher, die bereits ins Deutsche übersetzt sind, gesellt sich das vorliegende hinzu. Es teilt mit den meisten der anderen die Richtung auf das Praktisch-Experimentelle, kann daher als Hilfsbuch zur Ausführung physikalischer Messungen benutzt werden. Ein besonderer Vorzug ist, dass die Fehlerquellen bei den einzelnen Experimenten sorgfältig diskutiert werden. Von Versuchen, die sich sonst weniger häufig angeben finden, sei der Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes von der Gleichheit der Ausdehnungskoeffizienten der Gase erwähnt. Für den Nachweis des Dichtigkeitsmaximums des Wassers wird ein Bleirohr von etwa 1 cm Durchmesser und 1 m Länge benutzt, das zu einer Spirale zusammengebogen und am einen Ende mit einer langen und engen Glasröhre versehen ist, die senkrecht zur Ebene der Windungen steht; unter Berücksichtigung des Ausdehnungskoeffizienten des Bleies wird die wahre

Volumänderung des Wassers ermittelt. — In historischer Beziehung finden sich mehrere Ungenauigkeiten: „Das Wärmeäquivalent berechneten Séguin 1837 und Mayer 1842; beide machten indessen Annahmen, die, wenn sie auch richtig waren, immer erst durch Experimente gerechtfertigt werden mussten. Diese wurden aber von Joule im Jahre 1845 ausgeführt.“ Bekanntlich fusste Mayer auf einem Versuch von Gay-Lussac, der in den *Mém. d'Arcueil* veröffentlicht war und bereits die Rechtfertigung seines Verfahrens enthielt. Ferner soll die Anregung zur Wahl der heutigen Fixpunkte des Thermometers von Newton (1701) herrühren. Bei der Theorie der Strahlung wird Kirchhoff zwar genannt, die Gleichheit des Absorptions- und Emissionsvermögens aber „nach der Prevostschen Theorie“ bewiesen. Ein deutscher Übersetzer hätte die Pflicht, solche anglikanische Willkürlichkeiten richtig zu stellen. P.

Laerebog om Lyset. Geometrisk Optik af H. O. G. Ellinger. Med 117 Afbildninger. 1895. Kjöbenhavn, det Reitzelske Forlag. VIII, 114 S.

Das in dieser Zeitschrift (IX 108) besprochene allgemeine Lehrbuch der Physik wird von dem Verfasser ergänzt durch ausführlichere Darstellungen der einzelnen Gebiete; den Lehrbüchern des Magnetismus und der Elektrizität, der Mechanik und Wärme ist jetzt ein Lehrbuch über das Licht gefolgt. Das Buch giebt hauptsächlich die geometrische Optik, die der Verfasser auch in seinem Lehrbuch der Physik bevorzugt. Die Gesetze der Reflexion und Brechung sind in leicht verständlicher, zusammenhängender Darstellung behandelt, und die Theorie der wichtigsten optischen Instrumente klar entwickelt; auf die neueren dioptrischen Forschungen geht der Verfasser, dem elementaren Charakter des Buches entsprechend, nicht ein. Die Figuren sind im allgemeinen deutlich; doch hätte vielleicht noch bei einer grösseren Zahl das Strahlenbündel an Stelle der Strahlenlinie treten können. — Die Farbenerscheinungen und anderen Eigenschaften des Lichts sind relativ kurz behandelt; vielleicht hat sich aber der Verfasser diese Gebiete für einen zweiten Teil vorbehalten. E. Schenck.

Varmelaere af Julius Petersen, Overlaerer i Herlufsholm. Kjöbenhavn, Lehmann & Stages Forlag. 1896. VIII. 79 S.

Der Verfasser giebt einen elementar gehaltenen Abriss der Wärmelehre nach den heute gültigen Vorstellungen. Das Kapitel über die Verbreitung der Wärme und die meteorologischen Erscheinungen hätte wohl etwas mehr Raum verdient; die Definition der Wärmestrahlung erscheint uns nicht zutreffend. Die jedem Abschnitt beigefügten Aufgaben sind praktisch ausgewählt. Sehr bemerkenswert ist das letzte ziemlich umfangreiche Kapitel, in welchem in ebenfalls elementarer Weise die verschiedenen Formen der Energie und ihre Umwandlungen behandelt werden. Das Buch dürfte durch Verbindung rein wissenschaftlicher Grundlage mit leicht verständlicher Darstellungsform dem Anfänger gute Dienste leisten. E. Schenck.

Anleitung zur Molekulargewichtsbestimmung nach der „Beckmannschen“ Gefrier- und Siedepunktmethode von Dr. Gotthold Fuchs, Assistent am Lab. für angew. Ch. zu Erlangen. Mit 18 Textfiguren. Leipzig, W. Engelmann 1895. 41 S. M. 1,20.

Die Schrift ist eine für den Lehrgebrauch an Hochschulen nützliche Zusammenstellung der von Beckmann ausgebildeten Methoden für die Bestimmung des Molekulargewichtes gelöster Körper. Besondere Sorgfalt ist auf die Beschreibung der eigenartigen, dieser Methode dienenden Apparate verwandt. O. Ohmann.

Lehrbuch der anorganischen Chemie für gewerbliche Lehranstalten. Von Al. Smolka, Prof. an der k. k. Staatsgewerbeschule in Bielitz. Mit 6 Abbildungen. Leipzig u. Wien, F. Deuticke, 1895. 397 S.

Das Lehrbuch ist nicht für den ersten Anfang bestimmt, sondern setzt eine gewisse Vertrautheit mit den chemischen Grundbegriffen bereits voraus; im übrigen verfolgt es den Zweck, den Schüler, der sich einem hochschulmässigen Studium der technischen Chemie nicht widmen kann, soweit vorzubereiten, „dass er in der Lage ist, das Studium der analytischen Chemie und der chemischen Technologie nutzbringend zu betreiben“. Es ist deshalb der für die analytische und technische Chemie wichtige Stoff in besonderem Maasse berücksichtigt worden. Das Buch zerfällt in einen allgemeinen Teil (65 S.) und einen speciellen; angehängt sind Capitel über „Grundsätze der Thermochemie“, „das periodische System der Elemente“, „Stöchiometrie“ mit 160 Aufgaben.

Der systematisch angeordnete Stoff ist mit grosser Klarheit und Übersichtlichkeit behandelt; die Reihenfolge der Elemente im speciellen Teil lehnt sich an das periodische System an. Der allgemeine Teil ist dadurch ausgezeichnet, dass in ihm die historische Entwicklung der allgemeinen Gesetze eine eingehende Berücksichtigung gefunden hat. — Bei der Auführung der Hauptgruppen

der chemischen Verbindungen (S. 49) konnten auch die Wasserstoffverbindungen (Hydrüre) erwähnt werden. Die Annahme, dass die Atmosphäre nur bis zu einer Höhe von 70—80 km reiche, ist nach den neueren Untersuchungen nicht mehr haltbar. In den „Grundsätzen der Thermochemie“ befinden sich einige Ungenauigkeiten, so in den Ausführungen, welche die Zersetzung des Wassers durch Wärme behandeln (S. 367); auch ist daselbst das Kilogrammometer unrichtig definiert als „die Arbeit, welche von 1 kg geleistet wird, wenn es sich 1 m weit bewegt“ (S. 366). Die das Aufsuchen und die Übersicht so sehr erleichternden kurzen Stoffangaben am Kopf der Seiten haben sich zum Glück so allgemein eingebürgert, dass man ihr Fehlen wie hier nur ungern bemerkt.

Die empfehlenswerte, durch Wissenschaftlichkeit ausgezeichnete Arbeit wird besonders als Vorbereitung für das Studium der Analyse gute Dienste leisten.

O. Ohmann.

Kurzes Lehrbuch der Chemie von Dr. Eugen Steinhardt. (Organischer Teil bearbeitet unter Mitwirkung von Dr. Ephraim.) Erster Teil: Anorganische Chemie. Mit 73 eingedruckten Holzschnitten und einer Spektraltafel. Stuttgart, F. Enke, 1895. XVIII u. 418 S. M. 6.

Bei der umfangreichen Produktion von Unterrichtswerken fast aller Gebiete ist es herkömmlich, dass jede neue Erscheinung ihren besonderen Standpunkt und Zweck kennzeichnet und begründet. In dieser Beziehung lässt das vorliegende Buch zu wünschen übrig. Es heisst nur auf dem Titelblatt „Zum Gebrauch an Schulen und zur Selbstbelehrung“ und in dem ganz kurzen Vorwort etwas eigentümlich, dass das Buch bestimmt sei, „Anfänger in das Studium der Chemie einzuführen. Da dieses ohne Anstellung von Experimenten kaum möglich ist, so ist in dem Werke eine Anzahl von . . . Versuchen beschrieben . . . Die modernen Theorien . . . sowie die Hauptsachen der chemischen Technologie sind besonders berücksichtigt worden.“ Weitere etwa methodische Gesichtspunkte der Abfassung sind nicht angegeben.

Die Anordnung des Stoffes ist eine systematische. Die bei systematischen Büchern übliche „Einleitung“ ist etwas sehr kurz gehalten (8 S.). Dann werden „die Nichtmetalle“ mit Sauerstoff beginnend abgehandelt (bis S. 188), darauf „die Metalle“, woran Ausführungen über „Spektralanalyse“ geknüpft sind (11 S.). Hieran schliesst sich noch ein Abschnitt „Qualitative chemische Analyse“ (15 S.) und „Krystallographie“ (ca. 9 S.).

Nach dem Eindruck, den Ref. von dem Lehrbuch gewonnen, ist es eine mit grosser Sorgfalt und Liebe zur Sache abgefasste Arbeit, der man indessen eine wesentlich neue Darstellungsweise nicht zuerkennen kann. Es werden die Elemente einzeln nach „Vorkommen“, „Darstellung“ und „Eigenschaften“ — letzteres auf Grund zweckmässig ausgewählter Versuche — abgehandelt; dazwischen sind kleine Kapitel allgemeinen Charakters eingeschaltet, so besonders beim zweiten Element „Wasserstoff“, Ausführungen über „Chemische Verwandtschaft“, „Atom und Molekül“, „Chemische Gleichungen“. Die Darstellung dieser allgemeinen Grundbegriffe und der chemischen Gesetze, kurz, die sogenannte „allgemeine Chemie“, stellt die schwächere Seite der Arbeit dar. So ist das chemische Gewichtsgesetz nicht hinreichend abgeleitet, sondern wird unmittelbar an das zu Tode gehetzte Beispiel vom Eisen und Schwefel angeschlossen. Constitutionsformeln, die einer klaren Einsicht in die Natur vieler Verbindungen wie auch dem Gedächtnis so sehr zu Hülfe kommen, sind nicht berücksichtigt. Auch die Beziehungen zwischen Basen, Säuren und Salzen sowie diese Begriffe selbst kommen nicht in genügender Ausführlichkeit zur Darstellung. Freilich sind dies Ausstellungen, die schon nicht mehr das vorliegende einzelne Lehrbuch, sondern die gewählte Darstellungsweise überhaupt betreffen. In der Gewinnung der angedeuteten allgemeinen Begriffe, Gesetze und Beziehungen — die dem chemischen Unterricht erst den eigentlichen Wert für die allgemeine Bildung verleiht — lässt eben die systematische Lehrweise im Stich, da sie mehr Kenntnisse nach der Richtung des einseitigen Fachwissens zeitigt.

Von Einzelheiten mögen folgende erwähnt werden: S. 272 gelegentlich der Zersetzung des Eisenvitriols fehlt vor „Schwefelsäure“ rauchende. S. 103 ist die Formel der Stickstoffwasserstoffsäure unrichtig angegeben. S. 26, Fig. 11 sind die Dimensionen der Glasröhre (etwa 6 cm : 16 cm) ganz ungeeignet, um eine singende Flamme zu erzeugen. S. 73 ist bei den „Ausnahmen“ bezüglich des Molekulargewichts auch Cadmium hinzuzufügen. Bei der genauen Umgrenzung, die der Begriff „unendlich“ im mathematischen Unterricht erhält, ist es nicht zweckmässig, von der „unendlichen“ Kleinheit der Moleküle zu sprechen (S. 33) und der Zusatz „die Unendlichkeit im kleinen ist ja ebenso unbegreiflich, wie die Unendlichkeit des Himmelsraumes“ bedeutet nicht gerade eine Verbesserung. Die Begriffe Atom und Molekül sind in ähnlicher Weise unklar abgefasst (S. 30): „Atom nennt man das denkbar kleinste Teilchen eines Elements, welches in einer Verbindung vorkommen kann“, „Molekül das denkbar kleinste Teilchen einer Verbindung (und auch eines Elements), welches im freien Zustande auftreten kann“. — Die Krystallographie ist für die Zwecke derjenigen Schulen,

an welchen das Lehrbuch Verwendung finden kann, zu kurz gefasst; es waren mindestens einige Grundbegriffe über das Constante und Variable der physischen Krystallformen, über die Symmetrie, sowie die Naumannsche Bezeichnungsweise erforderlich. Der Satz (der sich an dieser Stelle auf alle Krystallsysteme gleichmässig beziehen soll): „diejenige Achse, welche bei aufrechter Stellung des Krystalls senkrecht steht, heisst die Hauptachse, die andern 2 oder 3 heissen Nebenachsen“ ist irreführend, zumal einige Systeme gar keine Hauptachse haben.

Für den Gebrauch des Lehrbuches dürften besonders Realgymnasien und Oberrealschulen in Frage kommen; es sei daher den Fachgenossen an diesen Anstalten zur näheren Einsicht empfohlen.

O. Olmann.

Versammlungen und Vereine.

Der 6. naturwissenschaftliche Ferienkursus für Lehrer an höheren Schulen

in Berlin vom 8.—18. April 1896.

An dem Kursus, der von den Herren Dir. Schwalbe und Dir. Vogel geleitet wurde, nahmen 41 Herren aus verschiedenen Provinzen der preussischen Monarchie teil. Bei der Eröffnung wurde von dem Vertreter des Ministeriums, G.-R. Dr. Stauder anerkannt, dass in der modernen Entwicklung die Naturwissenschaften die Grundlage bildeten; wer für die neueren Ergebnisse auf diesem Gebiete und deren Anwendungen in der Technik kein Verständnis zeige, könne nicht mehr voll zu den Gebildeten gezählt werden. Über die einzelnen Vorträge wird nachstehend im Anschluss an die ausführlichere Darstellung in der Naturwissenschaftlichen Wochenschrift (1896 No. 24—26), die auch als Separatausgabe (Juniheft) bezogen werden kann, berichtet.

Prof. E. WARBURG führte lichtelektrische Erscheinungen vor: zuerst den Versuch von Hertz über die Wirkung des Lichts auf die Funkenentladung, wobei auch gezeigt wurde, dass das Maximum der Wirkung im Ultraviolett stattfindet und dass nur die Beleuchtung der Kathode von Einfluss ist. Die gleichzeitige Abnahme der Spannungsdifferenz wurde durch Einschaltung einer Geisslerschen Röhre und das Auftreten einer veränderten Glimmentladung beim Belichten der Funkenstrecke dargethan. Der Vortragende erläuterte darauf die weitere Deutung der Hertz'schen Versuche, die von ihm neuerdings (vgl. d. Heft S. 246) gegeben worden ist. Ferner wurden die Versuche von Hallwachs (Wied. Ann. 33, 301 und 40, 342) über die Entladung einer negativ geladenen Zinkplatte und die positive Elektrisierung der unelektrischen Platte im ultravioletten Licht und bei gleichzeitigem Anblasen, sowie auch eine für Lampenlicht empfindliche Natriumzelle von Elster und Geitel vorgeführt. Man hat es in allen diesen Fällen wahrscheinlich mit verschiedenen Erscheinungsformen eines und desselben Vorgangs zu thun, dem nur durch genauere Analyse der Erscheinungen im Sinne der vorher erwähnten Versuche des Vortragenden näher zu kommen sein wird.

An diese Darlegungen schlossen sich noch folgende anderweitige Versuche an: 1. Versuch von Elihu Thomson in der Form von V. v. Lang (Wien. Ber. 102 (II), 523; 1893). Eine kurze vertikale Drahtspirale (12 Lagen von je 28 Windungen 3 mm dicken besponnenen Kupferdrahts von $\frac{1}{4}$ S. E. Widerstand bei einer Rollenhöhe von 12 cm) stand auf dem Tische und umgab das untere Ende eines 83 cm langen Eisendrahtkerns von 5,4 mm Durchmesser. Auf der Spule lag, den Eisenkern umgebend, ein 0,5 kg schwerer Kupfering. Wurden aus einer Wechselstrommaschine (Wechselzahl etwas weniger als 200 in der Sekunde) Wechselströme (von 8 Amp.) durch die Stäbe geschickt, so wurde der Kupfering von der Spule abgestossen und über ihr schwebend erhalten. Bei Erhöhung der Stromstärke auf 13 Amp. wurde der Ring noch weiter gehoben und in grösserer Höhe schwebend erhalten. Leichtere Ringe aus Kupfer oder Aluminium wurden beim Stromschluss mehrere Meter hoch geschleudert. Eine genauere Betrachtung (Naturw. Wochenschr. S. 283) zeigt, dass die Erscheinung auf der Selbstinduktion beruht. — 2. Demonstration eines Vorlesungsthermometers (wird in d. Ztschr. beschrieben werden). — 3. Demonstration des von v. Hefner-Alteneck angegebenen Variationsbarometers (d. Zeitschr. IX 123).

Prof. H. RUBENS führte neuere Versuche mit kurzen elektrischen Wellen vor. Die genaue Beschreibung ist an anderer Stelle (d. Heft S. 242) gegeben.

Prof. E. GOLDSTEIN trug über Kathodenstrahlung mit besonderer Berücksichtigung der X-Strahlen vor. Demonstriert wurde u. a. das Verhalten des Kathodenlichts bei abnehmender Gasdichte und die Färbung farbloser Salze (KCl , $NaCl$) durch die Kathodenstrahlen. Das Kathodenlicht ist dem Vortragenden zufolge nicht homogen, sondern besteht aus drei einander durchdringenden Lichtarten von verschiedenen Eigenschaften. Der einen Lichtart kommen diejenigen Eigenschaften

zu, welche man dem Kathodenlicht gewöhnlich zuschreibt: Geradlinige Ausbreitung, Erregung starken Phosphoreszenzlichts, kräftige Wärmewirkungen, Beeinflussung durch den Magneten in der von Plücker und von Hittorf angegebenen Weise. Die zweite Art hat ebenfalls geradlinige Ausbreitung, erregt aber Phosphoreszenzlicht und Wärme nur in minimaler Maasse und ist durch die stärksten magnetischen Kräfte nicht zu deformieren. Diese Strahlen können durch besondere Versuchsanordnungen von den beiden andern Componenten des Kathodenlichts völlig gesondert werden. Die dritte Lichtart geht um eine Biegung des Entladungsgefässes herum, erscheint also nicht mehr geradlinig; sie erzeugt nur wenig Phosphoreszenz und Wärme; dem Magneten ist sie unterworfen. — Die ersterwähnte, für die meisten gewöhnlichen Experimente wichtigste Art der Kathodenstrahlung breitet sich nicht wie gewöhnliches optisches Licht von einem strahlenden Flächenelement gleichmässig nach allen Seiten aus, sondern nur nach einer Richtung, die bei gewissen Gasdichten senkrecht zu dem Element ist. Bei variirender Gasdichte ändert sich die Ausbreitungsrichtung der Strahlen. Auch bei constanter Gasdichte ist die Strahlungsrichtung verschieden für verschiedene Flächenelemente, je nach ihrer Lage gegen die Aussengrenze der Kathodenfläche. — Kathodenstrahlen erleiden eine kräftige Abstossung, wenn sie in der Nähe einer andern Kathode oder nahe andern Theilen derselben Kathode vorübergehen. — Beim Auftreffen auf eine feste Wand werden die Kathodenstrahlen reflektiert. Nach der Reflexion sind die Strahlen noch geradlinig und dem Magneten unterworfen; die Reflexion ist aber eine diffus nach allen Seiten erfolgende, auch bei hochpolirten Flächen. Eine Anode reflektiert nicht schwächer als eine neutrale Fläche. — Auf lichtempfindliche, in das Vacuum gebrachte Substanzen üben die Kathodenstrahlen photochemische Wirkungen aus. — Zwischen dem Kathodenlicht und dem Anodenlicht besteht nicht, wie die meisten Lehrbücher angeben, ein qualitativer Gegensatz, sondern nur ein quantitativer Unterschied. Durch allmähliche Abstufungen kann die eine Entladungsform in die andere übergeführt werden. An jeder Stelle des Entladungsraumes zwischen Kathode und Anode lassen sich Strahlencomplexe mit den charakteristischen Eigenschaften des Kathodenlichtes hervorrufen, wenn man in dem Entladungsraum eine Verengung anbringt. Von der Verengungsstelle breiten sich dann nach der Seite der Anode hin als sekundäre negative Strahlen bezeichnete Strahlenbüschel aus. Sie zeigen geradlinige Ausbreitung und neben andern Charakteren des Kathodenlichts auch das gleiche Verhalten gegen den Magneten. Lässt man den Querschnitt der Verengung successiv wachsen, bis zur Aufhebung der Verengung, so geht jedes Büschel von sekundärem negativem Licht über in je eine Schicht des Anodenlichts. Das sogenannte positive oder Anodenlicht besteht also aus ebensoviele Büscheln von negativem Licht, wie es Schichten zeigt. — Feste Körper erzeugen, in die phosphorescenzerregenden Kathodenstrahlen gebracht, im allgemeinen einen dunkeln Schatten. Erst durch äusserst dünne Schichten fester Körper dringen Kathodenstrahlen hindurch, wie zuerst Hertz nachwies. Lenard zeigte, dass durch so dünne Schichten ($\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{30}$ mm) die Kathodenstrahlen auch aus dem evakuierten Gefäss in den luftgefüllten Raum eintreten und sich in der freien Atmosphäre dann noch merkliche Strecken ausbreiten können. Röntgen fand, dass da, wo die magnetisch deformierbaren Kathodenstrahlen bei sehr geringer Gasdichte auf die Glaswand treffen, Strahlen entstehen, welche durch die Glaswand hindurchtreten und in freier Luft noch erheblich dicke, feste Körper durchsetzen können. An die nähere Besprechung ihrer seither bekannt gewordenen Eigenschaften schloss sich die Vorführung des Aufnahmeprozesses auf photographischen Platten mittels der neuen Strahlen.

Oberlehrer H. BOHN führte solche neuere Luftpumpen vor, die für den Unterricht besonders praktisch sind: eine einfache Luftpumpe mit soliden Kegelventilen und Ölverschluss (englische Construction, d. Ztschr. VIII 364), eine Quecksilberpumpe nach Spies (d. Ztschr. VIII 363), eine Wasserluftpumpe für geringen Wasserdruck und eine Compressionspumpe von Fuess (d. Ztschr. IX 110). Auch das Modell einer Borsighschen Mammuthpumpe und die Herstellung eines Wärme-Schwerkraftmotors mit Hilfe der Wasserluftpumpe wurden durch Versuche erläutert.

Dr. R. LÜPKE sprach unter Veranschaulichung durch zahlreiche Versuche und Beleuchtungsapparate über die moderne Gasbeleuchtung. Die Eigenschaften des Acetylens wurden durch Versuche demonstriert, die in der Elektrochemischen Zeitschr. (1895) ausführlich beschrieben sind. Im Zusammenhange damit wurde die Darstellung des Wassergases besprochen. Als Verbesserungen der Beleuchtungstechnik wurden das Regenerativverfahren (Vorwärmung des Leuchtgases an der Luft durch die heissen Verbrennungsgase) und besonders eingehend, an der Hand der historischen Entwicklung, das Gasglühlicht behandelt, woran sich die Erläuterung des Spiritusglühlichts (einer Erfindung des Ingenieurs Riess von der Gesellschaft Helios) anschloss.

Prof. ASSMANN trug über wissenschaftliche Forschungen in der Atmosphäre mittels des Luftballons vor. Es wurden die Vorzüge des von dem Vortragenden construirten Aspirations-

psychrometer zur Messung der wahren Lufttemperatur auseinandergesetzt und die Ergebnisse der bisherigen Messungen mitgeteilt. Entgegen den älteren Angaben, wonach die „Temperatur des Welt-raums“ auf -36° oder -42° berechnet wurde, wurde ermittelt, dass schon in 9150 m Höhe eine Temperatur von $-47,9^{\circ}$ herrscht; durch photographische Registrierung in kleinen unbemannten Ballons wurde in Höhen von 20000 m die Lufttemperatur von -68° aufgezeichnet, und auch diese ist aller Wahrscheinlichkeit nach noch von der Sonnenstrahlung beeinflusst.

Prof. R. SCHEIBE sprach über den Diamant und sein Vorkommen. Ein ausführlicher Aufsatz nebst Illustrationen erscheint demnächst in der Naturw. Wochenschrift.

Prof. E. SCHWANNECKE sprach über Belebung und Vertiefung des chemischen Unterrichts durch Heranziehung verwandter naturwissenschaftlicher Gebiete unter Vorführung neuerer Apparate und Versuchsanordnungen. Namentlich gelangten zur Demonstration: 1. Die Unterkühlung des Wassers (wird in d. Ztschr. beschrieben werden). 2. Die Verschiedenheit der spezifischen Wärmen der Metalle, indem auf Metallcylindern von gleichem Querschnitt und gleichem Gewicht an der oberen Fläche eine Vertiefung angebracht ist, die mit Wasser gefüllt wird. Die Cylinder werden nacheinander durch dieselbe Flamme erhitzt und die Zeit beobachtet, die bis zum Aufschäumen des Wassers vergeht. 3. Apparate für den Nachweis des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes und der Dampfspannungen der Flüssigkeiten. 4. Verstellbare Krystallmodelle, bei denen die Kanten durch Gummischnüre gebildet sind, deren Enden mittels Hülsen auf den Achsen verschiebbar sind. Auch die Neigungswinkel der Achsen sind veränderlich. (Die Modelle werden vom Mechaniker Herbst, Berlin, Krautstr. 26 angefertigt.) 5. Wasserstoffentwicklung durch Zink aus saurer Kupfersulfatlösung.

Prof. Dr. SCHWALBE trug vor zur Methodik des Experiments. Im Anschluss an die Abhandlung über Versuche mit flüssiger Kohlensäure und comprimiertem Sauerstoff (d. Z. IX 1 und 57) erörterte der Vortragende die verschiedenen Wege, die Experimente zu gruppieren. Der gewöhnlichste Weg ist: 1. Die Experimente dem systematischen Gange des Unterrichts in einem Abschnitte anzuschließen; die Experimente gruppieren sich um die darzulegende Thatsache oder das betreffende Gesetz. So wurde eine grosse Zahl von Versuchen über Oberflächenspannung, Schaumbildung u. s. w. zusammengestellt. 2. Das Experiment gruppiert sich um einen Apparat, eine bestimmte Vorrichtung, und von diesem aus werden die Erscheinungen aus verschiedenen Gebieten vorgeführt, die später leicht in den einzelnen Abschnitten verwertet werden können. Als Beispiel können die Grundversuche mit dem Elektroskop oder die Versuche mit Loosers Thermoskop dienen. 3. Die Experimente gruppieren sich um einen bestimmten Körper: Versuche mit flüssiger Kohlensäure, comprimiertem Sauerstoff. — Auf Grund solcher Einzelbilder indessen die Pensen und das bisherige System aufzulösen, erscheint nachteilig; leicht könnte dadurch ein zusammenhangloses Auffassen einzelner Thatsachen begünstigt werden; wohl aber kann man diese Gruppierungen als ausgezeichnetes Mittel für Repetitionen (Repetitionsexperimente) benutzen. Auch der Weg dürfte zur Methodik des Experiments zu zählen sein, dass von einigen wenigen sorgfältig ausgewählten Grundexperimenten aus ein Überblick über einen ganzen Abschnitt zur Darlegung der Disposition desselben gegeben wird. Besonders einfach und klar lässt sich dies bei der Wärmelehre und dem Galvanismus durchführen, aber auch für alle anderen Abschnitte ist dieser Weg im Unterricht benutzt und sehr gut bewährt gefunden. — Welchen Weg man aber auch gehen mag, immer ist gleichzeitig geboten, die Beziehungen der Thatsachen zum Leben, zur Technik, zur Natur zu berücksichtigen, ohne dass diese Betrachtungen Zweck werden dürfen. Die wissenschaftliche Methode, die Anleitung zum Denken, zum Schliessen muss bleibend die Grundlage sein. Auch der Abweg ist zu verwerfen, dass jede neu entdeckte Thatsache, oder die neuesten Anschauungen der Wissenschaft, die oft selbst dem Verständnis der Studierenden schwer zugänglich sind, zum Mittelpunkt des Unterrichts jüngerer Schüler gemacht wird. — Es wurde dann eine Anzahl Gruppierungen von Experimenten erörtert, die als Beispiele für die verschiedenen Verwertungen des Experiments dienen können: Diffusion der Gase, Verwendung des Manometers, Versuche mit der Luftpumpe, optische Täuschungen, Elektrolyse u. s. w. Auch wurde eine Reihe von Versuchen mit dem Rebenstorffschen Farbenthermoskop (d. Heft S. 227) vorgeführt, ferner Versuche mit manometrischen Flammen, Zeichnungen für optische Täuschungen u. dgl. m.

Prof. Dr. SCHWALBE sprach ferner über geologische Versuche in der Schule. Die Versuche wurden in folgende Gruppen geteilt: 1. Versuche zur Demonstration vulkanischer (geothermischer) Erscheinungen: Geysire, Entstehung von Vulkanbergen, Stosswirkung auf lockere Massen, Erdbeben. 2. Versuche über die Wirkung des Wassers in den verschiedenen Aggregatzuständen und den Einfluss der Atmosphärien: Verwitterung, Lösung, mechanische Wirkungen, Tropfenwirkungen, Suspension, Sedimentierung, Absetzungen, Tropfstein u. s. w. 3. Versuche über äolische Wirkungen: Dünen, Abschleifungen. 4. Versuche, die Wirkung der Organismen auf die Bildung der Erdoberfläche zu zeigen:

Humusbildung, Lignitbildung. 5. Geognostische Versuche: Einfluss von Druck auf Verschiebungen, Verwerfungen u. s. w. 6. Petrogenetische Versuche: Bildung von Gyps, Sinter, verschiedenen Mineralien. Die Versuche selbst wurden nicht vorgeführt und sollen demnächst in dieser Zeitschr. veröffentlicht werden.

Prof. N. ZUNTZ sprach über die Beziehungen zwischen Stoffumsatz und Arbeitsleistung des menschlichen Körpers. Es wurde entwickelt, wie man die Grösse der geleisteten Arbeit sowohl eines isolierten Muskels als auch eines arbeitenden Menschen genau messen kann, während man gleichzeitig den behufs Leistung der Arbeit erfolgten Stoffumsatz seiner Grösse nach misst und die durch diesen Stoffumsatz entwickelte Energie feststellt. Im einzelnen wurden vorgeführt: 1. Contraktiles Zellprotoplasma, Muskulatur an der Harnblase des Frosches, quergestreifte Muskeln. 2. Flimmerbewegung an der Schleimhaut des Froschschlundes. 3. Galvanis Muskelzuckung ohne Metalle. 4. Wirkung von Induktionsschlägen auf den Nerven. 5. Muskelcontraktion durch chemische Reizung des Nerven (Kochsalz). 6. Graphische Aufzeichnung des Verlaufs der Muskelzuckung. 7. Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenprinzips. 8. Kreislauf in der Schleimhaut eines curarisierten Frosches. 9. Einfluss des Sauerstoffs auf das Spectrum einer Blutlösung. 10. Farbenänderung des Blutes und Zusammenhang mit der Lichtreflexion durch die Blutkörperchen. 11. Analyse des Blutgases unter Benutzung der Pflügerschen Blutgaspumpe. 12. Mikroskopische Demonstration der Lungenalveolen und des Blutgefässnetzes in ihnen. 13. Mechanik des Füllens und Entleerens der Lungen. 14. Messung der Ausatemluft unter verschiedenen Umständen und deren Analyse. Berechnung der Menge Sauerstoff, die zur Leistung einer bestimmten Arbeit verbraucht wird. Hieraus und aus dem mit dem Harn entleerten Stickstoff wird berechnet, wieviel Eiweiss, Fett und Kohlehydrat verbraucht ist. 15. Bestimmung der Verbrennungswärme der umgesetzten Nährstoffe mittels der Berthelotschen Bombe. 16. Demonstration einer von einem Motor bewegten Tretbahn zur Leistung einer vorgeschriebenen Arbeit an derselben Stelle. —

Prof. Dr. WALDEYER gab eine Übersicht des Nervensystems. Behandelt wurde der Bau der Nervenfasern und Nervenzellen. Als Nerveneinheit oder Neuron wird eine Zelle mit einem Ausläufer von sehr excessiver Ausdehnung (bis 1 m) bezeichnet. Aus etwa einer Milliarde solcher Neuronen besteht das gesamte Nervensystem. An der Hand eines reichen Anschauungsmaterials wurden darauf das cerebrospinale und das sympathische Nervensystem in den Einzelheiten ihres Baues beschrieben. —

Mit dem Ferienkursus verbunden war endlich eine Reihe von Besichtigungen und ein Besuch der Braunkohlengruben in Gross-Räschchen (Niederlausitz), worüber die Naturwissensch. Wochenschrift ebenfalls ausführlichere Mitteilungen bringt.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 18. Mai 1896. Herr R. Lüpke beschrieb das chemische Aktinometer von Maréchal (*L'éclairage électrique* VI 445, 540, 588; 1896). Es besteht aus einem Galvanometer und einer galvanischen Zelle, in der sich zwei Kupferplatten befinden, von denen die eine blank, die andere durch Erwärmen oxydiert, auf der Rückseite mit Paraffin, auf der Vorderseite mit Gelatine überzogen und in Malachitgrün getaucht ist. Der Elektrolyt ist Jodkalium. Die Zelle, die in einem Holzkasten mit entfernbare Vorderwand stand, polarisierte sich bald. Als die Vorderwand entfernt und die Zelle mit einer Magnesiumlampe belichtet wurde, entstand ein dauernder Strom, der an dem Vertikalgalvanometer einen erheblichen Ausschlag bewirkte, und dessen elektromotorische Kraft der Intensität der Lichtquelle proportional war. Der Vortragende gab eine Erklärung der Strombildung, wies auf die Verwendung des Aktinometers zur Prüfung von Lichtquellen und zur Messung der Sonnenstrahlung hin und berichtete über einige Versuche, bei denen in dem Aktinometer durch intermittierende Belichtung Wechselströme erzeugt und durch ein Telephon nachgewiesen wurden. — Alsdann hielt derselbe einen Vortrag über Wassergas. Er stellte Wasserstoff dar, indem er Wasserdampf das eine Mal über stark erhitztes Eisen, das andere Mal über stark erhitztes Magnesium leitete. Dann zeigte er in einem Vorlesungsversuch die Darstellung von Wassergas, indem er in einer eisernen Röhre Kohlen erhitzte und erst Sauerstoffgas (Heissblasen) und dann Wasserdampf (Kaltblasen) darüber strömen liess. Er erläuterte die technische Gewinnung des Wassergases und wies auf seine Giftigkeit, hohe Verbrennungswärme, Carburierung, technische Verwendung, Billigkeit und wirtschaftliche Bedeutung hin. Er verwandelte die nichtleuchtende Flamme des Wassergases in eine leuchtende sowohl durch Carburieren mit Petroleumäther und Acetylen, als auch durch den Magnesiakamm von Fahnehjelm.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Apparat zu Versuchen mit Strömen hoher Wechselzahl nach Tesla und Thomson.

Von E. Leybolds Nachfolger in Köln.

Um diese Versuche in kleinerem Maassstabe anzustellen, genügt ein Funkeninduktor von 5 cm Funkenlänge, der durch den Strom einer Batterie von 4—6 Bunsen-Elementen oder eben so vielen Accumulatorzellen in Thätigkeit gesetzt wird; die Zellen werden hintereinander geschaltet, so dass die Spannung 8—12 Volt beträgt. Der Induktionsstrom dieses Funkeninduktors dient zum Laden einer Leydener Flasche (L), deren Entladungen (bei e) die Ströme von sehr hoher Wechselzahl liefern. In den Entladungsstromkreis der Leydener Flasche kann die primäre Rolle des Transformators T bei A und B eingeschaltet werden. Dieser muss vorzüglich isoliert werden; man legt ihn daher in eine Glaswanne und überschichtet ihn mit gut ausgekochtem Rüböl, sodass nur die Enden der sekundären Rolle, welche von der primären durch eine starke Hartgummiröhre getrennt ist, herausragen. Diese werden mit den Klemmen des Entladers E verbunden, zwischen dessen Kugeln man Funken bis 5 cm Länge erreichen kann, indem man die Funkenstrecke bei e entsprechend reguliert.

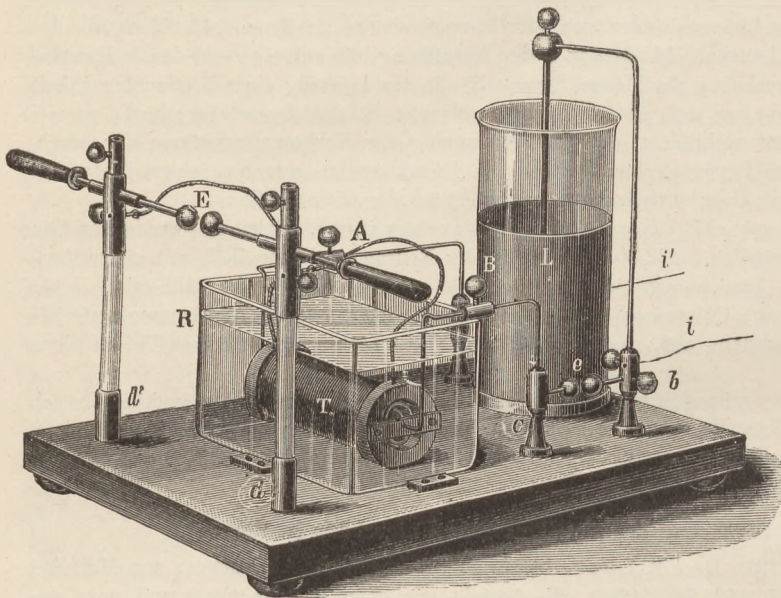


Fig. 1.

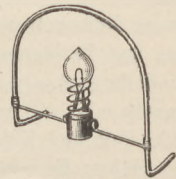


Fig. 2.

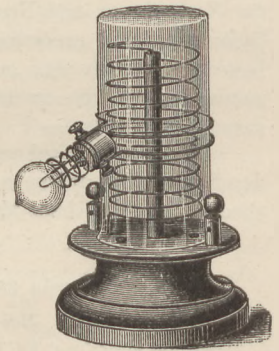


Fig. 3.

Die Versuche müssen in einem völlig verdunkelten Raume stattfinden: 1. Man verbinde eine der beiden beigegebenen Glühlampen mit den Polklemmen der sekundären Spirale. Die Lampe leuchtet nicht. — 2. Man verbinde den Funkeninduktor mit der Leydener Flasche und achte darauf, dass die Funkenstrecke bei e ca. $1\frac{1}{2}$ mm betrage. Alsdann werden die Klemmschrauben A und B mit der Lampe verbunden, und diese leuchtet. — 3. Man verbindet die Polschrauben des Entladers E einerseits mit den Klemmschrauben A und B und anderseits unter sich durch den Kupferbügel Fig. 2. Die Kugeln des Entladers zieht man so weit als möglich auseinander, sodass die Ströme durch den Bügel gehen, und legt alsdann die Zuleitungsdrähte der Lampe an den Bügel an. Die Lampe leuchtet intensiv, trotzdem durch den Bügel ein Kurzschluss gebildet wird (Impedanz). — 4. Man schaltet zwischen A und B den Apparat Fig. 3 ein. Dieser besteht aus einer dicken Drahtspirale von etwa 10 Windungen, welche den Entladungsstromkreis der Leydener Flasche bilden. Der darüber gestürzte Glaszylinder trägt eine Drahtspirale von nur 2 Windungen, welche durch eine Glühlampe zu einem Stromkreis geschlossen wird. Infolge der durch die primäre Spirale in der Nebenspirale erzeugten Ströme leuchtet die am Cylinder befestigte Lampe hell auf (Transformation). Der Cylinder wird demnächst entfernt und eine zweite Glühlampe mit den beiden äusseren Windungen der grösseren Spirale verbunden; es tritt helles Aufleuchten der Lampe ein. — 5. Die Enden der inneren Drahtspirale des Transformators T werden mit den Klemmen A und B , die Enden der äusseren Spirale mit den Klemmen des Entladers, wie Fig. 1 zeigt, verbunden. Zwischen den auf 5 cm genäherten Kugeln des Entladers erblickt man

blendend helle Funken und starke Lichtbüschel unter bedeutender Ozonbildung. Bei genügender Verdunklung beobachtet man bei ganz auseinander gezogenen Kugeln an allen Metallteilen des Entladers, sowie an den aus dem Ölbad hervorragenden, mit dem Entlader verbundenen Leitungsdrähten ein starkes Ausstrahlen von Elektrizität in den umgebenden Raum. Die Metallteile des Entladers kann man ohne Schaden mit der Hand berühren, da die Wechselströme von sehr kurzer Periode nur die Oberfläche des Körpers passieren. Nimmt man noch in die andere Hand eine Geisslersche Röhre, so leuchtet sie. — 6. Alle Verbindungen bleiben wie vorher. Auf eine Säule des Entladers *E* wird die Messingplatte *P*, wie Fig. 4 zeigt, aufgesetzt. Die verschiebbaren Teile des Entladers werden ganz entfernt; die Platte *P* ist also nur mit einem Pole verbunden und vertritt die Stelle eines Conductors, von welchem elektrische Wellen in den Raum ausgehen. Nähert man diesem Conductor eine Geisslersche oder Teslasche Röhre, so leuchtet dieselbe auf, und zwar um so intensiver, je näher man sie an den Conductor heranbringt. — 7. Man versieht den Entlader *E* mit zwei starken, kreisförmigen Kupferdrähten von ungleichem Durchmesser, die sich in derselben Ebene befinden, und von denen der grössere den kleineren umgiebt. Der Zwischenraum zwischen den Kreisen erscheint mehr oder weniger erleuchtet, oder auch von einzelnen hellen Funken durchzogen. Das Aussehen dieser Lichtströmungen ist abhängig von der Wechselzahl der Ströme.

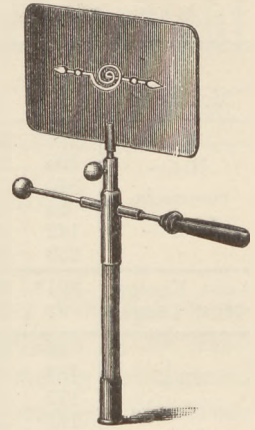


Fig. 4.

(Näheres in der Schrift „Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz“ von Etienne Fodor, revidiert und mit Anmerkungen versehen von Nic. Tesla. Leipzig, A. Hartleben.)

Der Preis der in Fig. 1 bis 4 abgebildeten Apparate beträgt M. 145, für die beiden in No. 7 beschriebenen Kupferdrahtkreise M. 5. Auch werden Apparate für Versuche in grösserem Maassstabe, mit Funkeninductoren von 20—30 m Funkenlänge und Battereien von 4—6 grossen Leydener Flaschen geliefert.

Correspondenz.

Zu dem Aufsatz von Fr. C. G. Müller über den Röhrenausdehnungsapparat (Heft 4, S. 161) teilt Herr W. MERKELBACH mit, dass die Verwendung von Röhren zur Bestimmung der linearen Ausdehnung zuerst von A. Weinhold in den „Physikal. Demonstrationen“ angegeben sei, doch habe er statt der von Weinhold benutzten Projektion mittels des Skioptikons die zwischen Spitzen laufende Zeigerwalze, die eine stärkere Vergrösserung der Ausdehnung ermögliche, in Anwendung gebracht.

Zur Verwendung des Baryumplatincyanürschirms (Heft 4, S. 194) teilt Herr Prof. E. WARBURG mit, der Versuch sei ihm nur insofern erwähnenswert erschienen, als speziell der von Kahlbaum (Berlin) für Versuche mit Röntgenstrahlen gefertigte, hauptsächlich aus Baryumplatincyanür bestehende Schirm sich auch für ultravioletes Licht hochempfindlich gezeigt habe.

Über die Herstellung der Kahlbaumschen Fluorescenzschirme werden von der Fabrik (Berlin SO., Schlesische Str. 35) folgende nähere Angaben gemacht: Die auf den Rahmen gespannte Papierfläche wird mit einer starken Gelatinelösung gleichmässig bestrichen und durch eine passende Siebvorrichtung die abgewogene Menge Baryumplatincyanürs aufgetragen. Die fertigen Schirme werden schliesslich mit einer mehrfachen Schicht eines durchsichtigen Lackes überzogen. Die sämtlichen Prozesse sind im Grunde sehr einfach, lassen sich aber zur Zufriedenheit nur mittelst geeigneter maschineller Einrichtungen so ausführen, dass das Ergebnis stets gleichmässig ist.

Über Versuche mit Hittorfschen Röhren teilt Herr E. BENDER (Städt. Rg. Gera) Folgendes mit: Beim Anfassen einer Vakuumröhre (Crookesche Kreuzröhre, No. 9 der Kataloge) traten Ströme auf, die gleich Teslaströmen beim Einschalten zweier Personen elektrodenlose Vakuumröhren zum Leuchten brachten. Die Röhre scheint hierbei wie eine Leydener Flasche zu wirken und dadurch die für Teslaströme nötige hohe Wechselzahl zu erzeugen. Die Erscheinung ist von der Verdünnung in der Vakuumröhre abhängig. Verwendet wurde ein Rühmkorff mit Quecksilberunterbrecher von einer Funkenlänge bis 18 cm.

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1896.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☽ Konjunktion, □ Quadratur, ☾ Opposition.

| Monatstag | September | | | | | | Oktober | | | | | | | |
|---|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|---|
| | 1 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 | 1 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 | 31 | |
| Helio- centrische Längen. | 246° | 260 | 274 | 289 | 304 | 321 | 341 | 4 | 30 | 60 | 92 | 122 | 149 | ♀ |
| | 195 | 203 | 211 | 219 | 227 | 235 | 243 | 251 | 259 | 267 | 275 | 283 | 291 | ♀ |
| | 340 | 344 | 349 | 354 | 359 | 4 | 9 | 14 | 19 | 24 | 29 | 34 | 39 | ♁ |
| | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 45 | 48 | 50 | 53 | 56 | 59 | ♂ |
| | 142 | 142 | 142 | 143 | 143 | 144 | 144 | 144 | 145 | 145 | 146 | 146 | 146 | ♃ |
| | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 231 | 231 | 231 | 231 | 231 | 231 | ♄ |
| Aufst. Knoten. | 324° | 323 | 323 | 323 | 323 | 322 | 322 | 322 | 321 | 321 | 321 | 321 | 320 | ☾ |
| Mittl. Länge. | 87 | 153 | 219 | 285 | 351 | 57 | 113 | 189 | 255 | 320 | 26 | 92 | 158 | ☾ |
| Geo- centrische Rekt- ascensionen. | 80° | 151 | 219 | 294 | 353 | 49 | 118 | 185 | 261 | 329 | 23 | 86 | 153 | ☾ |
| | 183 | 189 | 194 | 198 | 201 | 202 | 200 | 196 | 192 | 189 | 191 | 195 | 201 | ♀ |
| | 175 | 181 | 187 | 192 | 198 | 204 | 209 | 215 | 221 | 227 | 234 | 240 | 246 | ♀ |
| | 161 | 166 | 170 | 175 | 179 | 184 | 188 | 193 | 197 | 202 | 207 | 211 | 216 | ☉ |
| | 68 | 71 | 73 | 76 | 78 | 81 | 83 | 84 | 86 | 87 | 88 | 89 | 89 | ♂ |
| | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 156 | 157 | 158 | ♃ |
| | 222 | 223 | 223 | 224 | 224 | 224 | 225 | 225 | 226 | 227 | 227 | 228 | 228 | ♄ |
| Geo- centrische Dekli- nationen. | +28° | +11 | -21 | -24 | -0 | +24 | +23 | -6 | -28 | -12 | +14 | +28 | +10 | ☾ |
| | -2 | -6 | -8 | -11 | -12 | -13 | -12 | -10 | -6 | -3 | -3 | -4 | -7 | ♀ |
| | +3 | +1 | -2 | -4 | -7 | -9 | -12 | -14 | -16 | -18 | -20 | -21 | -23 | ♀ |
| | +8 | +6 | +4 | +2 | +0 | -2 | -3 | -5 | -7 | -9 | -11 | -13 | -14 | ♂ |
| | +21 | +21 | +22 | +22 | +22 | +23 | +23 | +23 | +23 | +24 | +24 | +24 | +24 | ♂ |
| | +14 | +14 | +13 | +13 | +13 | +12 | +12 | +12 | +11 | +11 | +11 | +10 | +10 | ♃ |
| | -14 | -14 | -14 | -14 | -15 | -15 | -15 | -15 | -15 | -15 | -16 | -16 | -16 | ♄ |
| Aufgang. | 17 ^h 15 ^m | 17.23 | 17.31 | 17.40 | 17.48 | 17.57 | 18.5 | 18.14 | 18.23 | 18.32 | 18.41 | 18.50 | 18.59 | ☉ |
| | 10 ^h 6 ^m | 17.0 | 24.44 | 4.27 | 5.34 | 6.45 | 11.29 | 19.1 | 0.59 | 3.23 | 4.15 | 6.50 | 13.24 | ☾ |
| Untergang. | 6 ^h 45 ^m | 6.34 | 6.22 | 6.10 | 5.58 | 5.46 | 5.34 | 5.23 | 5.11 | 5.0 | 4.49 | 4.39 | 4.29 | ☉ |
| | 3 ^h 35 ^m | 6.3 | 7.19 | 12.4 | 18.18 | 24.19 | 3.28 | 4.47 | 7.22 | 13.45 | 19.42 | 0.11 | 3.25 | ☾ |
| Zeitgleh. | -0m 18s | -1.56 | -3.39 | -5.24 | -7.10 | -8.54 | -10.32 | -12.2 | -13.22 | -14.30 | -15.24 | -16.1 | -16.19 | ☉ |

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

| | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|------------------|-----------|------------------------------------|------------------|
| September 7 | 2 ^h 36, ^m 9 | Neumond | Oktober 6 | 11 ^h 11, ^m 9 | Neumond |
| - 8 | 9 | Mond in Erdnähe | - 6 | 18 | Mond in Erdnähe |
| - 13 | 17 3,2 | Erstes Viertel | - 13 | 3 41,0 | Erstes Viertel |
| - 21 | 11 43,1 | Vollmond | - 20 | 19 | Mond in Erdferne |
| - 23 | 16 | Mond in Erdferne | - 21 | 5 10,9 | Vollmond |
| - 29 | 14 52,1 | Letztes Viertel | - 29 | 4 14,3 | Letztes Viertel. |

Constellationen. September: 4 11^h ♃ in Sonnenferne; 5 19^h ♃ ☾ ☾, 8 11^h ♀ ♂ ☾; 9 1^h ♀ ♂ ☾; 11 6^h ♄ ☾ ☾; 13 0^h ♃ in grösster östlicher Ausweichung; 22 2^h ☉ in der Waage, Herbstnachtgleiche; 28 10^h ♂ ☾ ☾. — Oktober: 3 15^h ♃ ☾ ☾; 6 18^h ♃ ♂ ☾; 8 7^h ♀ ♂ ☾; 8 9^h ♃ untere ♂ ☾, wird Morgenstern; 8 19^h ♄ ☾ ☾; 15 9^h ♀ ♂ ♄, ♀ 2^o 25' südlicher; 18 11^h ♃ in Sonnennähe; 23 23^h ♃ in grösster westlicher Ausweichung; 26 5^h ♂ ☾ ☾; 31 9^h ♃ ☾ ☾.

Aufgang der Planeten. Sept. 15: ♃ 20^h 20^m, ♀ 19.20, ♂ 9.10, ♃ 15. 5, ♄ 22.29.
Okt. 16: 17 8, 21. 3, 7.44, 13.37, 20.45.

Untergang der Planeten. Sept. 15: 6 34, 6.48, 1.34, 5.35, 7.59.
Okt. 16: 4 42, 5.51, 0.30, 3.43, 6. 5.

Veränderliche Sterne. Algols-Minima: Sept. 5^d 15^h, 8^d 12^h, 11^d 9^h; 25^d 17^h, 28^d 14^h; Okt. 1^d 10^h, 4^d 7^h, 15^d 18^h, 18^d 15^h, 21^d 12^h, 24^d 9^h, 27^d 6^h; alles M.E.Z. — Minimum von λ Tauri: Sept. 3^d 12^h, leidlich gut zu beobachten; sonst in diesen beiden Monaten kein Minimum sichtbar. — Zu den für Juli und August genannten Sternen treten in den späten Abendstunden noch ζ und η Gem-norum; α und δ Orionis.

J. Plassmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.