

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1900.

**Die experimentelle Behandlung der gleichförmig beschleunigten
Bewegung im Unterricht.**

Von

Dr. W. Elsässer in Charlottenburg.

Der experimentellen Behandlung der gleichförmig beschleunigten Bewegung im physikalischen Unterrichte liegen zum größten Teil zwei Apparate als Veranschaulichungsmittel zu grunde: die Galilei'sche Fallrinne und die Atwood'sche Fallmaschine. Während die konstruktive Einfachheit des einen ihn mehr zur Verwendung in der Unterstufe befähigt, bleibt der andere durch die Vielseitigkeit der Zwecke, denen er dient, im Wesentlichen der Oberstufe vorbehalten. Beide zeichnen sich durch eine verhältnismäßige Einfachheit der Handhabung und durch bequemes Überwachen der einzelnen Vorgänge aus, im besonderen ist die Atwood'sche Fallmaschine ein so geeignetes Demonstrationsmittel im Hörraum, daß es kaum ein Schulkabinet geben dürfte, zu dessen Inventar dieser Apparat nicht gehörte. Den unleugbaren Vorzügen der erwähnten Apparate steht indessen als ein gewisser Mangel gegenüber, daß man bei ihrer Benutzung gezwungen ist, die Beobachtung jedesmal auf einen einzelnen, bestimmten Zeitpunkt zu beschränken, daß man nicht in der Lage ist, die innerhalb eines gewissen Zeitabschnitts eintretenden Zustandsänderungen auf einmal zu übersehen und zu vergleichen, und so ein anschauliches Bild von dem ganzen Verlauf der Bewegung zu gewinnen. Dem hat man in der mannigfaltigsten Weise durch Anwendung der graphischen Methode abzuhelpen sich bemüht, aber keiner der vielen Apparate, die unter Benutzung dieses Principes seit Morin konstruiert wurden — ich erinnere an die von Lebourg, Bourbouze, Lippich, Pfaundler — hat sich rechten Eingang in die physikalischen Schulkabinette verschaffen können, trotzdem die Anschaulichkeit der Darstellung durch sie nicht unwesentlich erhöht wird. Dies mag zum großen Teil darauf zurückzuführen sein, daß die betreffenden Apparate, wenn sie sicher funktionieren sollen, nicht immer einfach konstruiert sind; die Exaktheit der Führung der Schreibvorrichtung oder ihrer Unterlage, die Überwindung der Reibungswiderstände u. s. w. machen Complicierungen erforderlich, die eine entsprechende Erhöhung des Preises zur Folge haben und daher die Anschaffung erschweren. Es kommt hinzu, daß die Mehrzahl dieser Apparate nicht universell genug ist; sie erlauben nicht, die vielfachen Beziehungen zu verfolgen, die sich zwischen Masse, Kraft und Beschleunigung an der Atwood'schen Fallmaschine so leicht darlegen lassen. Es erschien mir daher nicht überflüssig, einen Apparat zusammenzustellen, der bei leichter Handhabung und einfacher Konstruktion die wesentlichsten Eigentümlichkeiten der Atwood'schen Fallmaschine mit den Vorzügen verbindet, welche die graphischen Apparate aufweisen. Dabei war es mir von besonderer Wichtigkeit, daß es mit Hilfe dieser graphischen Methode möglich wird, den Begriff der

ungleichförmigen Geschwindigkeit, der sonst für die experimentelle Behandlung nur schwer zugänglich ist, anschaulich zu entwickeln.

Als Maß für die ungleichförmige Geschwindigkeit dient der Quotient $\frac{ds}{dt}$, der aus $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ als Grenzwert hervorgeht, wenn die endlichen Größen Δs und Δt sich gleichzeitig und in Abhängigkeit von einander der Null nähern. Galilei begnügte sich noch damit, den Quotienten $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ selbst zur Definition heranzuziehen mit der Maßgabe, daß Δs und Δt sehr klein gewählt wurden. Die hierin liegende Ungenauigkeit kann in der That bei geeigneter Wahl der Hilfsmittel und genügender Kleinheit von Δs und Δt praktisch bedeutungslos gemacht werden. Die Atwood'sche Fallmaschine entzieht sich der Demonstration einer derartigen Erklärung, sie unterbricht, um die Geschwindigkeit zu bestimmen, die Bewegung an einem Punkte und stellt dadurch einen gleichförmigen Bewegungszustand her, welcher der Messung leicht zugänglich ist.

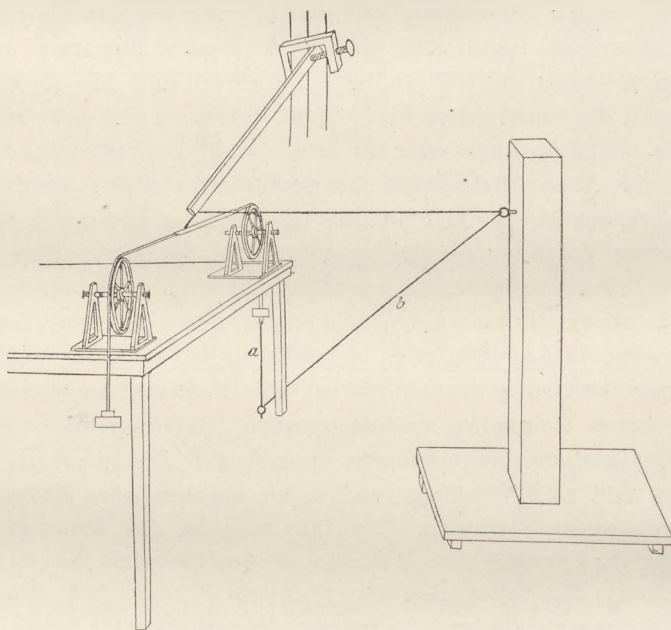


Fig. 1.

Dagegen läßt sich zwar principiell nichts einwenden, denn auch der Definition $v = \frac{ds}{dt}$ liegt, wenn man sie nicht rein mathematisch auffassen will, das Postulat einer gleichförmigen Bewegung in dem Zeitelement Δt zu Grunde, aber weder ist eine plötzliche Verwandlung von ungleichförmiger in gleichförmige Bewegung, wie sie bei der Atwood'schen Fallmaschine durch Abheben des Übergewichtes erzielt wird, allgemein ausführbar, noch kann die vollständige Änderung des Charakters der Bewegung als ein besonderer Vorzug angesehen werden. Demgegenüber darf man es der graphischen Methode als didaktischen Vorzug anrechnen, daß sie die Möglichkeit bietet, ohne Änderung des Bewegungscharakters und der wirkenden Kräfte den Begriff der variablen Geschwindigkeit anschaulich zu machen und mit einer Genauigkeit zu bestimmen, welche die der anderen Apparate durchweg mindestens erreicht.

Die Einrichtung des Apparates (Fig. 1) und das Verfahren, welches zur Bestimmung der Geschwindigkeit dient, ist aus der folgenden Beschreibung ersichtlich.

Zwei gut ausbalanzierte und in Spitzen laufende Fallmaschinen-Räder aus Aluminium (Durchmesser 9 cm) sind in der Weise abgeändert, daß statt der peripherischen zur Schnuraufnahme bestimmten Rinne ein glatter Rand von $2\frac{1}{2}$ –3 mm Breite bleibt. Die Achsenlager der Räder werden an zwei gegenüber liegenden Stellen einer Tischplatte in einer Entfernung von 40–50 cm so aufgesetzt, daß sie über den Rand des Tisches etwas hinausragen und daß die horizontale Rad-Axe der Tischkante parallel läuft. Nachdem die Räder in die Axenlager eingesetzt sind, werden die letzteren so eingestellt und festgeschraubt, daß die beiden Rad-Ebenen zusammenfallen.

Über den Rand der beiden Räder wird dann ein schmales, vollkommen biegsames, fest und gleichmäßig gewebtes Seidenband von $2\frac{1}{2}$ mm Breite (das schmalste erhältliche Seidenband) aufgelegt, das bis zur halben Entfernung vom Fußboden auf beiden Seiten herunterhängt und an den Enden gleiche Gewichtsstücke trägt. Je 50 g sind ein passendes Gewicht für die anzustellenden Versuche. Dann schneidet man aus den dünnen Glasplatten, die zum Herstellen der mikroskopischen Deckgläser benutzt werden (0,2 mm Dicke) und die in der Größe 10:10 cm in den Handel kommen, Streifen von 6–7 mm Breite und beruht dieselben. An den Enden ihrer Unterseite werden sie mit einer sehr geringen Menge Klebstoff versehen und dann auf das Band aufgelegt, sodaß sie in horizontaler Lage fest auf der Unterlage haften. Als schwingende Körper dienen ein 75 cm langer, 1 cm breiter und 3 mm dicker Holzstab, der am Ende fest in einer Schraubzwinge eingeklemmt wird, die an einer erhöhten Stelle angebracht ist, damit der Stab unter einem nicht zu kleinen Winkel gegen den horizontalen Glasstreifen geneigt ist; ferner eine Normal-Stimmgabel, die von der physikalisch-technischen Reichsanstalt auf 870 Halbschwingungen geacht ist. Beide tragen eine Schreibvorrichtung derart, daß an ihrem Ende ein kurzes und schmales Streifchen weichsten Bandstahls so befestigt wird, daß seine Ebene senkrecht zur Schwingungsebene des Stabes bzw. der Gabel gerichtet ist. Am Ende des Stahlstreifens ist die Spitze einer Nähnadel befestigt. Diese Spitze wird so eingestellt, daß sie den beruhten Glasstreifen ohne Druck berührt, die Bewegung erfolgt dann sicher und zuverlässig und die Reibung der Spitze gegen die Glasfläche ist äußerst gering. Man geht nun zu folgenden Versuchen über:

1. Bestätigung des Gesetzes der Fallräume.

Will man das Gesetz der Fallräume veranschaulichen, so ist die Stimmgabel entbehrlich. Auf beiden Seiten werden an das Ende des Seidenbandes gleiche Gewichte angehängt und in gleicher Entfernung vom Fußboden eingestellt. Eins der Gewichte trägt an der Unterseite einen Haken. (*a*, Fig. 1). Genau vertikal unter demselben wird in den Fußboden ein kleiner Messingring eingeschraubt. Seitlich vom Ende des schwingenden Stabes ist an besonderem Stativ in gleicher Höhe mit dem Stabende in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ bis 1 m ein zweiter Ring angebracht. Nun wird an dem Haken *a* ein dünner Zwirnfaden angeknüpft, zunächst durch den unteren, dann durch den seitlichen Ring gezogen und endlich an dem Stabende so befestigt, daß der Faden senkrecht gegen den Holzstab gerichtet ist. Legt man dann auf das Gewicht, welches nicht den Faden trägt, ein Übergewicht, so wird der ganze Faden gespannt und es läßt sich durch Verschieben des seitlichen Ringes leicht erreichen, daß beide Gewichte wieder in gleicher Höhe sich befinden. Nach Auflegen des Glasstreifens wird die Nadelspitze gegen den Anfang des Streifens gerichtet. Durch die Spannung des Fadens wird zu gleicher Zeit das Ende des Holzstabes etwas

zur Seite gezogen. Stärke des Stabes und Gröfse des Übergewichtes sind so zu wählen, daß die Ausbiegung klein bleibt und keinesfalls über den Glasstreifen hinaus geht. Stellt man jetzt die Spitze so ein, daß die Rufschrift von ihr durchschnitten wird, und brennt den Faden an einem Punkte, am besten bei b durch, so erhält man auf dem Glasstreifen eine Wellenlinie, welche die Gesetze der Fallräume sehr genau zu verfolgen gestattet. Bevor der Faden gespannt wurde, hat man den Glasstreifen einmal unter der Spitze hergezogen und so eine gerade Linie erhalten, welche die Mittellinie der Wellenkurve darstellt und der Ruhelage des schwingenden Stabes entspricht. Die Auslösung durch Abbrennen des Fadens ist präzise und der Anfang der Bewegung ist vollkommen scharf zu erkennen. Es dient zur weiteren Vereinfachung des Apparats, daß ein besonderer Zeitmesser hier überflüssig ist, da es zur Bestätigung der Gesetze nicht auf ein vorgeschriebenes Zeitintervall ankommt. Man wählt daher die Schwingungszeit des Stabes als Zeiteinheit und hat in dem Synchronismus der Schwingungen ein bequemes Mittel, gleiche Zeitintervalle abzugrenzen. Eine Wellenlänge entspricht dann jedesmal der Zeit einer Schwingung, und die Feststellung der in den einzelnen Zeitabschnitten zurückgelegten Wege ergibt mit großer Genauigkeit das Verhältnis der ungeraden Zahlen. Die nachstehende Kurve (Fig. 2a) wurde erhalten bei Belastung von je $50\frac{1}{2}$ g und 20 g Übergewicht:



Fig. 2a.

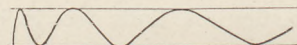


Fig. 2b.

Bei 25 g Übergewicht ist die Wellenkurve etwas weiter auseinander gezogen (Fig. 2b).

Die Länge der 1. Welle ist hier 3,65 mm. Zur Demonstration werden die Glasstreifen in einen Projektionsapparat eingesetzt und die Kurven in passender Vergrößerung auf einen Schirm geworfen. Bei Bestimmung der absoluten Länge empfiehlt es sich, einen Glasmaßstab mit mm-Teilung mit zu projizieren und zwar in der Weise, daß eine 10-fache Vergrößerung erzielt wird; die Projektionsteilung deckt sich dann mit einer vorher auf den Schirm gezeichneten cm-Teilung (mit Unterteilung in mm); $\frac{1}{10}$ mm lassen sich auf diese Weise noch genau bestimmen.

2. Bestimmung der Geschwindigkeit.

Der Quotient $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ bestimmt den Wert der Geschwindigkeit um so genauer, je kleiner Δt und damit Δs gewählt werden. Nimmt man daher eine geachte Normalstimmgabel (435 Vollschrwingungen), so hat man eine Zeit von $\frac{1}{435}$ Sek., bei Benutzung von Halbschwingungen $\frac{1}{870}$ Sek., zur Verfügung. Genauer werden die Resultate bei Verwendung einer höheren Stimmgabel, z. B. von 1024 ganzen Schwingungen. Voraussetzung ist in beiden Fällen, daß die Stimmgabeln genau und zuverlässig geacht sind; eine von der physikalisch-technischen Reichsanstalt geachte Kammertongabel dürfte in jedem Kabinett vorhanden sein. Man befestigt nun an das eine Zinkenende einer solchen Gabel eine Schreibspitze von möglichst geringer Masse (die äußerste Spitze einer Nähnadel an einem schmalen Streifen Schreibpapier) und läßt, nachdem man vorher durch den schwingenden Holzstab die Kurve hat aufzeichnen lassen, auf einem anderen Glasstreifen unter denselben Verhältnissen die Stimmgabel ihre Kurve

aufzeichnen. Beide Gläser werden dann so zur Deckung gebracht, daß die Anfänge der Kurven genau zusammenfallen. An den Umkehrpunkten der bei 1) erhaltenen Wellen werden die Geschwindigkeitsbestimmungen ausgeführt. Δt ist durch die gewählte Stimmgabel festgelegt, Δs wird durch einen Glasmaßstab in der unter 1) angegebenen Weise auf Zehntel mm (durch Wiederholung des Verfahrens auf Hundertstel

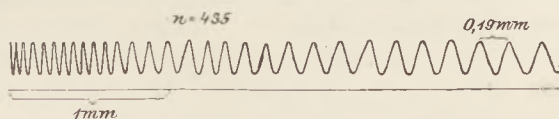


Fig. 3.

mm) genau bestimmt. Benutzt man die Kammertongabel, deren Tonhöhe durch die angebrachte Masse nicht merklich geändert wird, und die unter 1) verwandten Gewichte, so erhält man als Wert der Geschwindigkeit im Punkt 1: $v_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t} =$

$\frac{0,19}{1/435} \frac{\text{mm}}{\text{sek.}}$ (Fig. 3). Eine genauere Bestimmung mit Hilfe einer anderen Gabel ergibt

$v_1 = \frac{0,194}{1/435}$. Um die in 1) benutzte Zeiteinheit zu Grunde legen zu können, zählt

man die zwischen den Punkten 1, 2, 3 u. s. w. liegenden Stimmgabelwellen; es ergibt sich im Mittel, daß 31 Wellen auf diese Länge kommen, so daß also die als Zeiteinheit benutzte Schwingungszeit des Stabes $= \frac{1}{31/435}$ Sek. ist. Drückt man daher

Δt durch diese Zeiteinheit aus, so wird $v_1 = \frac{0,194}{1/31} = 6 \frac{\text{mm}}{\text{Z.E.}}$. Für die Geschwindigkeitswerte am Ende der folgenden Zeitintervalle und die bis dahin zurückgelegten Wege erhält man dann folgende Tabelle:

$s_1 = 3 \text{ mm.}$	$v_1 = 6 \frac{\text{mm}}{\text{Z.E.}}$
$s_2 = 12 \text{ -}$	$v_2 = 12 \text{ -}$
$s_3 = 27 \text{ -}$	$v_3 = 18 \text{ -}$
$s_4 = 48 \text{ -}$	$v_4 = 24 \text{ -}$

Hieraus ist zunächst erkennbar, daß die Geschwindigkeiten proportional den Zeiten wachsen; die Bewegung ist eine beschleunigte und zwar eine gleichförmig beschleunigte, da in gleichen Zeiten sich die gleiche Zunahme an Geschwindigkeit herausstellt. Die am Ende des 1. Zeitintervalls erhaltene Geschwindigkeitsmaßzahl ist doppelt so groß als die Maßzahl des bis dahin durchlaufenen Weges, die Wege in den einzelnen Zeitabschnitten sind den Quadraten der Zeiten proportional.

3. Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der bewegenden Kraft.

Nimmt man bei der Anordnung des vorigen Versuchs 5 g von dem Übergewicht fort und legt sie auf die andere Seite, so beträgt bei unveränderter Masse das jetzige Übergewicht 10 g. Die hierbei erhaltene Kurve (Fig. 4a) zeigt, daß die in denselben

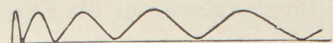


Fig. 4 a.

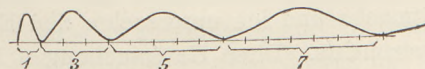


Fig. 4 b.

Zeiten zurückgelegten Wege die Hälfte der früheren betragen. Geschwindigkeit und Beschleunigung sind daher ebenfalls halb so groß wie bei Verwendung des Übergewichts von 20 g (Fig. 4b). In beiden Fällen sind zur Überwindung der gesamten

Reibung 0,9 g hinzuzufügen; der Luftwiderstand ist, da nur der Anfang der Bewegung in Betracht kommt, unbedeutend. Legt man zum Übergewicht 10 g von der anderen Seite, so hat man im ganzen ein Übergewicht von 30 g und erhält eine Kurve, die gegenüber der vorhergehenden das dreifache an Beschleunigung, Geschwindigkeit und Weg aufweist.

In derselben Weise läßt sich auch die Abhängigkeit von der Masse durch zwei entsprechende Wellenkurven demonstrieren.

Bestimmung der Schwerebeschleunigung g durch Photographie von Stimmgabelschwingungen.

Von

R. Kottenbach in Salzburg.

Die Schwerebeschleunigung g wird im Mittelschulunterricht gewöhnlich nur durch Beobachtung der Schwingungsdauer eines mathematischen Pendels näherungsweise bestimmt. Die Schwierigkeiten in der Ableitung der Formel $\tau = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ haben jedoch dem Schüler die Bedeutung der GröÙe g , die ja thatsächlich in dieser Formel kaum mehr zu erkennen ist, so weit entrückt, daß es vom didaktischen Standpunkt geboten erscheint, diese GröÙe auch durch einen andern Versuch zu ermitteln, der ihre Bedeutung möglichst unmittelbar erkennen läßt.

Ein solcher Versuch ist die Beobachtung einer Fallhöhe und der dazu erforderlichen Zeit, welche durch die Formel $h = \frac{g}{2} t^2$ verbunden sind, deren Herleitung die Bedeutung der GröÙe g immer in Evidenz hält¹⁾. Am bequemsten aber wäre es für den Schüler, dessen physikalische Auffassungskraft noch ungeübt und unentwickelt ist, das g gemäß seiner Definition als Zunahme der Geschwindigkeit in der Zeiteinheit direkt beobachten zu können. Dazu wäre erforderlich, daß die in möglichst kleinen gleichen Zeiten durchlaufenen Wege zur Anschauung gebracht werden, eine Forderung, welche durch das Phonogramm einer Stimmgabel auf einer frei vorbeifallenden Platte erfüllt wird.

Apparate zu Versuchen dieser Art sind von Laborde, Lippich, Müller, Raps u. a.²⁾ angegeben und konstruiert worden; es haften jedoch allen diesen Apparaten, auch jenen, bei welchen die Schreibplatte ganz frei fällt, zwei Fehlerquellen an, welche eine auch nur angenähert richtige Bestimmung von g unmöglich machen; einerseits wird nämlich durch die Reibung die freie Bewegung der Platte gehindert und andererseits die Schwingungszahl des Schreibstiftes geändert. Ich habe diese Versuche mit einer an der Stimmgabel befestigten Borste ausgeführt und regelmäÙig ein zu großes g und zu kleines n gefunden; dieses Resultat brachte mich auf den Gedanken, daß die Spitze der Borste die Schwingungen der Stimmgabel nicht einfach mitmache und ich untersuchte den Einfluß der Borstenlänge auf die Ergebnisse des Experiments. Diese Untersuchungen ließen über die Richtigkeit meiner Vermutung keinen Zweifel; die Borste muß wie jeder lineare Leiter, um die Schwingungen der Stimmgabel mitmachen zu können, eine ganz bestimmte Länge haben, voraus-

¹⁾ Vgl. P. Johannesson, die Bestimmung von g im Unterricht, d. Zeitschr. XII, 6.

²⁾ Vgl. auch O. Reichel, d. Zeitschr. V, 229, VI, 197.

gesetzt, dass das eine Ende völlig frei ist; nun wird aber diese Freiheit in völlig unberechenbarer Art beeinträchtigt, wenn die Borste mit der fallenden Platte in Berührung kommt; es müssen Interferenzen auftreten und von einem völlig isochronen Mitschwingen kann keine Rede mehr sein. Dieser Nachteil wird sich allerdings weniger geltend machen, wenn statt der Borste eine ziemlich breite Metallfeder verwendet wird. Bei einer solchen ist anzunehmen, dass sie genau die Schwingungen der Stimmgabel wiedergiebt; dagegen wird ihre größere Festigkeit zur Folge haben, dass die Reibung an der vorüberfallenden Platte wie eine Massenvergrößerung die Schwingungszahl der Stimmgabel vermindert. Diesen und noch manchen andern Schwierigkeiten und Mängeln suchte ich durch Anwendung eines möglichst wenig materiellen Schreibmittels, das aber doch die Schwingungen der Stimmgabel genau mitzumachen im Stande ist, abzuhefen. Die Versuche, die ich in dieser Richtung anstellte, führten mich unter anderm auch auf die Anwendung eines Flüssigkeitsstrahles, der aus einem sehr dünn ausgezogenen Glasröhrchen am Ende der schwingenden Stimmgabel hervordringt und die Schwingungen derselben auf die mit Filtrierpapier überzogene vorüberfallende Platte zeichnet. Die Versuchsergebnisse waren zwar wesentlich bessere, jedoch schien auch hier in einem gewissen Grade das zu gelten, was oben über die nicht genaue Übereinstimmung der Schwingungen des Schreibstiftes und der Stimmgabel gesagt wurde. Vom flüssigen Schreibstift ging ich endlich zu einem noch weniger materiellen Mittel über, indem ich einen an der Stimmgabel reflektierten Lichtstrahl die Schwingungen derselben auf einer lichtempfindlichen Platte aufzeichnen liess. Bevor ich an die Ausführung dieser Versuche ging, überzeugte ich mich, ob die unendlich kleine Expositionszeit (0,005—0,001 Sek.) genüge, um auf der lichtempfindlichen Platte ein deutlich wahrnehmbares Bild hervorzubringen und liess zu diesem Zwecke eine mit einem Filmstreifen überzogene Platte durch den Brennpunkt eines konzentrierten Sonnenstrahlenbüschels fallen. Es zeigte sich nach einigen Minuten Entwicklung ein intensiver schwarzer Strich auf dem Film; die Verwendbarkeit der Momentphotographie zu den in Rede stehenden Versuchen war damit erwiesen, es handelte sich nur mehr um die Anordnung derselben.

Die eine Zinke einer Normalstimmgabel wurde mit einem kleinen Glasspiegel versehen, der den Ton derselben, wie durch Schwebungen mit einer andern Normalstimmgabel konstatiert wurde, um fast genau 3 Schwingungen erniedrigte. Um dies zu vermeiden, empfiehlt es sich, das Ende der Stimmgabel blank polieren zu lassen, um es selber als Spiegel benutzen zu können.

Auf die Spiegelfläche wurde etwas schief das durch eine Linse konzentrierte Lichtstrahlenbüschel gerichtet, so dass die Strahlen nach der Reflexion etwa 25 cm vom Spiegel entfernt sich vereinigten; es muss also zur Concentration eine Linse von mindestens 50 cm Brennweite benutzt werden. Der Filmstreifen f (Fig. 1 Seitenansicht) wird in einen Rahmen ss aus Metall (4 cm $\times$ 15 cm) eingespannt; in dem oberen Rande dieses Rahmens ist ein Stahlstift a eingeschraubt, mittelst dessen der Rahmen in einer Klemmschraube kk befestigt werden kann. Die Klemmschraube befindet sich in einem Kästchen aus Pappe (3 cm $\times$ 6 cm $\times$ 20 cm), das oben und unten mit abhebbaren, lichtdicht schliessenden Deckeln versehen ist und aus welchem nur der Schraubenknopf der Klemmschraube hervorragt. Um eine seitliche Drehung des Rahmens beim

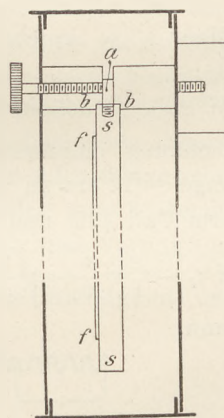


Fig. 1.

Auslösen desselben zu verhindern, ist die Klemmschraube mit einer 1 mm tiefen Nute bb versehen, in welche der Rand des Rahmens genau hineinpafst. Ist dieser massiv genug und reicht der Stahlstift nur ganz wenig in die Bohrung hinein, so genügt der leiseste Druck am Schraubenkopfe zur Auslösung, die also nahezu als eine momentane betrachtet werden darf. Das Kästchen wird nun an einem eisernen Ständer befestigt und so aufgestellt, daß der fallende Rahmen möglichst genau durch den Brennpunkt des konzentrierten Lichtstrahlenbüschels hindurch fällt. Unterhalb des Kästchens ist in entsprechender Entfernung zur Aufnahme des fallenden Rahmens ein etwas größerer Behälter aus Pappe aufgestellt, der ebenfalls lichtdicht geschlossen werden kann.

Der Versuch kann in jedem abgedunkelten Raume vorgenommen werden; ein vollkommener Ausschluss des zerstreuten Lichtes ist jedoch, wie sich zeigte, durchaus nicht notwendig.

Die große Länge des als Schreibstift fungierenden Lichtstrahles hat zur angenehmen Folge, daß die Amplituden der verzeichneten Schwingungen auch dann noch ziemlich bedeutend sind, wenn die Stimmgabel nur mehr schwach tönt, so daß man ohne Hast die Stimmgabel anstreichen, den unteren Deckel des Kästchens abnehmen und den Rahmen auslösen kann, ohne befürchten zu müssen, daß die Elongationen zu klein geworden seien.

Bevor der Versuch ausgeführt wird, hat man mit möglichster Genauigkeit die Entfernung zwischen dem unteren Rande des Filmstreifens und dem Lichtzeiger abzumessen. Nennen wir diese s_1 , und die Entfernung des oberen Randes vom Lichtzeiger s_2 , so ergibt sich aus $s_1 = \frac{g}{2} t_1^2$ und $s_2 = \frac{g}{2} t_2^2$ für die Zeit, in welcher der

Streifen den Lichtstrahl passiert $t_2 - t_1 = \sqrt{\frac{2}{g}} (V_{s_2} - V_{s_1})$. (Zur Vereinfachung der

Rechnung empfiehlt es sich also s_1 etwa = 4 cm und $s_2 = 16$ cm d. h. die Streifenlänge = 12 cm zu wählen.) Ist also die Schwingungszahl der Stimmgabel n (in unserm Fall 432) und die Anzahl der auf der Platte verzeichneten Schwingungen z , so

ist $t_2 - t_1 = \frac{z}{n} = \sqrt{\frac{2}{g}} (V_{s_2} - V_{s_1})$, woraus dann entweder g oder n berechnet werden kann.

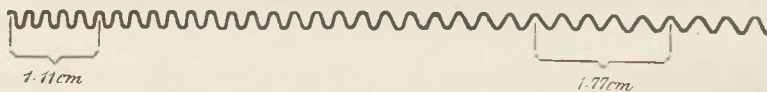


Fig. 2.

Bei der Aufnahme, die in Fig. 2 reproduziert ist, betrug $s_1 = 4,1$ cm $s_2 = 14,1$ cm, die Anzahl der verzeichneten Wellen $z = 33,7$; diese Werte ergeben, wenn $n = 432$ gesetzt wird für $g = 983,7$ cm, und umgekehrt für $g = 981$ cm $n = 431,5$.

Das Phonogramm kann aber noch in anderer Weise zu einer angenäherten Bestimmung von g verwendet werden, die in didaktischer Beziehung wertvoll ist, da hierbei die Beschleunigung gemäß ihrer Definition unmittelbar als Geschwindigkeitszuwachs in der Zeiteinheit beobachtet wird.

Der Schüler bemerkt nämlich an dem Phonogramm, daß die Längen der einzelnen Wellen nur sehr langsam zunehmen und daß eine ziemlich beträchtliche Anzahl aufeinanderfolgender Wellen nahezu gleich lang sind. Er wird daher ohne weiteres geneigt sein, den Quotienten zwischen einer nicht allzulangen Strecke und der zugehörigen Zeit als Geschwindigkeit für den Mittelpunkt dieser Strecke gelten

zu lassen, was ja von der Wahrheit nur wenig abweicht. Messen wir z. B. die Distanz zwischen der 1. und 5. Welle (1,11 cm) und ebenso diejenige zwischen der 26. und 30. Welle (1,77 cm) und dividieren durch die zugehörigen Zeiten $\left(\frac{5}{432} \text{ Sek.}\right)$, so erhalten wir die Geschwindigkeiten für die Mittelpunkte der beiden betrachteten Strecken mit ziemlicher Genauigkeit. Bilden wir die Differenz dieser beiden Geschwindigkeiten und dividieren sie durch die der Entfernung der beiden Mittelpunkte entsprechende Zeit d. h. $\frac{25}{432} \text{ Sek.}$, so erhalten wir für die Beschleunigung

$$g = (1,77 - 1,11) \frac{432}{5} \cdot \frac{432}{25} = 985 \text{ cm.}$$

Die Berechnung der Geschwindigkeit eines dritten Punktes und ihr Vergleich mit einer früher bestimmten würde die Konstanz der GröÙe g beweisen.

Da der Film bei gehöriger Entwicklung und Fixierung vollkommen durchsichtig wird, so eignet sich das Phonogramm auch ohne weiteres zur Vergrößerung und Projektion, die es ermöglichen, die etwas schwierigen Messungen der kleinen Längen bequem und genau und für ein größeres Auditorium sichtbar ausführen zu können.

Der Wert, den gerade die zuletzt angegebene Betrachtungsweise des Phonogramms, an dem sich so leicht die Wege und zugehörigen Zeiten ablesen lassen, für didaktische Zwecke hat, ist unverkennbar. Die schwierigen Begriffe von momentaner Geschwindigkeit und constanter Beschleunigung werden durch das Phonogramm in anschaulichster Weise illustriert und können durch dasselbe in unmittelbarster und einfachster Weise klar gelegt werden. — Wenn außerdem die GröÙen n und g noch durch andere Versuche (Sirene, Pendelversuch) mit thunlichster Genauigkeit bestimmt wurden, so wird der Versuch mit der fallenden Platte, der diese beiden GröÙen in Beziehung zu einander bringt, und dessen Methode von derjenigen der beiden andern ganz und gar verschieden ist, dem Schüler als Controllversuch sehr willkommen sein. Die vollkommene Übereinstimmung der Versuchsergebnisse bei gänzlich verschiedenen Versuchsmethoden bietet ihm die Gewähr für die Zweckmäßigkeit und Vernünftigkeit unserer Definitionen $\left(v = \lim. \frac{s_1 - s}{t_1 - t}, g = \lim. \frac{v_1 - v}{t_1 - t}\right)$ und die Richtigkeit der aus ihnen gezogenen Folgerungen. $\left(s = \frac{g}{2} t^2, \tau = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}\right)$

Zur Geschichte der Fallmaschine.

Von

Dr. K. Schreber in Greifswald.

Vor einiger Zeit wurde ich von Herrn Prof. R. Malagoli in Modena brieflich darauf aufmerksam gemacht, daß ein Apparat von der gewöhnlich „Atwoodsche Fallmaschine“ genannten Art schon 30 Jahre vor Atwood von einem Deutschen zu Versuchen benutzt worden ist. Da diese jedenfalls in Deutschland besonderes Interesse erregen werden, so will ich im Nachfolgenden etwas ausführlicher über sie berichten, als das Herr Prof. Malagoli in seiner Arbeit¹⁾ gethan hat.

¹⁾ Malagoli: Die Atwoodsche Fallmaschine und ihre Anwendung zur Bestimmung von „ g “. Mem. d. Soc. d. Spettroscopisti Italiani. 28, 1899.

Im Jahre 1751 erschien in Leipzig: „Entwurf einer Theorie der Überwucht, durchgeführt und an einwandfreien Experimenten geprüft von C. G. Schober.“ In diesem nur 80 Seiten umfassenden Büchelchen sind die angeführten Experimente beschrieben. Ich habe dasselbe von der Universitätsbibliothek zu Göttingen erhalten können.

Schober stellt sich die Aufgabe, die Geschwindigkeit zu berechnen, mit welcher sich ein Hebel oder eine ähnliche einfache Maschine bewegt, wenn an dem einen Arm eine Kraft angreift, während an dem anderen eine Last hängt. Kraft sowohl wie Last sind dargestellt durch Massen, welche der Schwere unterworfen sind. Soll die Bewegung in der Richtung der Kraft stattfinden, so muß die dieser entsprechende Masse größer sein, als die der Last entsprechende. Diese, der Differenz der Massen entsprechende Kraft nennt Schober die „Überwucht.“

Die Beschleunigung, mit welcher die Bewegung am gleicharmigen Hebel geschieht, findet Schober gegeben durch die Gleichung

$$x = \frac{ng}{m+n}$$

g , die Beschleunigung beim freien Fall, setzt er gleich 30 Fufs.

Nachdem dann Schober diese Gleichung auf eine Reihe von Aufgaben angewandt, und sie auch für den Fall erweitert hat, daß der Hebel ein ungleicharmiger ist, geht er zur Beschreibung der Versuche über, mit denen er die entwickelten Gleichungen geprüft hat. Diese sind im Jahre 1746 im Salzbergwerke von Wielizka bei Krakau in Gegenwart des Bergrates Borlach²⁾ in einem Schacht von 220 Fufs Tiefe angestellt.

„Die Schnur, welche ich dazu gebrauchte, war von weißem Zwirn, 4drühtig geflochten, 446 Fufs lang und wog 8 Loth.

„Die Rolle war von hartem Holz, $2\frac{1}{6}$ Zoll im Durchmesser, hatte eine stählerne Achse von $\frac{1}{12}$ Zoll Durchmesser und wog 1 Loth $1\frac{1}{2}$ Quentchen. Das Zapfenlager war von Horn, welches vorher etwas geröstet war, und die Gewichte beide cylinderförmig 4 Zoll lang, inwendig hohl und wogen jedes 2 R Köllnisch.

„Damit immer auf beiden Seiten gleich viel Schnur sei, ging dieselbe unten durch das eine Gewicht hindurch und war an den Boden des anderen wieder angehängt.

„So hingen also auf jeder Seite 64 Loth Gewichte und 4 Loth Schnur, zusammen 68 Loth; wozu ich auf die Seite des niedergehenden Gewichtes wegen der Reibung 1 Loth zugelegt hatte.“

Schober stellte mit jedem Übergewicht zwei Versuche an. Um jeden noch doppelt ausnutzen zu können, machte er auf die Schnur, 54 Fufs vom Anfang entfernt, einen roten Flecken. Er beobachtete dann die Zeit, welche nötig ist, damit sich die Gewichte bei einem bestimmten Übergewicht um 54 und 216 Fufs bewegten und erhielt folgende Resultate.

n	t_1	t_2	t_r	t'_1	t'_2	t'_r
$\frac{1}{2}$	31	30	31	68	70	63
1	23	22	22	48	49	44
$1\frac{1}{2}$	18	19	19	38	39	36
2	15	16	16	34	34	31
$2\frac{1}{2}$	14	14	14	30	31	28
3	13	12	12	27	28	25

n ist das Übergewicht in Loth,

t_1 und t_2 die bei 54 Fufs,

t'_1 und t'_2 die bei 216 Fufs beobachteten Zeiten in Sekunden,

t_r und t'_r die aus der Formel

$$t = \sqrt{\frac{2s(2m+n)}{n \cdot g}}$$

berechneten Zeiten.

²⁾ Nach: Kästner, Anfangsgründe der höheren Mechanik. 1766.

Da die Schnur, trotzdem sie geflochten war, sich unten verwickelte, so legte Schober unten im Schacht durch dieselbe einen glatt gehobelten Stab. Dadurch sind wahrscheinlich, wie er meint, die Abweichungen bei der grossen Fallstrecke zu erklären, obgleich er auch die Möglichkeit erwähnt, daß durch die schnellere Bewegung der Widerstand der Luft eine grössere Einwirkung erlangt.

Darauf stellt Schober Versuche an, um die für ungleicharmige Hebel entwickelte Formel zu prüfen. Bei diesen Versuchen legte ein bestimmtes Gewicht mit Hilfe einer, einem Flaschenzug ähnlichen Vorrichtung, einen viermal so grossen Weg zurück, wie ein anderes viermal so schweres. Auch diese Versuche bestätigen ihm seine Formel. Da die Fallmaschinen derartige Versuche nicht ermöglichen, sollen sie nicht weiter beschrieben werden.

Die Reibung ermittelte Schober experimentell: Er sah sie für eine constant wirkende Kraft an, ähnlich der Schwere, welche also durch ein vorher zu bestimmendes Gewicht überwunden werden konnte: Er berechnete sich nach seiner oben gegebenen Formel für ein bestimmtes Übergewicht die Zeit, welche für eine gewisse Fallstrecke nötig sei, und legte dann auf das sinkende Gewicht noch so viel auf, bis die Beobachtung die berechnete Zeit ergab. Das was mehr aufgelegt war, als das in Rechnung gezogene Übergewicht, betrachtete er als zur Überwindung der Reibung nötig.

Sieht man von der Vorrichtung zum Abheben des Übergewichtes ab, so erkennt man aus den eben beschriebenen Versuchen Schobers, daß der soviel im Unterricht benutzte Apparat zur Demonstration der Fallgesetze eine deutsche Erfindung ist.

Die graphische Darstellung der Bewegung auf schiefer Ebene mit Reibung.

Von

Herm. Wilda in Bremen.

Die Bewegung auf schiefer Ebene mit Reibung läßt sich in sehr einfacher Weise graphisch veranschaulichen und diese Darstellung ergibt eine sehr klare Übersicht der in Betracht kommenden Bewegungsvorgänge.

1. Befindet sich (Fig. 1) auf einer unter dem $\angle \alpha$ geneigten schiefen Ebene ein Massenpunkt m vom Gewicht G , so bleibt m so lange im Ruhezustande, als $\angle \alpha < \angle \varphi$, wenn φ die Grösse des Reibungswinkels darstellt. Hat der Massenpunkt m das Bestreben, sich unter dem Einfluss einer unter dem Winkel β geneigten Kraft P die schiefe Ebene hinaufzubewegen, so bildet die Reaktion R der schiefen Ebene auf m mit der Senkrechten Nm zu AB einen Winkel $\gamma m N = \angle \varphi$, ebenso sei $\angle N m x = \angle \varphi$. Das Massenteilchen m steht dann unter dem Einfluss der Kräfte G , R und P und für den Gleichgewichtszustand gilt bekanntermassen:

$$\frac{P}{G} = \frac{\sin \gamma m g}{\sin \gamma m p} = \frac{\sin (180 - (\alpha + \varphi))}{\sin (90 - (\beta - \varphi))}$$

$$\frac{P}{G} = \frac{\sin (\alpha + \varphi)}{\cos (\beta - \varphi)}$$

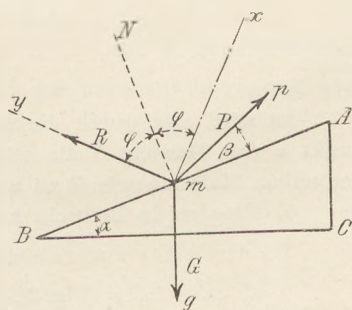


Fig. 1.

Für die aufwärts gerichtete Bewegung gilt demnach:

$$P \cos (\beta - \varphi) = G \sin (\alpha + \varphi). \quad (1)$$

2. Für die abwärts gerichtete Bewegung des Massenteilchens m gilt (Fig. 2)

$$\frac{P}{G} = \frac{\sin \gamma m g}{\sin \gamma m p} \quad \text{oder da } \angle \gamma m g = 180 + (\alpha - \varphi) \text{ und } \gamma m p = -[90 - (\alpha + \varphi)]$$

$$\frac{P}{G} = \frac{-\sin (\alpha - \varphi)}{-\cos (\beta + \varphi)} = \frac{\sin (\alpha - \varphi)}{\cos (\beta + \varphi)}$$

Zur Theorie des Foucaultschen Pendels.

Von

Dr. A. Schmidt in Friedenau.

I.

Die Unzulänglichkeit der verbreiteten Art der Herleitung für die Formel des Foucaultschen Pendels $\beta = \alpha \sin \varphi$ ist kürzlich von REHDANS nachgewiesen worden (s. diese Zeitschrift XIII 111). Man darf bei der Ableitung auf die angebliche Parallelität der Schwingungsebene oder -tangente gar nicht eingehen, sonst kann man die Geltung der Formel $\beta = \alpha \sin \varphi$ nur für unendlich kurze Zeit nachweisen. Man kann diese Geltung auch nicht durch Integration auf beliebige Zeiten ausdehnen, weil man über den Fehler, den man dabei begeht, gar kein Urteil gewinnt.

VAHLEN (s. diese Zeitschrift XII 110) hat eine bessere und sehr einfache Methode gezeigt, deren Kern der Gedanke ist, das Pendel statt auf dem Parallelkreis von A nach B auf einem größten Kreis oder Stücken von solchen Kreisen zu bewegen.

Dabei gilt der Satz, daß der Winkel, den die Schwingungstangente des Pendels mit einem größten Kreis bildet, sich nicht ändert, wenn man es auf ihm entlang führt. Wenn

die Schwingungsebene mit der des größten Kreises zusammenfällt und wenn beide auf einander senkrecht stehen, so ergibt er sich durch Anschauung, kann also als Grundsatz behandelt werden. Wenn sie beide beliebig gegeneinander geneigt sind, so kann man den Satz für diese Lage ganz streng aus diesen beiden einfachsten Fällen herleiten.

VAHLEN benutzt in seiner Arbeit das Dreieck ABN (Fig. 1), teilt es durch die Halbierungslinie des Winkels bei N in zwei rechtwinklige und erhält daraus (er setzt $AN = 90^\circ - b$, $\angle ANB = dt$; γ ist der Winkel zwischen dem Parallel- und größten Kreis AB)

$$\operatorname{tg} \gamma = \sin b \operatorname{tg} \frac{dt}{2},$$

folglich wegen der Kleinheit der Winkel $2\gamma = dt \sin b$. Dazu liefert ihm das als eben betrachtete Dreieck ACB (der größte Kreis AC steht senkrecht zur Schwingungstangente, die mit AN den Winkel α , mit BN den Winkel β bildet; BC senkrecht auf AC . Die Buchstaben α und β in der Figur hängen hiermit nicht zusammen.) die Gleichung $90 - \beta + 2\gamma + \alpha = 90$, also $2\gamma = \beta - \alpha$ und darum

$$\beta - \alpha = dt \sin b.$$

Nimmt man den oben angegebenen Satz zu Hülfe, daß der Winkel zwischen der Schwingungstangente und dem größten Kreis sich bei einer Bewegung des Pendels auf diesem entlang nicht ändert, so kann man es von A nach B auf dem in der Figur gestrichelten größten Kreis führen und erhält mit Hülfe des Cosinussatzes aus dem Dreieck BFG (dabei sei der Kreis $FGGE$ der Äquator und die Bezeichnung: $BF = q$, $\angle ANB = \alpha$, also $FG = R - \frac{\alpha}{2}$, $\angle ABC = \gamma$. $\angle BGF$ sei $\varphi + \epsilon$, CBE ist der größte Kreis, der in B den Parallelkreis berührt):

$$\sin \gamma = \sin \frac{\alpha}{2} \sin (\varphi + \epsilon).$$

Daraus folgt für kleine Werte von α wieder $2\gamma = \alpha \sin \varphi$, wo nun direct 2γ die Richtungsänderung des Pendels gegen den Meridian ist.

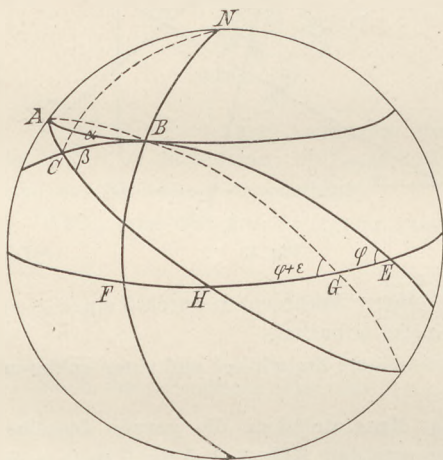


Fig. 1.

Ebenso kommt man einfach zum Ziel, wenn man das Pendel auf den beiden größten Kreisen entlang führt, die in A und B den Parallelkreis berühren. Dann ist die Richtungsänderung gleich dem Winkel β , den diese beiden größten Kreise mit einander bilden ($\angle ACB$ in der Figur, wobei aber der größte Kreis AC jetzt in anderer Lage aufgefaßt wird, als es vorhin geschehen ist). Hierfür liefert das Dreieck NBC , in dem $\angle CNB = \frac{\alpha}{2}$, $\angle NBC = R$, $\angle NCB = R - \frac{\beta}{2}$, $BN = R - q$ ist:

$$\cos R - \frac{\beta}{2} = \sin \frac{\alpha}{2} \cos R - \varphi \text{ oder } \sin \frac{\beta}{2} = \sin \frac{\alpha}{2} \sin \varphi$$

folglich für unendlich kleine Werte von α :

$$\beta = \alpha \sin \varphi.$$

(Ähnlich liefert $\triangle CEH \cos \beta = \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi \cos \alpha$ u. s. w.)

Hierbei darf man auch durch Integration zu endlichen Werten fortschreiten, denn jetzt kommt man nach unendlich kurzer Zeit zu der Lage, die das Pendel wirklich hat; bei der Voraussetzung der Parallelität der Schwingungstangente oder -ebene ist man aber nach unendlich kurzer Zeit der wirklichen Lage nur unendlich nahe und hat kein Urteil darüber, ob die Summe dieser unendlich vielen unendlich kleinen Fehler endlich groß ist, oder nicht.

II.

Will man endlich bei Gelegenheit des Foucaultschen Pendels auf die Coriolissche Kraft¹⁾ eingehen, so kann man folgendermassen verfahren (Fig. 2).

Wenn eine Scheibe, in der ein rechtwinkliges Coordinatensystem gezogen ist, um das auf ihr im Anfangspunkt O dieses Systems errichtete Lot mit der Winkelgeschwindigkeit ϑ rotiert, und wenn eine Kraft von gegebener Richtung und Gröfse einen Körper mit der Geschwindigkeit v von P nach Q zu bringen strebt, so sind Zusatzkräfte erforderlich, um den Körper in der vorgeschriebenen Bahn zu halten. Während er von P nach Q sich bewegt, dreht sich seine Bahn mit der Scheibe, so dafs sein Weg im absoluten Raum von P nach Q_1 geht. Dann ist erstens eine Centripetalbeschleunigung erforderlich, die ihn in der Zeit t von

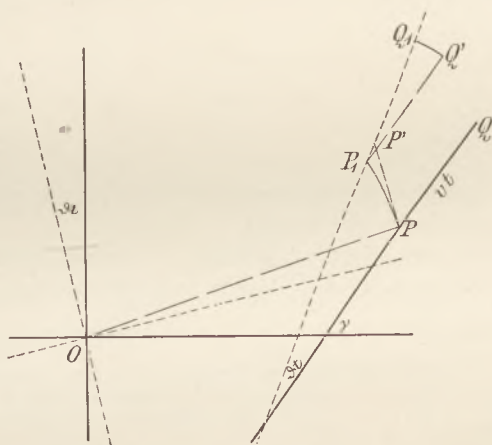


Fig. 2.

P' nach P_1 bringt ($\angle OPP' = R$, $OP = OP_1 = \varrho$). Nun ist $OP' = \frac{\varrho}{\cos \vartheta t}$, also $P_1 P' =$

$$\frac{q}{\cos \vartheta t} - q = \frac{2q \sin^2 \frac{\vartheta t}{2}}{\cos \vartheta t}, \text{ und für kleine Werte von } t$$

$$P_1 P' = \frac{1}{2} \varrho \, \mathfrak{F}^2 t^2.$$

Folglich ist die Centripetalbeschleunigung g (nach der Formel $s = \frac{1}{2} g t^2$).

Die treibende Kraft brächte ihn nun von P_1 nach Q' ($P_1 Q' = vt$), es muß ihn darum eine zweite Zusatzkraft von Q' nach Q_1 bringen. Dieser Weg ist $vt \vartheta t$ (Kreisradius vt , Centriwinkel ϑt), und die erforderliche Beschleunigung darum $2v\vartheta$.

Diese beiden Resultate $\varrho \mathfrak{P}^2$ und $2v \mathfrak{P}$ geben die Sätze:

1. Bei der Rotation muß die Centripetalbeschleunigung $\rho \vartheta^2$ den Körper dem Mittelpunkt zuführen, wenn er im Kreise bleiben soll, oder: er entfernt sich mit der Centrifugalbeschleunigung $\rho \vartheta^2$ vom Mittelpunkt.

¹⁾ Vgl. M. Koppe, Die Coriolissche Kraft, d. Zeitschr. X, 16.

2. Bei der Rotation muß ihn die Beschleunigung $2v\vartheta$ senkrecht zu seiner Bahn im Sinne der Rotation vorwärts bringen, wenn er seine Bahn inne halten soll, oder: er bleibt mit der Beschleunigung $2v\vartheta$ senkrecht zu seiner Bahn gegen die Richtung der Rotation zurück.

Diese Beschleunigung aber stammt von der Coriolisschen Kraft.

Dabei ist es gleichgültig, ob v constant oder veränderlich ist. Im letzteren Fall ändert sich die Coriolissche Beschleunigung mit v , im anderen ist sie constant.

Findet die Bewegung nicht auf einer Scheibe, sondern auf einer Kugel (Erde) in der Breite φ statt, so kommt von v nur die in die Ebene des Parallelkreises fallende Componente in Betracht. In Fig. 3 sei H die Horizontalebene des Ortes O , P die des Parallelkreises. Statt $v = OA$ kommt $v' = OB = v\sqrt{1 - \cos^2 \varepsilon \cos^2 \varphi}$ in Betracht. Die Coriolissche Beschleunigung liegt in der Richtung OF , ihre in die Horizontalebene fallende Componente sei OD . Die Figur lehrt, daß, wenn $OF = v'$ gesetzt wird, $OD = v \sin \varphi$ ist. Ist nun $OF = 2v'\vartheta$, so ist $OD = 2v\vartheta \sin \varphi$. Ferner lehrt das Dreieck ODE , daß $\angle DOE = \varepsilon$, darum $DO \perp AO$ ist. D. h.: Bewegt sich ein Punkt auf der Erde in der Breite φ mit der Geschwindigkeit v unter dem Winkel ε gegen den Meridian, so bewirkt die Coriolissche Beschleunigung $2v\vartheta \sin \varphi$ eine Drehung der Bahn des Punktes.

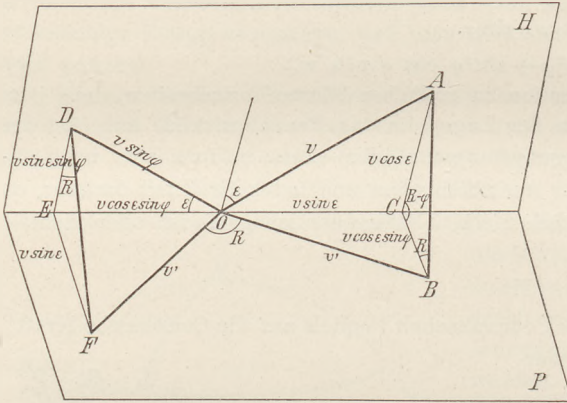


Fig. 3.

III.

Für die Kenntnis der Bahn des bewegten Körpers hat man dann zunächst folgende analytische Herleitung:

Bei allen Bewegungen, bei denen v constant ist und deren Richtung mit der Abscissenachse den Winkel γ bildet, sind die Componenten der Geschwindigkeit

$$1. \quad dx = v \cos \gamma dt \text{ und } dy = v \sin \gamma dt.$$

Die Coriolissche Kraft liefert die Componenten der Beschleunigung

$$2. \quad d^2x = -2v\vartheta \sin \varphi \sin \gamma dt^2 \text{ und } d^2y = 2v\vartheta \sin \varphi \cos \gamma dt^2$$

(dabei ist d^2x negativ, weil diese Kraft den Körper zurücktreibt).

Dagegen sind die aus der Coriolisschen Kraft stammenden Geschwindigkeitscomponenten mit t unendlich klein gegen die aus v stammenden und darum zu vernachlässigen. Folglich kann gesetzt werden

$$3. \quad \frac{d^2x}{dt^2} = -2\vartheta \sin \varphi \frac{dy}{dt} \text{ und } \frac{d^2y}{dt^2} = 2\vartheta \sin \varphi \frac{dx}{dt}.$$

Durch Multiplikation mit $2 \frac{dx}{dt}$ und $2 \frac{dy}{dt}$ und Integration findet man daraus

$$4. \quad \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = \text{const.}^2)$$

Die Geschwindigkeit des Körpers bleibt unverändert v .

²⁾ Diese analytische Herleitung kann auch in gewissem Maße Schülern klar gemacht werden, indem man die Bezeichnung $\frac{dx}{dt}$ durch $X = \lim_{t_1=t_2} \frac{x_1 - x_2}{t_1 - t_2}$, $\frac{d^2x}{dt^2}$ durch $\lim_{t_1=t_2} \frac{X_1 - X_2}{t_1 - t_2}$ ersetzt.

Weiter ergibt sich durch Integration

$$\frac{dx}{dt} = -2\vartheta \sin \varphi y + p \quad \frac{dy}{dt} = 2\vartheta \sin \varphi x + q,$$

also

$$5. \quad \left(x + \frac{q}{2\vartheta \sin \varphi}\right)^2 + \left(y - \frac{p}{2\vartheta \sin \varphi}\right)^2 = \frac{v^2}{4\vartheta^2 \sin^2 \varphi},$$

d. h. der Körper bewegt sich auf einem Kreis mit dem Radius $\frac{v}{2\vartheta \sin \varphi}$ um den Mittelpunkt, dessen Coordinaten $x_0 = -\frac{q}{2\vartheta \sin \varphi}$, $y_0 = \frac{p}{2\vartheta \sin \varphi}$ sind. Dabei sind p und q die Componenten von v im Anfangspunkte des Systems.

Für die Richtungsänderung der Bahn erhält man, wenn man $\frac{dx}{dt} = v \cos \gamma$ nach γ differenziert und das Resultat mit 2. vergleicht (und dabei beachtet, daß $\frac{dv}{dt} = 0$ ist):

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -v \sin \gamma \frac{d\gamma}{dt} = -2v\vartheta \sin \varphi \sin \gamma, \text{ also}$$

$$6. \quad \frac{d\gamma}{dt} = 2\vartheta \sin \varphi.$$

Um die Drehung $\frac{d\gamma}{dt} = 2\vartheta \sin \varphi$ zu veranschaulichen, diene die Fig. 4. Die Bahn des

Körpers ist ABC , $AB = BC = vdt$, $CD = v\vartheta \sin \varphi dt^2$, $\angle CBD = d\gamma$. Die Componenten der Geschwindigkeit sind $BF = vdt \cos(\gamma + d\gamma)$ und $BE = vdt \cos \gamma$, also ist die der Beschleunigung $EF = v \sin \gamma dt \cdot d\gamma$. Das gilt alles für die Zeit dt ; die Werte für die Zeit 1 erhält man daraus, indem man beachtet, daß statt der in dt verlaufenden Änderung $d\gamma$ dann $\frac{d\gamma}{dt}$ zu setzen, und daß der von der Zeit herrührende Factor dt in vdt gleich 1 zu nehmen ist.

$EF = v \sin \gamma \frac{d\gamma}{dt}$. Da aber die ganze Beschleunigung $2v\vartheta \sin \varphi$ ist, und ihre der x -Achse

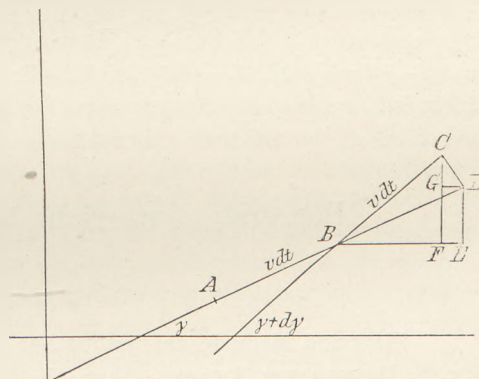


Fig. 4.

parallele Componente gleich $2v\vartheta \sin \varphi \sin \gamma$ ist, so folgt daraus $\frac{d\gamma}{dt} = 2\vartheta \sin \varphi$.

IV.

Beim Pendel ist v freilich nicht constant; man kann aber, wenn man sich auf unendlich kleine Schwingungen beschränkt, die treibende Kraft dem Abstände r des Pendelkörpers von seiner Ruhelage proportional setzen (cf. Jochmann § 61). Dann ergeben sich zwei weitere Componenten der Beschleunigung $\lambda x = -\frac{g}{l} r \cos \gamma$ und $\lambda y = -\frac{g}{l} r \sin \gamma$, wo $\lambda = -\frac{g}{l}$ eine Constante, g die Erdbeschleunigung, l die Pendellänge, γ der Winkel zwischen der Schwingungsrichtung und der x -Achse ist.

Man hat also jetzt

$$a) \quad \frac{d^2x}{dt^2} = -2\vartheta \sin \varphi \frac{dy}{dt} + \lambda x$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = 2\vartheta \sin \varphi \frac{dx}{dt} + \lambda y,$$

folglich

$$b) \quad x \frac{d^2y}{dt^2} - y \frac{d^2x}{dt^2} = \vartheta \sin \varphi \left(2x \frac{dx}{dt} + 2y \frac{dy}{dt} \right)$$

und durch Integration

rein mechanischen Seite der Arbeit sollen für diesen besonders auch die erziehlich allgemein wichtigen Gesichtspunkte (Saubерkeit, Ordnung, Sparsamkeit u. s. w.) maßgend sein. — So werde ich also kurz darlegen (ohne auf die gesamte „Praxis des chemischen Schullaboratoriums“¹⁾ einzugehen), in welcher Weise ich bisher die Oberrealschulprimaner an dem ersten Nachmittag im chemischen Laboratorium beschäftigt habe. Es handelt sich hier wesentlich um all die kleinen Handgriffe, welche der Student im Universitätslaboratorium als selbstverständlich sich sofort aneignet, die aber hier ausführlich behandelt werden, weil man erfahrungsgemäß für das Alter, in welchem der Schüler das Laboratorium betritt, durchschnittlich nicht wenig genug voraussetzen darf und weil man stets ausdrücklich verlangen muß, daß der Schüler sich von Anfang an klar wird, warum auch diese einfachsten Dinge so und nicht anders ausgeführt werden.

Die Ausrüstung eines jeden Arbeitsplatzes enthält folgende Gegenstände: ein Reagensglasgestell mit 8–10 Reagensgläsern, ein Kochfläschchen von 200 oder 250 ccm Inhalt, eine Literflasche, die später als Spritzflasche benutzt wird, einen Satz von drei Bechergläsern mittlerer Größe, einen Glasstab, zwei Porzellanschälchen, einen kleinen Porzellantiegel, zwei Trichter, einen Bunsenbrenner mit Luftregulierung und Lötrohreinsetz, ein Lötrohr mit Hornmundstück, einen Dreifuß, ein Drahtnetz, ein Drahtdreieck, eine Tiegelzange, ein Platinblech, einen Platindraht in Glasgriff, ein Stück Kobaltglas und eine Cylinderbürste zur Reinigung der Reagensgläser. — Nach Durchsicht und Benennung dieser aus dem früheren Unterricht schon bekannten Gegenstände wird

1. der Brenner mittels des Schlauches an der Gasleitung befestigt und das Gas entzündet. Das Streichholz wird nicht auf die Erde geworfen, sondern auf den Tisch gelegt, von wo es nach beendeter Arbeit beim Reinigen des Arbeitsplatzes entfernt wird. Dann wird darauf aufmerksam gemacht, daß die Gasflamme schon aus ökonomischen Gründen im allgemeinen nicht höher als 5–6 cm brennen darf. Braucht man dieselbe nur in größeren Pausen, so bringt man sie zum Leuchten und dreht sie dann ganz klein, um kein Gas zu verschwenden und doch das wiederholte Anzünden zu vermeiden. Mittels des Platindrahtes oder eines Streichholzes überzeugt sich jeder, daß im Kern der Flamme keine Verbrennung stattfindet, daß es also zwecklos ist, zu erhitzende Gegenstände in denselben zu bringen. (Daß und weshalb letzteres vor allem bei einem Platintiegel zu vermeiden ist, muß natürlich jedem Schüler bei der ersten Benutzung eines solchen eingeschärft werden.) Ferner wird der Unterschied und die Verwendung der leuchtenden und nicht leuchtenden Flamme, das Zurückschlagen der Flamme und die Vermeidung desselben erörtert. Besonders ist darauf aufmerksam zu machen, daß man das Zurückschlagen an dem unangenehmen (Acetylen-) Geruch erkennt und daß stets das Gas erst völlig abgedreht werden muß, ehe man von neuem anzündet. — Alle Manipulationen werden zuerst von dem Lehrer und dann von den Schülern ausgeführt.

2. Schmelzen und Biegen von Glas. Nun schneiden die Schüler mittels der Feile aus einem Glasrohr von entsprechender Weite Stücke von etwa 12 cm Länge und machen aus jedem derselben durch Ausziehen in der nicht leuchtenden Gasflamme je zwei Röhren für spätere Versuche. Dieselben sind nicht rund sondern spitz zuzuschmelzen, weil ein rund zugeschmolzenes Ende leicht zu dickwandig ist und beim Erhitzen oder auch schon beim Abkühlen springt. — Dann werden 2 Glasröhren von bestimmter Länge geschnitten, um aus ihnen nach gegebenen Mustern die beiden Röhren für die Spritzflasche herzustellen. Zu dem Zweck wird zuerst das längere Stück an einem Ende zu einer kurzen Spitze mit feiner Öffnung ausgezogen und darauf werden beide Röhren in entsprechenden Winkeln (etwa 60° und 120°) gebogen. Das Biegen erfolgt bekanntlich innerhalb der Flamme (und zwar am besten eines breiten Spaltbrenners), nachdem das Glas stark erweicht ist, damit die Biegung elegant wird, d. h. keine Verengung aufweist. Zum Schluß werden die Ränder der Röhren glatt geschmolzen, indem man sie schräg nach unten (warum?) in die Flamme hält.

¹⁾ Vergl. Brasack, Programm, Aschersleben 1892.

Während diese Operationen von einem Teil der Praktikanten ausgeführt werden, haben die anderen für die bereit stehenden Literflaschen passende — d. h. zunächst etwas zu weite — Korke auszusuchen, in der Korkpresse weich zu pressen und mit den nötigen Durchbohrungen zu versehen. Zu dem Zweck wählt man diejenige Nummer des Korkbohrers, die etwas enger ist als die einzuziehende Glasröhre. Die Löcher sind mit einer runden Feile nachzufeilen und auf die passende Weite zu bringen. Das Einschieben der Glasröhren in die Korke erfordert richtige Handhabung, damit erstere nicht zerbrechen und die Hand verletzen, denn die Röhren dürfen sich ja nicht leicht verschieben lassen, sondern müssen möglichst luftdicht sitzen. Aus praktischen und ästhetischen Gründen müssen sich schließlich die Biegungen der beiden Röhren in gleicher Höhe befinden, damit die schrägen Schenkel gleiche Richtung haben. Notwendig ist es, darauf aufmerksam zu machen, daß das Steigrohr nicht zu tief hinabreicht, weil sonst unfehlbar der Boden der Flasche durchstoßen wird. Schließlich werden dann die fertig gestellten Spritzflaschen mit destilliertem Wasser versehen und aus denselben in doppelter Weise Reagensgläser etwa zu $\frac{1}{3}$ mit Wasser gefüllt. — Ist man in der Lage, den neu eintretenden Praktikanten schon völlig armierte Spritzflaschen zu übergeben, so wird man sich auf einige Anweisungen für ihren Gebrauch beschränken können. (Es versteht sich wohl von selbst, daß man vorher für vollkommene Reinigung der gebrauchten Mundstücke ebenso Sorge zu tragen hat, wie für diejenige schon früher gebrauchter Lötröhre bezw. ihrer Mundstücke.) Meist aber werden wohl abgenutzte Korke und unpassende Röhren ersetzt werden müssen, sodaß es auch in diesem Falle zweckmäßig ist, diese instruktiven Operationen von sämtlichen Schülern ausführen zu lassen: es soll ja doch dieser Unterricht zugleich eine Art Handfertigungsunterricht sein. Geht dem chemischen Unterricht in der Prima ein physikalisches Praktikum, etwa in Obersekunda, voraus, so braucht man natürlich auf manches, was dort ausführlich behandelt wurde, nur wenig Zeit zu verwenden.

3. Lösen eines Salzes; Kochen im Reagensglase. Nun wird den Schülern gezeigt, wo und in welcher Ordnung die Pulvergläser mit den festen Reagenzien aufgestellt sind. (Im hiesigen Laboratorium ist jedes Fach an seiner Vorderkante mit einem Streifen bunten Glanzpapiers beklebt, die hinein gehörenden Gläser tragen unter ihren Etiquetten Streifen von derselben Farbe; außerdem befindet sich an jedem Fach ein Porzellanschild mit dem Namen des Elements, dessen Verbindungen sich in demselben finden.) Jeder Schüler bringt alsdann mittels eines kleinen Hornlöffels oder eines Blättchens Papier eine Messerspitze eines gepulverten Salzes, z. B. salpetersaures Blei, in ein reines, trockenes Reagensglas und füllt das letztere etwa zu $\frac{1}{3}$ mit dest. Wasser. Die Lösung erfolgt allmählich unter leichtem Umschütteln. Man beschleunigt dieselbe, indem man das Glas mit Daumen und Zeigefinger, ebenfalls unter zeitweiligem leichtem Schütteln (damit die Wand über der Flüssigkeit sich nicht zu stark erhitzt) in die Gasflamme hält. Die Flüssigkeit darf nur bis zu gelindem Kochen kommen, aber nicht stark aufwallen, da ja die Temperatur den Siedepunkt doch nicht überschreitet, wohl aber die Gefahr des Überkochens eintritt. Beim Kochen wird das Glas vom Körper weg so gehalten, daß etwa übergehende Flüssigkeit höchstens den Zeigefinger benetzen, nicht aber dem Experimentierenden in das Gesicht oder auf den Rock spritzen kann. Auch der Nachbar darf nicht gefährdet werden, was besonders bei beschränktem Raum zu beachten ist. Es wird ferner darauf aufmerksam gemacht, daß man dem Glase auch das Gesicht nicht zu sehr nähern darf (wozu besonders Kurzsichtige neigen), damit Gesicht und Augen nicht gefährdet werden. Streng zu untersagen ist die Unsitte, das Reagensglas im Halter über das Gesicht gegen das Licht zu halten. (Es ist wohl selbstverständlich, daß gesundheitliche Rücksichten stets streng zu beachten sind, vor allem beim Arbeiten mit Schwefelwasserstoff und Säuren). Überhaupt wird ein Reagensglashalter nur beim andauernden Kochen von hochsiedenden oder leichtschäumenden Flüssigkeiten benutzt. — Fließt etwas von der kochenden Flüssigkeit — auch aus einer Kochflasche etc. — in den Brenner, so darf man sich nicht mit dem Wiederanzünden der Flamme begnügen, sondern man hat den Brenner sofort auseinander zu schrauben und aussen und innen

gründlich zu reinigen und zu trocknen (mit einem Lappen oder mit Filtrierpapier): er würde sonst bald verrosten und unbrauchbar werden. Sauberkeit ist die erste Bedingung für das Arbeiten im chemischen Laboratorium.

4. Herstellung eines Niederschlages; Filtrieren. Wir schreiten jetzt zur Herstellung einer Fällung und zum Abfiltrieren derselben. Die Schüler nehmen nach dem Beispiel des Lehrers die betreffende Reagensflasche (also zur Fällung von Blei etwa eine Lösung von kohlsaurem Natron) in die rechte Hand und entfernen mit der linken Hand den Glasstöpsel. Sitzt derselbe zu fest, so versucht man ihn durch Drehen zu lockern oder dadurch, daß man mit dem Holzgriff einer Feile oder eines anderen leichten Instruments leicht gegen die Platte des Stöpsels schlägt. Hilft auch das nicht, oder hat der Stöpsel statt der flachen Platte einen aufrecht stehenden Griff, so hält man den Hals der Flasche unter Drehen kurze (warum?) Zeit über eine kleine Flamme. Manchmal kommt man sehr schnell zum Ziel, wenn man aus der Spritzflasche einige Tropfen Wasser zwischen Stopfen und Flaschenhals bringt und dann noch erwärmt. Man stellt dann den Stopfen umgekehrt auf den Tisch. Da man ihn niemals hinlegen darf (warum?) so ist man genötigt, einen Stopfen mit aufrechtem Griff, wie er bei älteren Formen noch vorkommt, mittels des Mittelfingers und vierten Fingers der rechten Hand so lange zu halten, bis die Flasche, welche man alsdann nur mit Daumen und Zeigefinger handhabt, wieder an ihren Platz gestellt wird. Das Reagensglas mit der zu fällenden Lösung erhebt man zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand so hoch, daß der Inhalt bequem von der Seite zu erkennen ist und setzt das Fällungsmittel tropfenweise hinzu. Gewöhnlich ist zu diesem Zweck vorher ein Anfeuchten des Flaschenhalses mit dem Stopfen nötig in der bekannten Weise, wie es beim Eintropfen von Arznei in Wasser etc. geschieht. Es ist strenge darauf zu halten, daß die Schüler schon auf die Wirkung des ersten Tropfens achten und nicht sofort eine große Portion zusetzen, ehe sie sich von dem Erfolg überzeugen, wie denn überhaupt darauf aufmerksam zu machen ist, daß der Grundsatz „Viel hilft viel“ für gewöhnlich beim chemischen Arbeiten nicht am Platze ist, sondern im besten Falle (z. B. bei Anwendung einer großen Menge der zu analysierenden Substanz) eine Zeitvergeudung bedeutet, häufig aber (wie bei der Untersuchung auf Aluminium mittels Ätznatrons) zu falschen Resultaten führt. Ganz falsch aber ist es, wie man häufig beobachten kann, das Reagensglas in der geschlossenen Hand zu halten und nach Gutdünken einen kräftigen „Schuß“ aus der Reagensflasche hinein zugießen, um hinterher zuzusehen, was aus der Sache geworden ist. Man muß auch in diesem Punkte die Schüler fortwährend kontrollieren, damit sie sich nicht die ganze Reaktion verderben. Ferner ist von vornherein stets zu verlangen, daß die Schüler sich vor Ausführung der Reaktion, so weit es ihre Vorkenntnisse ermöglichen, über den Verlauf derselben klar werden. — Nachdem unter zeitweiligem Umschütteln die Reaktion zu Ende geführt ist (Merkmal?), stellt man das Reagensglas in das Gestell. Der Stopfen ist sofort auf die Reagensflasche und diese an ihren Platz zu setzen, wie denn überhaupt Gebrauchsgegenstände, die für die allgemeine Benutzung bestimmt sind, stets sofort nach der Benutzung wieder genau an die dafür bestimmten Plätze gestellt werden müssen: Ordnung ist die zweite unerläßliche Bedingung bei chemischen Arbeiten.

Während sich der Niederschlag im Reagensglas absetzt, wird ein Filter („Filtrum“) geschnitten. Jeder Schüler teilt einen Bogen Filtrierpapier durch wiederholtes Zusammenfalten und Entzweireissen aus freier Hand (nicht auf dem Tisch oder mit der Scheere) in sechzehn gleiche Vierecke. Aus einem Blatt wird ein Filter hergestellt, während die übrigen sorgfältig (in einem Kasten oder Buch) aufgehoben werden. Das Filter wird mit der Scheere so geschnitten, daß sein Rand sich etwa $\frac{1}{2}$ –1 cm unter dem Trichterrand befindet. Niemals darf ein Filter über den Trichter hinausragen. Hierauf sowie auf sorgfältiges Andrücken nach vorhergegangener Befeuchtung ist fortwährend zu achten, da erfahrungsgemäß die Schüler hier gern flüchtig verfahren. In das so vorbereitete auf ein völlig reines Reagensglas im Reagensglasgestell gesetzte Filter gießt man zunächst die über dem Niederschlag befindliche mehr oder weniger klare Flüssigkeit, am besten mit Hülfe eines Glasstabes und

ohne unnötiges Bewegen des Glases. Der Niederschlag selbst wird dann mit wenig Wasser aufgenommen. Dabei wird erklärt, was man unter „Auswaschen“ eines Niederschlags versteht, wie man sich von der Vollständigkeit desselben überzeugt und ferner, wenn man etwa ein kohlen-saures Salz auf dem Filter hat, auch das „Lösen des Niederschlags auf dem Filter“.

5. Es bleibt jetzt noch das Reinigen der benutzten Geräte. Das geschieht unter der Wasserleitung (ohne Wasser-Verschwendung!) mit Hilfe der Cylinderbürste. Erst wenn letztere vergeblich angewendet ist, hilft man mit einigen Tropfen Salzsäure oder Salpetersäure, unter Umständen unter Erwärmen, nach. Es wird das aber selten nötig sein, wenn die Schüler die Reinigung regelmäßig am Schluss des Unterrichts vornehmen. Zuletzt spült man die Reagentgläser mit ein wenig destilliertem Wasser nach, trocknet sie äußerlich ab und stellt sie umgekehrt in das Reagentglasgestell. Es ist darauf zu achten, daß die Schüler beim Reinigen nicht mehrere Reagentgläser zugleich in die Hand nehmen. — Hieran schloß sich Bemerkungen über Benutzung (z. B. Kochen auf dem Drahtnetz) und Reinigung anderer Gefäße, wie Bechergläser, Kolben und Porzellanschalen. Vieles haben ja die Schüler schon im früheren Unterricht dem Lehrer absehen können.

6. In anbetracht der wichtigen Rolle, welche das Lötrohr in der Analyse spielt, und seiner Verwendung schon in den ersten Laboratoriumsübungen erscheint es zweckmäßig, seinen Gebrauch sofort sämtlichen Schülern vorzuführen. Es ist hier besonders darauf zu achten, daß der Arm, welcher das Lötrohr hält, einen festen Stützpunkt hat, daß die Flamme nur so hoch brennt, daß man sie bequem niederblasen kann, was wieder nur bei richtiger Haltung des Lötrohrs — seine Spitze muß mit dem Spalt des Brenners gleiche Richtung haben — möglich ist, sowie endlich, daß die Kunst des Blasens sich nicht in der Stärke des Luftstroms, sondern in der Gleichmäßigkeit desselben zeigt, weshalb es höchst überflüssig ist, die Backen wie ein Posaunenengel aufzublasen. Die verschiedene Wirkung der beiden Teile der Lötrohrflamme werden etwa an der Reduktion von Bleioxyd und der Oxydation des erhaltenen Bleis gezeigt. Übrigens sind die Schüler sehr geneigt, statt der erforderlichen wenigen Körner der Substanz eine größere Portion zu nehmen, sowie dieselbe in ein tiefes Loch statt auf eine ganz flache Vertiefung zu bringen.

Nach Beendigung dieser allgemeinen Instruktion, welcher die Schüler stets mit großem Interesse folgen, werden dann die sich daraus ergebenden zur Erhaltung der Ordnung und Sauberkeit aufgestellten Regeln verlesen, welche zur allgemeinen Beachtung im Laboratorium aufgehängt sind.

Kleine Mitteilungen.

Demonstration erzwungener longitudinaler Schwingungen.

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

Bei meinen Untersuchungen über Schwingungen von Fäden, welche bis jetzt nur in holländischer Sprache und noch nicht vollständig veröffentlicht worden sind¹⁾, habe ich großen Vorteil gehabt von der Verwendung von Kautschukfäden und von neuen Schwingungserregern. Es gelingt mit Leichtigkeit, bei Kautschukfäden nicht nur erzwungene transversale, sondern auch erzwungene longitudinale Schwingungen zu erregen und Knotenpunkte derselben nachzuweisen. Ich möchte hier jetzt mitteilen, wie ich die Erregung der longitudinalen Schwingungen für die Demonstration eingerichtet habe.

Als Schwingungserreger verwende ich den in dieser Zeitschrift (VIII 187) beschriebenen Apparat, in Fig. 1 schematisch dargestellt. Zwei Fäden von dunkelbraunem Kautschuk sind mit den Enden zwischen Holzbacken *B* und *C* festgeklemmt. *B* wird mit dem Schwingungserreger verbunden, die Fäden werden in der Schwingungsrichtung von *A* horizontal ausgespannt und *C* wird befestigt. In gleicher Entfernung von einander sind an Kautschukfäden die Streifen *D*₁, *D*₂ von weißem Karton festgemacht. Wird *A* von dem elektrischen Motor in Bewegung versetzt, so wird sich bei einer gewissen Schwingungszeit in der Mitte von

¹⁾ Beibl. zu Wied. Ann., 1890 S. 225; 1894 S. 709; 1895 S. 539; 1896 S. 545; 1897 S. 5.

BC ein Schwingungsbauch bilden. Hat man in den Stromkreis des Motors einen regulierbaren Widerstand aufgenommen, dann kann man weiter durch Verstärkung des Stromes die Schwingungszeit verkleinern, wodurch sich zuerst in der Nähe von B ein Knotenpunkt der longitudinalen Schwingung bildet; man kann die Schwingungszeit so weit verkleinern, bis der Knotenpunkt in die Mitte von BC fällt oder noch weiter nach C , in welchem Fall in der Nähe von B ein zweiter Knotenpunkt entsteht. Es wird deutlich sein, daß dieses Experiment genau übereinstimmt mit den Experimenten an den Kundt'schen Röhren.

Das verwendete Kautschuk hatte einen quadratischen Querschnitt, dessen Seitenlänge circa 2 mm ist. Für die Länge der Holzbacken B und C habe ich 10 cm genommen, die Entfernung der beiden Fäden betrug 6 cm. Die Fäden wurden erst in B befestigt, darauf B in einer Höhe von etwa 3 Meter über den Boden an einer Zimmerwand angebracht, so daß die Fäden nach unten hingen. Die Fäden wurden dabei etwas gespannt, jeder durch einen Körper von 20 Gramm. Dann wurde der zweite Holzbacken C in solcher Höhe angebracht, daß die Fadenlänge 100 cm betrug. Die beiden Fäden wurden dann über Tische horizontal ausgespannt, so daß die Länge 400 cm betrug, und endlich wurden die Kartonstreifen (Länge 10 cm, Breite 4 mm) in Entfernungen von 25 cm mit Nähgarn an den Fäden festgemacht.

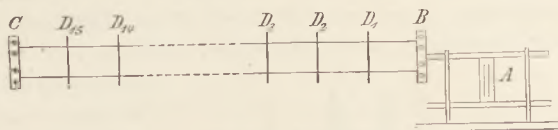


Fig. 1.

Bei der Ausführung des Experimentes betrug die Länge BC wieder 400 cm.

In Figur 2 ist ein Teil einer Photographie von einer Schwingung reproduziert, wobei sich in der Mitte ein Knotenpunkt bildete. Da die Entfernung der Kartonstreifen 25 cm ist, so kann man der Photographie entnehmen, daß die Amplitude der beiden Schwingungsbäuche etwa 12 cm war. Die Amplitude der Schwingung von A , also der Durchmesser des von der Kurbel des Motors beschriebenen Kreises war dabei 28,5 mm.

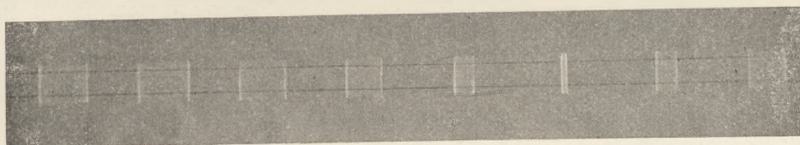


Fig. 2.

Ist die Spannung des Fadens nicht richtig gewählt, so entsteht auch eine störende transversale Schwingung.

Zum Schlufs will ich darauf hinweisen, daß es unter den in den letzten Jahren konstruierten Motor-Unterbrechern für große Induktoren Konstruktionen giebt, wobei in ähnlicher Weise wie bei dem von mir verwendeten Apparat eine gradlinige einfache Schwingung entsteht. Diese Apparate werden dadurch sehr gut für Schwingungsversuche zu verwenden sein, besonders für transversale Schwingungen horizontal ausgespannter Fäden. Man kann dann zu gleicher Zeit das Instrument auch als Unterbrecher für einen Induktor gebrauchen und eine Geissler'sche oder Crookes'sche Röhre oder Pulujsche Lampe zu intermittierender Beleuchtung des Schwingenden Fadens verwenden.

Ein Apparat zur Veranschaulichung des Akkommodationsvorganges.

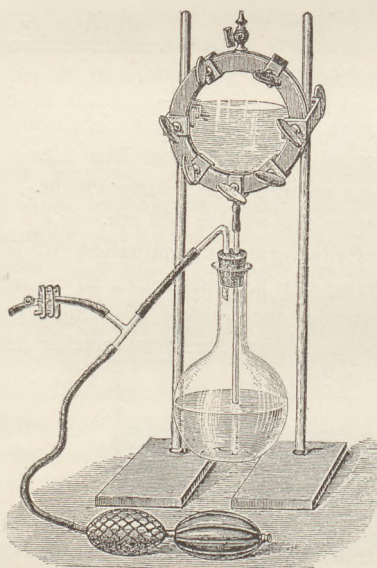
Von Dr. Wilhelm Lettermann in Darmstadt.

Nach jeder Behandlung der Entstehung der Linsbilder unseres Auges hatte ich ein Gefühl der Nichtbefriedigung, weil mir kein Mittel zu Gebote stand, den Schülern das Wesen der Akkommodation durch geeignete Versuche vorzuführen. Grade wenn man sich alle Mühe gegeben hat, die Gesetze über Bild- und Gegenstandsweite einzuprägen, empfindet man bei Übergang zur Augenlinse erst recht schneidend den Gegensatz ihrer Wirkungs-

weise gegenüber Glaslinsen. Schließlich wird man ja durch Verwendung zweier Linsen von verschiedenem Krümmungsradius zeigen, daß bei gleichbleibender Entfernung des Bildschirms die Linse mit größerem Krümmungsradius einen weiter entfernten Gegenstand abbildet, als eine solche mit kleinerem Radius. Doch der Vorgang des Austauschens der Linsen entspricht zu wenig dem eigentlichen Akkommodationsvorgange, dem Schmäler- bzw. Dickerwerden derselben Linse, um anschaulich zu wirken.

Nach mancherlei Proben habe ich mir nun nach meinen Angaben durch die Firma Ehrhardt u. Metzger, Nachfolger in Darmstadt, eine Linse verfertigen lassen, die den Akkommodationsvorgang wesentlich anschaulicher macht.

In einer starken Metallfassung ist ein Uhrglas von 12 cm Durchmesser eingekittet (s. Fig.). An den Enden eines Durchmessers des Fassungsringes sind Durchbohrungen mit Ansatzröhren vorhanden, deren eine (a) durch einen Hahn geschlossen werden kann. Die hintere Fläche der Fassung ist eben geschliffen. Auf sie lege ich zwischen 2 Gummiringen von ca. 1,5 mm



Dicke eine dünne, völlig transparente Celluloidplatte, die ich dem freundlichen Entgegenkommen der Deutschen Celluloidfabrik in Leipzig verdanke. Dann wird ein zweiter starker, flacher Metallring aufgelegt, und das Ganze durch 8 Messingklemmen, ähnlich den Kohlenklemmen der Elemente zusammengepresst. Dieser planconvexe Linsenraum wird nun auf einem geeigneten Gestelle leicht abnehmbar befestigt und kann durch Luftdruck vermittelt der unteren Ansatzröhre, wie aus einer Spritzflasche mit Wasser gefüllt werden. Nach der Füllung schließt man den Hahn (a), und wenn der Gleichgewichtszustand eingetreten ist, stellt der Apparat eine concav-convexe Linse dar, da die dünne Celluloidhaut sich unter dem negativen Drucke der Wassersäule nach innen wölbt. In diesem Zustande bringe ich die Linse auf die optische Bank und stelle in ca. 40 cm bzw. 80 cm von ihr 2 Stearinkerzen, deren Licht man — allerdings unter Verlust an Leuchtkraft der Bilder — durch Vorsetzen bunter Gelatineplatten färben kann, eine etwas rechts, die andere etwas links von der Linsen-

achse. In einer Entfernung von ca. 2 m vor der Linse findet man nun ein genügend deutliches, wenn auch nicht scharfes Bild der entfernten Flamme, dessen Zugehörigkeit zu seinem Objekte durch Flackernlassen der Flamme deutlich wird. Neben diesem Bilde zeigt sich ein mit Schlieren durchzogener Lichtfleck, der von der nahestehenden Flamme stammt. Prefst man nun vorsichtig weiteres Wasser in die Linse, so ist es geradezu ergötzlich zu beobachten, wie das vorher deutliche Flammenbildchen verschwindet und sich zu einem verschwommenen Lichtfleck erweitert, während sich aus dem vorher verwaschenen Lichtfleck der nahestehenden Kerze ein größeres und deutliches Bild herausarbeitet, dessen Erscheinung durch Flackernlassen der Flamme wieder verstärkt werden kann. Hat man mit dem Munde Luft eingeprefst, so hat man jetzt nur nötig, die Öffnung freizugeben, um dasselbe Schauspiel in umgekehrter Richtung verlaufen zu sehen. Benutzt man ein Kautschukgebläse, so muß durch Einschalten eines T-rohres und Anbringung eines Quetschhahnes für Anschluß und Abschluß der äußeren Luft gesorgt sein.

Mängel des Apparates sind erstens die unvermeidlichen, aber in den zwei extremen Stellungen der Celluloidplatte wenig störenden Schlieren. Zweitens werden — anscheinend durch den Kampfergehalt des Celluloids — die beiden inneren Linsenwände etwas getrübt, man muß daher nach jedem Versuche die Linse durch Öffnung des Hahnes (a) entleeren und vor der Wiederholung auseinandernehmen und reinigen.

Ein Apparat zur Bestimmung des Wärmeausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers.

Von **Victor Biernacki** in Warschau (Physikal. Labor. des Polytechn. Instituts).

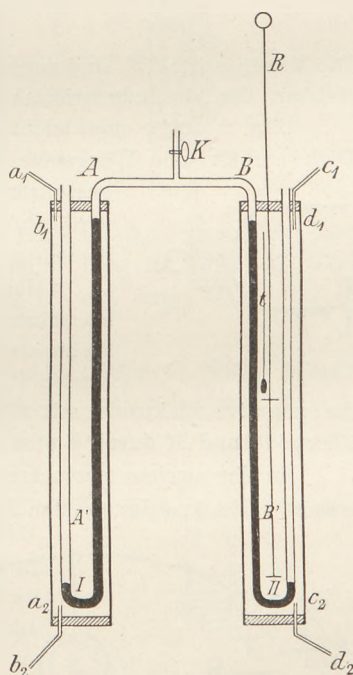
Der Apparat besteht aus einer langen Glasröhre von ungefähr 1 cm Durchmesser, die wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, so gebogen ist, daß sie zwei U-Röhren *I* und *II* von 70 cm Länge und die gerade horizontale Verbindungsröhre *AB* von ungefähr 10 cm Länge bildet. Die Verbindungsröhre *AB* ist mit einer kurzen seitlichen Röhre mit Glashahn *K* versehen. Die U-Röhren sind mit passenden Glaszylindern, die oben und unten durch Korkpfropfen dicht verschlossen sind, umgeben. Die Schenkel beider U-Röhren gehen durch die oberen Korken hindurch. Der ganze Apparat ist auf einem entsprechenden Halter montiert. Nachdem in die beiden U-Röhren eine genügende Quantität des Quecksilbers gegossen ist, verbindet man den Hahn *K* mit einer Luftpumpe, mittels welcher die Luft in *AB* soweit verdünnt wird, daß die Quecksilberkuppen in *AA'* und *BB'* nur wenig von den unteren Rändern der die Glaszylinder von oben abschließenden Korkpfropfen abstehen. Die Höhendifferenz der Quecksilberkuppen in beiden Schenkeln jeder U-Röhre beträgt ungefähr 60 cm. Nachdem der Hahn *K* verschlossen worden, ist der Apparat zur Messung fertig.

Es sei *T* die Temperatur des Quecksilbers in der Röhre *I*, *t* die Temperatur des Quecksilbers in der Röhre *II*, *h*₁ der vertikale Abstand der Quecksilberkuppen in der Röhre *I*, *h*₂ der vertikale Abstand der Quecksilberkuppen in der Röhre *II*. Die Höhen *h*₁ und *h*₂ werden mit einem Kathetometer gemessen. Der Druck der Quecksilbersäule von der Höhe *h*₁ bei Temperatur *T* ist selbstverständlich dem Drucke der Quecksilbersäule von der Höhe *h*₂ bei Temperatur *t* gleich. Wenn wir daher den mittleren Wärmeausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers zwischen 0° und *T*° mit α bezeichnen, und ihn dem mittleren Wärmeausdehnungscoëfficienten zwischen 0° und *t*° gleich setzen, so erhalten wir

$$\frac{h_1}{1 + \alpha T} = \frac{h_2}{1 + \alpha t}, \text{ also } \alpha = \frac{h_1 - h_2}{h_2 T - h_1 t}.$$

Die Röhre *I* wird mit Dämpfen siedenden Wassers, die durch das Röhrchen *a*₁ *b*₁ in den Glaszylinder geleitet werden und durch *a*₂ *b*₂ ins Freie entweichen, erwärmt; die Temperatur *T* beim Barometerstand *H* ermittelt man aus Tabellen. Der die Röhre *II* umgebende Glaszylinder wird mit Wasser von Zimmertemperatur, die durch das Thermometer *t* angegeben wird, gefüllt. Um eine gleichmäßige Verteilung der Temperatur in der Röhre *II* zu erlangen, dient der Rührer *R*. (Man kann auch die Quecksilbersäule *II* mittels kalten Wassers, das den Glaszylinder durchfließt, kühlen; dazu dienen die Glasröhrchen *c*₁ *d*₁ und *c*₂ *d*₂.)

Der Apparat ist bei den praktischen Übungen im Physikalischen Laboratorium des Polytechnischen Institutes in Warschau schon längst im Gebrauche. Die einzelnen Werte von α , die aus den Messungen verschiedener Praktikanten mittels dieses Apparates sich ergeben, weichen um nicht mehr als 1% bis 2% von einander ab. (Der Nonius am Kathetometer giebt $\frac{1}{50}$ mm.) Ohne Zweifel kann der beschriebene Apparat mit kleinen Abänderungen auch zur exakten Untersuchung der Wärmeausdehnung der Flüssigkeiten nach dem Prinzip der correspondierenden Flüssigkeitshöhen dienen. Ich will hier nur darauf aufmerksam machen, daß in diesem Apparat die Wärmeleitung nur durch schlechte Leiter, nämlich durch das Glas und die Luft in *AB* stattfindet, während in den Apparaten von



mit Kältemischungen zu arbeiten; in diesem Falle empfiehlt sich die von Dr. Rosenberg in seinem „Experimentierbuch für den Elementarunterricht in der Naturlehre“, II. Teil erwähnte Verwendung der Verdunstungskälte des Äthers. Eine für den Nachweis der Anomalie des Wassers geeignete Vorrichtung zeigt Fig. 1. Das zur Hälfte mit Äther gefüllte Probierglas erhält einen dreifach durchbohrten Stöpsel; Rohr 1 wird an die Leuchtgasleitung angeschlossen, das Gemenge von Gas und Ätherdampf wird bei 3 entzündet. 2 ist ein Wasserthermometer. Bei fortgesetzter beschleunigter Verdunstung bemerkt man deutlich zuerst Sinken, dann wieder Steigen des Wassers in der Thermometerröhre; endlich tritt Gefrieren ein.

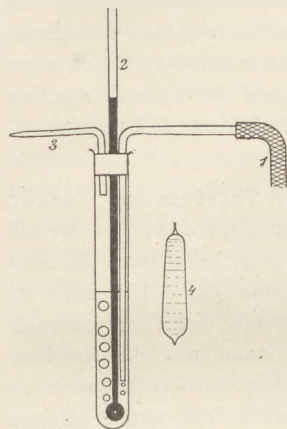


Fig. 1.

Das Zersprengen von Gefäßen durch Gefrieren zeigt man an einem nicht zu weiten, mit Wasser ganz gefüllten und an beiden Enden zugeschmolzenen Glasröhrchen, das man in den Äther hineinlegt, nachdem man das Wasserthermometer herausgenommen und die entsprechende Stöpselöffnung verstopft hat.

Um Messungen der Temperaturen des Wassers in der Nähe des Dichtigkeitsmaximums vornehmen zu können, stellt man einen Apparat nach Fig. 2 aus

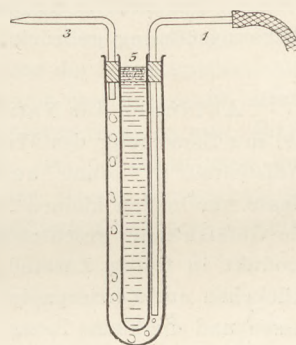
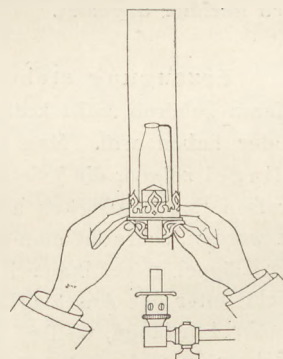


Fig. 2.

einem gewöhnlichen und einem weiteren Probierglase (event. Kolben mit breitem Hals), und zwei Winkelrohren her. Wenn sich oben eine etwa zwei Finger hohe Eisschicht gebildet hat (etwa nach 15 Minuten) mißt man die Temperaturen oben (0°) und unten (4°).

Tönende Luftsäule an einem Auerbrenner. Von Karl Wais in Wien. Wenig bekannt ist, daß man eine gewöhnliche Auerflamme leicht zum Tönen bringen kann. Man fasse die Brennerkrone eines Auerbrenners bei aufgesetztem Cylinder derart, daß man sich bei eventuellem Zurückschlagen der Flamme nicht die Finger verbrennt, und hebe nach erfolgtem Anzünden die Krone derart ab, daß sich dieselbe 3–5 cm direkt über der Ansatzöffnung befindet. Die Flamme tönt bei einer gewissen Höhe, die man leicht empirisch findet, laut wie eine Dampfpfeife. (Chemische Harmonika.)



Expansion der Luft. Zur ersten Vorführung kann man zweckmäßig von einer kleinen Pfeife Gebrauch machen, da diese dem Schüler die aus seinen Spielerfahrungen zu gewinnende unmittelbare Anschauung einer Luftbewegung gewährt. In manchen Handlungen erhält man geeignete Pfeifchen aus Knochen oder Metall, die sich an einem kurzen Schlauchstück befestigen lassen. Man suche sich ein leicht und kräftig ansprechendes Exemplar aus.

Zum Versuche gehört ein Kolben, in dessen gut schließendem Kork ein beiderseits einige Centimeter vorragendes Glasröhrchen sitzt. Den Schlauch, welchen man über das abgeschrägte Mundstück der Pfeife geschoben hat, befestigt man zunächst auf dem äußeren Ende des Röhrchens, treibt mit dem Munde durch die seitliche Öffnung des Pfeifchens Luft in den Kolben und drückt das Schlauchstück zu. Beim nachträglichen Öffnen des letzteren macht sich die Expansion der eingeschlossenen Luft durch einen kurzen Pöfß bemerkbar. Man bringt alsdann das Pfeifchen im Innern des Kolbens an und streift auf das äußere Ende des Glasröhrchens ein zweites Schlauchstück, welches man zudrückt, nachdem man

die Luft durch Saugen verdünnt hat. Beim Öffnen bringt die einströmende Luft das Pfeifchen zum Tönen.

Eine weitere Anwendung kann man machen, um bei der ersten Vorführung der Kolbenluftpumpe den Einfluß der Umstellung des Hahnes zu zeigen. Erörtert man zunächst nur theoretisch den Verlauf der Luftwege, so kann es leicht vorkommen, daß der eine oder andere Schüler in Erwartung der Versuche nicht zuhört. Man setzt daher das Pfeifchen mit seinem Schlauchstück auf den in der Tellermitte befindlichen Rohransatz und bewegt den Kolben. Der fast unerträglich laute Pfiff beim Einschieben des Kolbens klärt eindringlichst über den Weg der Luft auf. Alsdann wird der Hahn umgestellt und, nachdem das Unterbleiben des Pfeifentones bei der zweiten Hahnstellung konstatiert ist, wird das Pfeifchen an dem am Hahngriff befindlichen Rohransatz befestigt, oder bei dessen Fehlen gegen die Ausströmungsöffnung gedrückt.

H. Rebenstorff, Dresden.

Abfangen des Natriumhydroxyds beim Verbrennen von Natrium auf Wasser. Bei der Zersetzung des Wassers durch Natrium geht das Verbrennungsprodukt des Metalls größtenteils in Lösung; auch wenn das Natrium sich hierbei entzündete, kann man die feste Masse nur in den kleinen Mengen aufweisen, die infolge der Explosion des Kügelchens an die Gefäßwände geschleudert wurden. Es ist unterrichtlich wertvoll, das Verbrennungsprodukt in festem Zustande vorzeigen zu können. Man braucht dazu nur die Natriumstückchen auf Filtrierpapier in der bekannten Weise sich entzünden und verbrennen zu lassen und die kleine Pause, welche bis zur Explosion regelmäßig verstreicht, zum Abfangen des Kügelchens mit dem heißen Ende einer Glasröhre oder eines Glasstabes zu benutzen. Der letztere muß natürlich in einer Flamme bereit liegen. Das Abfangen gelingt äußerst leicht, da die Adhäsion der beiden heißen Massen ganz bedeutend ist, und der Versuch kommt der kleinen Explosion mit solcher Sicherheit zuvor, daß man kaum nötig hat, die Hand zu schützen. Der durchsichtige Tropfen von Natriumhydroxyd wird beim Erkalten für die ganze Klasse sichtbar. Durch Lösen in einigen Kubikcentimetern Wasser im Reagensglase erhält man eine auf Lackmus u. a. kräftig reagierende Lauge. Der Glasstab zeigt sich nachher angeätzt.

H. Rebenstorff, Dresden.

Erzeugung stehender Transversalwellen nach der Methode von Melde. Hierzu gehören meist kräftige und große Stimmgabeln, wenn man weithin sichtbare Wellenbilder haben will. Man kann aber stehende Wellen leicht mittels einer elektrischen Klingel zeigen, die jedenfalls vor der Bewegung eines Schlauches mittels der Hand, der großen Regelmäßigkeit halber den Vorzug verdient. Um nicht durch das Geräusch gestört zu werden, schraubt man die Glocke ab und befestigt die Klingel in einem Halter so, daß der Klöppel in vertikaler Ebene (parallel zur Längsseite des Experimentiertisches) schwingt. Dicht unter der Anschlagkugel des Klöppels befestigt man mit einfachem Knoten eine ungefähr 4 m lange, weiße, $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ mm dicke Hanfschnur, wie sie beim Verschnüren leichter Pakete im Gebrauch ist, und klemmt das andere Ende in ein Stativ. Damit ist die ganze Vorrichtung fertig. Setzt man jetzt die Klingel (Verf. benutzte eine Güllersche Thermo- säule) in energische Schwingungen, so kann man die Spannung leicht durch Verschiebung des letzt erwähnten Stativs regeln und nach Belieben 1 bis 5 Knoten erzeugen. Der Faden ist zu lang um ihn als Ganzes schwingen zu lassen. Zu dem Ende greift man, ohne ihn vom Stativ zu nehmen, von der elektrischen Klingel ab gemessen, 50 bis 100 cm Schnur mit der Hand ab und kann nun leicht die Spannung so regeln, daß der Faden als Ganzes schwingt (Grundton der Saite). Wenn dieser infolge der Wickelung spiralige Windungen besitzt, so ziehe man ihn, da die Spannung nicht ausreicht, um jene zu beseitigen, eine halbe Stunde vorher durch ein Gefäß mit Wasser und spanne ihn wie oben beschrieben ein.

Prof. Dr. Looser, Essen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einfacher Apparat für die Reflexion des Lichtes. Von Dr. K. ROSENBERG in Wien (*Vierteljahrber. des Wiener Vereins z. Förd. d. physik. Unterr. 1899 Heft 4*). Der Apparat besteht aus 12 bis 24 Holzprismen (Fig. 1) von quadratischem Querschnitt, 2–4 cm Grundkante, 10–12 cm Höhe; die Oberfläche ist mit schwarzem Firnis überzogen. Auf eine der Seitenflächen jedes Prismas ist ein Spiegelstreifen von 1 cm Breite aufgeklebt; diese Streifen läßt man sich beim Glaser in der nötigen Größe und Zahl schneiden. Man braucht ferner einige in großem Maßstabe auf Zeichenpapier mit Tusche und Farben ausgeführte Grundrisse, wie die Figuren 2 und 3 sie zeigen (im Original sind außerdem noch Grundrisse für die Reflexion am Convexspiegel, am parabolischen Hohlspiegel, am elliptischen und hyperbolischen Spiegel wiedergegeben). Stellt man eins der Spiegelprismen auf einen auf der Tischplatte liegenden Papierbogen, und seitwärts davon eine brennende Kerze, so geht von dem Spiegel ein Lichtband in Richtung der reflektierten Strahlen aus. Stellt man nacheinander eine Reihe von Prismen längs einer Geraden auf, so erhält man das Schema der Reflexion am Planspiegel, wobei man zweckmäßig das direkte Kerzenlicht für das Auge durch eine Papptafel abblendet, die man längs der punktierten Geraden aufstellt.

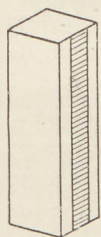


Fig. 1.

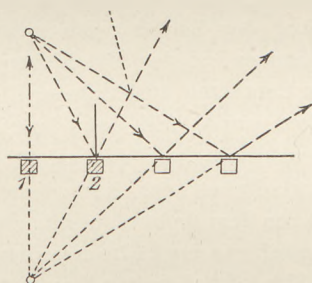


Fig. 2.

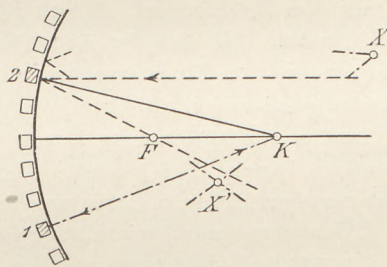


Fig. 3.

Stellt man die Spiegel längs der Kreislinie in Fig. 3, so kann man die verschiedenen Fälle der Reflexion am sphärischen Hohlspiegel demonstrieren; die Figur stellt den Fall dar, daß die Strahlen von einer weitentfernten Lichtquelle (Auerbrenner oder Glühlampe) ausgehen und nahezu als parallel angesehen werden können, X und X' beziehen sich auf den Fall, daß die Lichtquelle sich außerhalb der Achse befindet. In diesem letzten Fall schlägt der Verfasser vor, zwei Glühlampen, die eine rot, die andere grün, nebeneinander zu stellen, so daß man die Orientierung des Bildes gegen das Objekt erkennen kann. Wiederholt man den Hauptversuch über den sphärischen Hohlspiegel mit einem andern Grundriß, bei dem die Spiegelöffnung (bei gleicher Krümmung) recht groß ist, so markieren die Lichtbänder die katakautische Linie. Man sieht leicht, wie die Versuche mit den andern oben erwähnten Grundrissen sich gestalten werden.

Der Verfasser empfiehlt den Apparat insbesondere für die Unterstufe, wo die Schüler leicht die Klötze eines Steinbaukastens für eigene Versuche verwenden und sich die nötigen Zeichnungen selbst herstellen können. Auch für Mädchenschulen, wo man nicht auf ausgebildete geometrische Anschauung rechnen kann, wird die Vorrichtung recht brauchbar sein. Für Gymnasien und ähnliche höhere Schulen möchten wir seine Verwendung nicht befürworten, da hier grade ein Hauptreiz in der gedanklichen Konstruktion und der nachherigen Bestätigung des Resultats durch die Erfahrung liegt.

P.

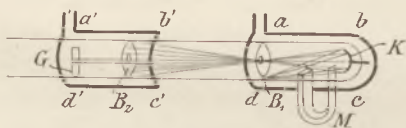
2. Forschungen und Ergebnisse.

Kathoden- und Röntgenstrahlen. Die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen läßt sich, wie HEYDWEILLER zeigt, in sehr einfacher Weise mit einer gewöhnlichen Röntgenröhre nachweisen (*Physik. Zeitschrift I, 15; 1899*). Vertauscht man in der

Röhre Anode und Kathode mit einander, so erhält man während der Entladung einen scharf begrenzten Schatten der Antikathode auf der gegenüberliegenden Glaswand. Macht man die Entladungen möglichst schwach, so zeigt sich im gut verdunkelten Zimmer bei Annäherung eines geriebenen Ebonitstabes eine Vergrößerung, bei Annäherung eines Glasstabes eine Zusammenziehung des Schattens. Leitet man die Antikathode durch Berühren mit der Hand zur Erde ab, so entsteht ebenfalls eine plötzliche Verbreiterung des Schattens, beim Aufheben der Ableitung eine Verengerung; daraus geht hervor, daß die Antikathode sich bei der Ableitung, wohl durch Influenz, negativ ladet. Die Veränderung des Schattens durch Ableitung der Antikathode läßt sich auch bei stärkeren Entladungen im mäßig verdunkelten Raume zeigen.

Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen bestimmten BATELLI und STEFANINI nach einer bereits von Q. Majorana angegebenen Methode, indem sie die Zeit maßen, in der die Strahlen in verschiedenen Entfernungen von der Kathode befindliche Elektroden laden (*Physik. Zeitschrift I*, 51; 1899.) Diese Ladungen wurden gemessen durch ein Quadrantelektrometer von kleiner Capacität, bei dem die zur Bewegung der Nadel nötige Zeit sehr klein war; es konnte dann die Zeitdifferenz zwischen dem Moment der Ladung der Elektrode und dem Moment, wo die Nadel auszuschlagen beginnt, vernachlässigt werden. Ein Kontakt *A* im primären Stromkreise des Induktionsapparats bewirkt die Entladung der an den sekundären Kreis angeschlossenen Kathode; ein zweiter Kontakt *B* verbindet die zu ladende Elektrode mit dem Elektrometer. Durch Regulierung des Zeitintervalls zwischen Öffnung der beiden Kontakte läßt sich der Augenblick bestimmen, in dem die Elektrode die Ladung zu empfangen beginnt. Ein rotierender, mit beiden Kontakten verbundener Unterbrecher, dessen Geschwindigkeit auf akustischem Wege bestimmt wurde, ließ dann jene Zeit messen. — Die Verf. fanden für 0,005 mm/kg Druck eine Geschwindigkeit von ca. 58 bis 61 km/sek., bei 0,001 mm/kg Druck 120,6 km/sek. Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen hängt also sehr ab von dem Druck in Entladungsrohr und von dem dadurch bestimmten Potentialgefälle.

Eine andere Versuchsanordnung für die Geschwindigkeitsmessung der Kathodenstrahlen wandte E. WIECHERT an (*Wied. Ann.* 69, 739; 1899). Das von *K* ausgehende kegelförmige Kathodenstrahlenbündel geht durch eine im Schnittpunkt der Strahlen liegende feste Blende



B_1 und eine zweite bewegliche Blende B_2 ; die von der letzteren durchgelassenen Strahlen bringen eine Glasplatte *G* zur Fluoreszenz. Die Strahlen werden erzeugt durch die direkten Entladungen einer Leydener Batterie und die durch die Batterieentladungen bewirkten Teslaströme. Durch ein „messendes System“ elektrischer Schwingungen werden die Strahlen sowohl auf der Strecke KB_1 als auch auf B_2G magnetisch beeinflusst und abgelenkt. Hierzu benutzte Verf. die Lecher'sche Anordnung, bei der zwei Paar Condensatoren einerseits durch eine Funkenstrecke, andererseits metallisch mit einander verbunden sind. Diese metallische Verbindung bilden die Drahtleitungen $abcd$ und $a_1b_1c_1d_1$. Beide Systeme, das strahlen-erregende und das messende System haben die gleiche auslösende Funkenstrecke, sind aber sonst ganz unabhängig von einander. Die Wechselströme des messenden Systems erzeugen ein fortwährend wechselndes magnetisches Feld und bewirken, daß sich das Bündel KB_1 in der Ebene der Drahtleitung pendelnd hin und her bewegt. Das Auge erblickt scheinbar zwei entgegengesetzt abgelenkte Bündel gleichzeitig. Das eine von diesen läßt sich durch einen Hufeisenmagneten *M* in die Blende hineinlenken, so daß der vorher erloschene Fluoreszenzfleck auf *G* wieder hell erscheint. Um die Zeit der Ankunft der Strahlen bei B_2G festzustellen, ist die Einwirkung des ebenfalls zum messenden System gehörenden Drahtes $a_1b_1c_1d_1$ auf den Fluoreszenzfleck *G* zu beobachten nötig. Lagen $abcd$ und $a_1b_1c_1d_1$ nahe aneinander, so verursachte die zweite Drahtleitung dieselbe Ablenkung der Strahlen wie die erste. In einer gewissen größeren Entfernung beider Leitungen von einander teilte sich der Fluoreszenzfleck *G* in zwei Teile; man konnte daraus schließen, daß die Strahlen, die bei $abcd$ während der Zeit der größten Stromstärke vorübergingen, in $a_1b_1c_1d_1$

die Zeit der Stromumkehr antrafen, d. h. daß sie die Strecke von $abcd$ bis $a_1 b_1 c_1 d_1$ in der Zeit durchliefen, in der das messende System ein Viertel Schwingung vollführte. Entfernte man $a_1 b_1 c_1 d_1$ noch weiter von $abcd$, so erfolgte die Ablenkung von G wieder ganz nach einer Seite und zwar entgegengesetzt wie bei $abcd$, die Kathodenstrahlen fanden nun in $a_1 b_1 c_1 d_1$ die entgegengesetzte Phase wie bei $abcd$. Die Erscheinung wurde besonders deutlich, wenn man die Glasröhre zwischen B_1 und B_2 mit einer Drahtspirale umgab, durch die ein kräftiger Strom ging. Mit einer solchen Spirale und sorgfältiger Abstimmung der Versuchsbedingungen gelang es — in etwa 1 m Entfernung von K — noch den zweiten Umkehrpunkt zu erreichen.

Ist λ der Abstand des ersten Umkehrpunktes vom Beginn der Messstrecke, L die Wellenlänge des messenden Systems, v die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, V die Lichtgeschwindigkeit, so wird $v/V = 4\lambda/L$. Um das Verhältnis der Ladung l eines Teilchens zu seiner Masse m zu bestimmen, war die Kenntnis der „magnetischen Steifigkeit“ $S = H \cdot r$ (H = ablenkende magnetische Kraft, r Krümmungsradius der Bahn) der Strahlen erforderlich; aus l/m konnte ferner das auf ein Elektron der Ladung kommende Molekulargewicht α für die sich bewegenden Teilchen festgestellt werden. — Die Röhre war mit Wasserstoff gefüllt und hatte 0,3 bis 0,1 mm Druck. Der Verf. erhielt aus einer Anzahl von Messungen als die wahrscheinlichsten Werthe $v/V = 0,137$; $\alpha = \frac{1}{1300}$ (bezogen auf 0 = 16); l/m (elektrostatisch) = $3,77 \cdot 10^{17}$; l/m (elektromagnetisch) = $1,26 \cdot 10^7$.

Um über die Masse der Träger der negativen Elektrisierung in verdünnten Gasen einen Aufschluss zu erhalten, verglich J. J. THOMSON die Werte des Verhältnisses m/l (Masse:Ladung) für die durch ultraviolette Bestrahlung hervorgerufene Entladung mit dem entsprechenden Wert für Kathodenstrahlen (*Physikal. Ztschr.* I, 20; 1899). Die Bestimmung von m/l erfolgte auf Grund der Wirkung, die ein magnetisches Feld auf die Zerstreuungsgeschwindigkeit negativer Elektrisierung ausübt. Ist nämlich X die Stärke des elektrischen, H die des dazu senkrechten magnetischen Feldes, so zeigt die Theorie, daß das Magnetfeld erst dann die Zerstreuungsgeschwindigkeit zu vermindern beginnt, wenn die Entfernung zwischen den Condensatorplatten gleich $2Xm/l \cdot H^2$ ist. Aus den bekannten Werten von X und H läßt sich dann m/l berechnen. Nach dieser Methode ergab sich für ultraviolettes Licht $l/m = 7 \cdot 10^6$, für den Glühlampenkohlenfaden in Wasserstoff $8 \cdot 10^6$. Diese Zahlen sind von derselben Größenordnung wie der vom Verf. für Kathodenstrahlen gefundene Wert. Die Ladung eines Ions bei negativer Elektrisierung durch ultraviolettes Licht bestimmte der Verf. ferner zu $7 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten; da das dieselbe Ladung ist wie die durch Röntgenstrahlen erzeugte, diese aber nach Townsend gleich der Ladung eines Wasserstoffions bei der Elektrolyse ist, so muß der Unterschied zwischen dem Wert von l/m für negative Elektrisierung in verdünnten Gasen ($= 7 \cdot 10^6$) und demselben Wert l/m bei Elektrolyse ($= 10^6$) in der Größe m und nicht in l gesucht werden. Daraus würde folgen, daß die Masse des Trägers negativer Elektrisierung in hochverdünnten Gasen etwa $1/700$ der Masse des Wasserstoffions beträgt. Die mit positiven Ladungen verbundenen Massen sind, wie aus der Untersuchung der Kanalstrahlen folgt, von derselben Größenordnung wie bei der Elektrolyse; die Zerstreuungsgeschwindigkeit positiv geladener Teilchen wird auch durch den Magneten nicht vermindert. Der Verf. kommt daher zu der Annahme, daß sich bei der Elektrisierung eines Gases von dem Atom ein „Korpuskel“ löst und als negativ geladenes Ion seine Ladung fortführt; der zurückgebliebene Teil des Atoms, der nahezu noch dieselbe Masse wie das Atom hat, wäre dann das positive Ion.

Einen Apparat zur Erzeugung stereoskopischer Röntgenbilder auf dem Leuchtschirm hat H. BOAS construiert (*Verh. der Deutschen Physik. Ges.* 1900, S. 45). Die für das räumliche Sehen erforderlichen zwei Bilder werden durch zwei Röntgenröhren erzeugt, die nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd leuchten. Die beiden Röhren werden durch zwei Funkeninduktoren in Thätigkeit gesetzt; diese sind mit einem besonders construierten Turbinen-Unterbrecher mit zwei von einander isolierten Segmentringen verbunden und können dadurch wechselseitig betrieben werden. Der Unterbrecher besitzt ferner eine

Einrichtung zum Anschluss und zur Phasenverstellung eines Binokularstroboskops, das ein großes Gesichtsfeld besitzt und in weiten Grenzen nach Belieben bewegt werden kann. Durch zwei Diaphragmen wird wechselseitig dem rechten oder dem linken Auge — synchron mit den leuchtenden Röhren — der Durchblick gestattet. Setzt man die Apparate in Thätigkeit, sodaß beide Röhren leuchten, und bringt ein Objekt vor den Leuchtschirm, so sieht man mit bloßem Auge ein Bild mit Doppelcontouren; mit dem Stereoskop betrachtet tritt bei richtiger Stellung eine scheinbare Verkleinerung ein, und die Gegenstände zeigen sofort Tiefenausdehnung. Die Methode eignet sich vorzüglich, um im lebenden Körper die genaue Lage von Fremdkörpern festzustellen. Über die technischen Einzelheiten des äußerst sinnreich erdachten Apparats muß auf die Abhandlung des Verf. verwiesen werden.

Über die Entladung durch X-Strahlen veröffentlicht SAGNAC einige neue Versuche (*C. R. CXXX. 320; 1900.*) Die primären und sekundären X-Strahlen zerstreuen mit derselben Geschwindigkeit die positive oder negative Ladung eines Leiters, wenn dieser Leiter die Strahlen durch Öffnungen eines Metallkastens empfängt, der sorgsam mit dem Fußboden verbunden ist und keine Kraftlinien des Leiters entweichen läßt — unter der ausdrücklichen Bedingung, daß außerhalb des Kastens auf dem Wege der X-Strahlen kein elektrisches Feld besteht. Andererseits tritt eine merkliche Ungleichheit zwischen den Zerstreuungsgeschwindigkeiten der beiden Elektrizitäten ein, wenn der Metallkasten elektrisiert wird oder wenn ein elektrisierter Körper sich außerhalb des Kastens befindet. Bei den Versuchen des Verf. befand sich ein Elektroskop in dem Metallkasten, dessen eine Seitenwand durch ein metallisches Gewebe oder einen durchlöchernten Schirm verschlossen war; der Raum vor dieser Wand wurde den X-Strahlen ausgesetzt und enthielt eventuell das äußere elektrische Feld. Waren nun das äußere und das innere elektrische Feld von der gleichen Richtung, so wurde die Entladung des Goldblättchens in dem Elektroskop bei Anwesenheit des äußeren Feldes beschleunigt; waren die beiden Felder von entgegengesetzter Richtung, so wurde die Entladung verzögert. Der Verf. sucht die Erscheinung durch die Annahme zu erklären, daß die durch die Strahlen in der Luft frei gewordenen Ladungen unter dem Einfluß des äußeren Feldes ungefähr den Kraftlinien dieses Feldes mit einer gewissen Geschwindigkeit folgen. Ist diese groß genug, so können die Ladungen unter Verlassung der äußeren Kraftlinien durch die Öffnungen des Kastens hindurch auf die Kraftlinien des inneren Feldes übergehen und hier die Beschleunigung oder Verzögerung der Elektroskop-Entladung hervorrufen. Die elektrischen Ladungen würden dann wie ein Bombardement in das Innere des Kastens dringen. In verdünnter Luft und bei großem Potentialunterschied des äußeren Feldes würde dieses Bombardement immer größere Geschwindigkeiten erreichen, dann auch ein dünnes Aluminiumblatt durchdringen und so immer mehr den Kathodenstrahlen vergleichbar werden.

Daß die X-Strahlen auch den elektrischen Widerstand des Selens beeinflussen zeigte PERREAU (*C. R. CXXIX, 956; 1899.*) Die benutzte Selenzelle hatte im Dunkeln einen Widerstand von 40000 Ohm, in diffusem Licht fiel derselbe rasch auf 33000 Ohm. Bei einer Beleuchtung mit X-Strahlen verminderte er sich auf 34000 Ohm und zeigte geringe Schwankungen; hörte die Bestrahlung auf, so stieg der Widerstand wieder auf seinen ursprünglichen Wert. Bei Entfernung der Strahlungsquelle nahm die Wirkung ab, war aber noch in 17 cm Entfernung bemerkbar. Zwischengelegte Körper ließen ihre verschiedene Durchlässigkeit für X-Strahlen feststellen; eine Bleiplatte von 1 mm Dicke ließ keine Wirkung mehr hindurch. — Hertz'sche Schwingungen hatten auf den Widerstand des Selens keinen Einfluß.

Die chemische Einwirkung der X-Strahlen untersuchte VILLARD (*C. R. CXXIX, 882; 1899.*) Wenn eine Crookes'sche Röhre eine Zeitlang funktioniert hat, nimmt das Glas an den Stellen, die zugleich von X-Strahlen und diffusen Kathodenstrahlen getroffen werden, eine violette Färbung an. Der Verf. untersuchte, welche der beiden Strahlenarten die Färbung bewirkte. Zu dem Zwecke umgab er die Antikathode mit einem weiten Rohr aus Glas oder Krystall, dessen innere Wand gegen die Kathodenstrahlen durch ein sehr dünnes

Aluminiumblatt geschützt werden konnte, während die X-Strahlen hindurchgingen. War das Aluminiumblatt nicht eingelegt, so erhielt man auf der Rohrwand die gewöhnliche Kathodenreduktion, d. h. das Rohr schwärzte sich stark mit bläulichem Ton, wenn es aus Krystall, es wurde braun, wenn es aus bleihaltigem Glas bestand. Nach Einlegung des Aluminiumblattes wurde die Färbung in beiden Fällen violett; hier sind also nur die X-Strahlen in Wirksamkeit. Die Veränderung im Glase ist sicherlich eine Oxydationserscheinung, da sie auch nach Erwärmung mit einer stark oxydierenden Flamme eintritt. Da sie auch durch Becquerelstrahlen erzeugt wird, so ergibt sich hieraus eine neue Analogie zwischen diesen und den X-Strahlen.

Eine Crookesche Röhre erhält während des Stromdurchganges auch an ihrer äußeren Fläche Ladungen. Die Verteilung dieser freien Elektrizität studierte E. RIECKE, indem er die Röhrenoberfläche mit Schwefel-Mennigepulver bestäubte (*Wied. Ann.* 69, 788; 1899; *Drudes Ann.* I, 414; 1900). Es bilden sich dabei deutliche rote und gelbe, scharf voneinander abgegrenzte Bezirke. Der Kathode gegenüber erscheint auf der Glaswand ein Ring, der den nach außen sich verbreiternden gelben Staub scharf begrenzt, während innerhalb des Ringes rotes Pulver in lappenförmigen Gebilden haften bleibt. Die von dem Verf. genau beschriebene Verteilung der beiden Pulver läßt erkennen, daß die von den Kathodenstrahlen getroffenen Teile der Röhre außen hauptsächlich die Mennige festhalten. In den Weg der Strahlen gestellte Körper markieren auf der Glasoberfläche ihren von rotem Staube begrenzten Schatten, lassen auch eine Reflexion der Strahlen erkennen. Die lappenförmigen Gebilde an der Stelle des Fluoreszenzflecks sind auch ohne Bestäubung dunkel auf hellem Grunde sichtbar. Sie wechseln fortwährend ihre Lage und nehmen, wenn die Röhre so hart ist, daß die Entladung eben noch durchgeht, die Form zierlicher Dendriten von dem Aussehen positiver Lichtenberg'scher Figuren an.

Diese elektrischen Ladungen an der Oberfläche der Röntgenröhren erzeugen, wie GRÄTZ zeigt, mechanische Bewegungen (*Verh. der Deutschen Physik. Ges.* II, 58; 1900). Die bekannte Eigenschaft der Kathodenstrahlen, leicht drehbare Körper im Innern der Vacuumröhre zu bewegen, führte den Verf. zu der Frage, ob Röntgenstrahlen nicht eine ähnliche Fähigkeit besitzen. Brachte er leichte Körper aus Paraffin, Schwefel, Ebonit, auch metallische Scheiben an einem isolierenden Querstück auf eine Nadelspitze zwischen zwei hoch geladene Condensatorplatten, so blieben sie zunächst in Ruhe, fingen aber sofort an, sich zu drehen, sobald sie den Strahlen einer Röntgenröhre ausgesetzt waren. Der Sinn der Drehung ist unbestimmt und hängt von der Anfangstendenz ab. Nur wenn man bei kleinen Condensatorplatten zwei vertikale Kupferscheiben an einem isolierenden Querstück in das Feld bringt, ist die Stellung der Röntgenröhre von Einfluß auf die Richtung der Rotation, die dann immer von der positiv geladenen Platte über die Röntgenröhre zur negativ geladenen Platte geht. Ersetzt man die eine Condensatorplatte durch eine kleine Kugel und bringt die Röntgenröhre ganz nahe heran, so kann auch bei dielektrischen Körpern der Sinn der Rotation in der obigen Weise bestimmt werden. Schließlich gelang es dem Verf. auch, die Drehungen ohne Condensator hervorzubringen, indem er die drehbaren Körper einfach in der Luft dem Einfluß der Röntgenstrahlen aussetzte. Die Drehungen hörten sofort auf, wenn selbst für die Strahlen durchlässige Körper zwischengestellt wurden. Die Erscheinungen erklären sich in der Weise, daß die negative Ladung auf der Oberfläche der Röntgenröhre durch die leitend gemachte Luft auf den Körper übertragen wird und dann diesen elektrostatisch abstößt; auf der entgegengesetzten Seite werden die Ladungen durch die Luft wieder fortgeführt. Die oben gegebene Regel findet dadurch auch ihre Erklärung. GRÄTZ ist der Ansicht, daß die durch Kathodenstrahlen erzeugten Drehungen, die, wie die Beobachtung lehrt, nicht an das Auftreten dieser Strahlen allein gebunden sind, auch auf elektrostatischen Ladungen und Abstosungen, nicht aber auf den Stoß der in den Strahlen bewegten Teilchen zurückgeführt werden müssen.

Schk.

Becquerelstrahlen. Nach den Untersuchungen Curies sendet das Radium zwei verschiedene Arten von Strahlen aus, von denen die einen leicht absorbierbar und vom Mag-

neten nicht ablenkbar, die anderen durchdringender sind und stark abgelenkt werden (*d. Zeitschr. XIII, 105*). Die Absorption der letzteren durch verschiedene Substanzen wurde von STRUTT untersucht (*Nature Vol. 61, S. 539, 1900*). Zur Messung der Strahlungsintensität diente die Veränderung, welche die Leitfähigkeit der Luft nach dem Durchgang der Strahlen durch die Substanzen erfuhr. STRUTT untersuchte die Absorption durch die wichtigsten Metalle, durch Glimmer, Glas, Ebonit, Papier, schweflige Säure u. s. w. Es stellte sich heraus, daß der Absorptionscoefficient mit der Dichte zunimmt, wenn auch nicht genau proportional derselben; doch ist die Annäherung daran nahezu dieselbe, wie Lenard sie für Kathodenstrahlen fand. Allerdings sind die Absorptionscoefficienten der letzteren über 500 mal so groß, als die der ablenkbaren Radiumstrahlen.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlen steht in engem Zusammenhange mit der Größe ihrer Ablenkung durch den Magneten. Ist diese in Luft stärker als im leeren Raum, so muß auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in beiden verschieden sein. BECQUEREL, der diese Frage untersuchte, konnte eine verschiedene Ablenkbarkeit nicht wahrnehmen. (*C. R. CXXX, 206; 1900*). Auch ein Vergleich der von verschiedenen Radiumsalzen (Karbonaten und Chlorüren) ausgehenden Strahlen, deren Intensität sehr von einander abwich, zeigte keinen Unterschied in der Ablenkbarkeit. Daraus geht hervor, daß auch die Geschwindigkeit der verglichenen Strahlenarten die gleiche ist.

Die Strahlen, welche sich normal zu einem gleichförmigen Magnetfelde fortpflanzen, beschreiben eine geschlossene Kurve, die sie auf ihren Ausgangspunkt zurückführt. BECQUEREL zeigte das durch folgenden Versuch. Eine photographische Platte wird, mit der Schichtseite nach unten, parallel zu den Kraftlinien in ein Magnetfeld gebracht. Sehr nahe dem Rand der Platte, der in der Mitte des Feldes liegt, wird auf ihre obere Seite eine Bleiplatte, auf diese die aktive Substanz gelegt. Bei Erregung des Magneten wird die Strahlung nach außen geworfen, und man beobachtet gerade unter der Strahlungsquelle auf der Platte den Eindruck der Strahlen, die also hierher zurückgeführt sind. Bringt man verschiedene Schirme in den Weg der Strahlen, so zeigt sich ihr Schatten auf der Platte, und man erkennt, daß die normal zum Felde verlaufenden Strahlen unter die Quelle selbst, die schrägen Strahlen nach der durch die Quelle gehende Feldaxe zurückgeführt werden. Stellt man neben die horizontale Platte eine vertikale, deren Ebene nach oben und unten über die erste hinausragt, so erhält man einen Schnitt durch alle Strahlenkurven, die sie treffen, und man erkennt auch, daß diese nach der durch die Quelle gehenden Axe zurückgeführt werden.

Die Erscheinungen erklären sich unter der Annahme, daß sich ebenso wie bei den Kathodenstrahlen, negative elektrische Massen mit großer Geschwindigkeit durch das Magnetfeld bewegen. In einem gleichförmigen Felde werden die normal zum Felde gehenden Strahlen zu Kreisen, die durch die Quelle gehen und die ursprüngliche Richtung der Strahlen berühren; die Kreise haben alle denselben Radius R , dessen Wert umgekehrt proportional der Feldstärke ist. Für Strahlen, die mit der Feldrichtung einen Winkel α bilden, ist die Kurve eine Schraubenlinie, die sich um einen Cylinder windet, dessen Radius $R \sin \alpha$, dessen Axe parallel zur Feldaxe ist. Die Schraubenlinie verläuft in der Richtung des Uhrzeigers, wenn die Strahlen der Feldrichtung folgen — oder beides umgekehrt. Eine genauere Betrachtung des Strahlenganges zeigt, daß der Eindruck auf der horizontalen Platte ein Ellipsenbogen wird, deren Axen von R abhängig sind. In einem Felde von 4000 C-G-S hatte R einen Wert von 3,7 mm. Wenn die Strahlung homogen wäre, so müßten die Eindrücke am äußern Rande scharf, am innern Rande diffus sein. Thatsächlich ist aber der äußere Rand sehr diffus, und die Diffusion wird um so größer, je schwächer das Feld und je größer R wird. Diese Diffusion ist durch eine Dispersion zu erklären, die die Strahlen von verschiedener Ablenkbarkeit durch das magnetische Feld erleiden. Schirme von Aluminium und Kupfer zeigten in verschiedener Entfernung von der Strahlungsquelle eine verschiedene Durchlässigkeit. Aus der Formel $\frac{m}{e} \cdot v = H \cdot R$, in der $\frac{m}{e}$ das Verhältnis der Masse zur Ladung, v die Geschwindigkeit, H die Feldstärke, R den erwähnten Radius be-

deutet, ergibt sich $\frac{m}{e} \cdot v = 1500$, ein Wert, der dieselbe Größenordnung hat, wie die von Thomson, Wien und Lenard bestimmten Werte bei Kathodenstrahlen. Das spricht ebenfalls für die Ähnlichkeit beider Strahlenarten.

Die Dispersion der Radiumstrahlen im magnetischen Felde machte BECQUEREL zum Gegenstande einer besonderen Untersuchung (*C. R. CXXX. 372; 1900*). Die vorhin beschriebene Versuchsanordnung änderte er in der Weise ab, daß er die photographische Platte nicht mehr mit schwarzem Papier umgab, dafür aber, zur Verhinderung der Phosphoreszenzwirkung des Radiumsalzes, dieses in dem 1 mm großen Loche eines Kartenblattes befestigte, und in ein kleines Bleigefäß brachte, das dann auf die Gelatine der horizontal im Felde liegenden photographischen Platte gelegt wurde. Natürlich mußten die Versuche in der Dunkelkammer bei rotem Licht angestellt werden. Ferner wurden die Polschuhe des Elektromagneten bedeutend vergrößert, so daß die Wege der Strahlen stets innerhalb des gleichförmigen Feldes blieben.

Der Weg der Strahlen wurde durch die Form des Schattens festgestellt, den kleine Schirme auf der Platte warfen; die Größe und Schärfe des Schattens ist um so größer, je länger der Weg des betreffenden Strahles ist. Legt man auf die Gelatine Streifen verschiedener Stoffe (Papier, Glas, Glimmer, Aluminium, Kupfer, Blei) so werden die Eindrücke auf der Platte in ungleichen Entfernungen von der Quelle aufgehoben, während ohne Schirm der Eindruck bis in eine unmittelbare Nachbarschaft der Quelle reicht. Legt man dagegen den Schirm nicht auf die Platte, sondern auf das Bleigefäß mit dem Radium, so breitet sich die photographische Wirkung ebenfalls bis zur Quelle aus, und es scheint, daß der Schirm dann für Strahlen durchlässig ist, die er aufhält, wenn er auf der Platte liegt. Die Intensität der Strahlen wird durch die Schirme mehr oder weniger verringert; aber wenn diese sehr nahe der Quelle sind, so breitet sich die Wirkung, wenn auch geschwächt, bis zur Quelle selbst aus und zeigt dadurch, daß auf der Platte Strahlen jeder Art, wenig oder sehr ablenkbare ankommen. Eine plausible Erklärung dieser und ähnlicher Erscheinungen konnte der Verf. noch nicht geben. Indessen scheint die Erscheinung, die man beobachtet, wenn die Schirme auf der Platte selbst liegen, von einer elektiven Absorption der Strahlen herzu-rühren und giebt dann das Absorptionsspektrum jedes Schirms für ungleich abgelenkte Strahlen. Der Verf. bestimmte die untere Grenze des Produkts $H \cdot R$ für die von verschiedenen Schir-men durchgelassenen Strahlen. Es ergab sich daraus, daß z. B. Papier nicht mehr die ablenkbarsten Strahlen durchläßt, deren Krümmungsradius in einem Felde von 1000 C.-G.-S. unter 6,5 mm liegt, während für Glas in demselben Felde die durchgelassenen Strahlen Radien größer als 11 mm haben. Auch diese Zahlen sind von derselben Größenordnung wie die für Kathodenstrahlen gefundenen, indem die ablenkbarsten Strahlen, für die $H \cdot R$ oder das Produkt $\frac{m}{e} v$ am kleinsten ist, zugleich am stärksten absorbiert werden.

Wahrscheinlich treten bei den beobachteten Absorptionserscheinungen auch sekundäre Strahlen auf, ähnlich den von Sagnac beobachteten S. Strahlen. Diese, namentlich von Villard und Dorn vertretene Anschauung wurde von BECQUEREL ebenfalls geprüft und durch verschiedene Ergebnisse bestätigt gefunden (*C. R. CXXX 979*). Der Schatten eines in den Gang der Strahlen gebrachten Gegenstandes änderte sich sehr wesentlich, wenn die Strahlen vorher einen dünnen Aluminiumschirm passierten. Befand sich der Schirm nahe der Strahlungsquelle, so war der Schatten eines 2 cm entfernten Drahts noch relativ scharf; berührte der Schirm den Draht, so verschwand der Schatten fast ganz, ein Beweis, daß jetzt von dem Schirm selbst diffuses Licht ausging. Es geht daraus ebenfalls hervor, daß die Absorption mit der Entfernung zunimmt, die Strahlen also um so weniger durchdringend sind, je weiter der von ihnen in Luft zurückgelegte Weg ist. Bei dem letzten Versuch wurde die Gesamtstrahlung des Radiums benutzt. Nahm man nur die im Magnetfelde abgelenkten Strahlen, so zeigte sich, daß beim Durchgang durch verschiedene Schirme wenigstens ein Teil der sekundären Strahlen nicht mehr abgelenkt wurde.

Die von Becquerel auf photographischem Wege gefundenen Dispersionsercheinungen der Radiumstrahlen im Magnetfelde lassen sich nach ST. MEYER und E. v. SCHWEIDLER, wenigstens qualitativ, auch mittels des Platincyankürschirms zeigen (*Wiener akad. Anzeiger*, 1900, S. 55; *Naturwiss. Rdsch.* XV, 254). Einen in einiger Entfernung von der strahlenden Substanz befindlichen Schirm durchdringen die weniger abgelenkten Strahlen schwerer, als wenn er unmittelbar vor der Substanz angebracht ist. Ein von de Haen hergestelltes Präparat, das seine ursprüngliche Fähigkeit des Selbstleuchtens durch Liegen an feuchter Luft vollständig verloren hatte, wirkte auf den Leuchtschirm ebenso stark wie vorher und zeigte deutliche Ablenkung seiner Strahlen im Magnetfelde. Auch bei einer Abkühlung verschiedener Radiumpräparate bis zur Temperatur der flüssigen Luft war keine Abnahme der Wirkung auf den Leuchtschirm wahrzunehmen.

Schon mehrfach hatten wir auf die Ähnlichkeit zwischen Becquerelstrahlen und Kathodenstrahlen hingewiesen. Die ablenkbaren Strahlen des Radiums scheinen mit den Kathodenstrahlen in der That ganz gleichartig zu sein, da sie auch, ebenso wie diese, negative Ladungen mit sich führen. Dem Ehepaar CURIE gelang zuerst der Nachweis, daß ein die Strahlen absorbierender Leiter eine schwache negative Ladung erhält (*C. R. CXXX*, 647; 1900). Um jedes Entweichen der Elektrizität zu verhindern, wurde die Metallscheibe MM zugleich mit dem zum Elektrometer führenden Metalldraht vollständig in eine isolierende Masse eingebettet; das Ganze befand sich wieder in einer Metallhülle, die zur Erde abgeleitet war. Das radioaktive Baryumsalz liegt in einem Bleitrog; die von ihm ausgehenden Strahlen durchdringen eine isolierende Schicht (*p*) und werden von einer Metallscheibe absorbiert. Diese ist dann der Sitz einer kontinuierlichen Entwicklung negativer Elektrizität, die man in dem Elektrometer feststellen und messen kann. Der so erzeugte Strom ist sehr schwach. Mit einem sehr aktiven Radiumpräparat von 2,5 qcm Oberfläche und 0,2 cm Dicke erhielt man einen Strom der Größenordnung von 10^{-11} Amp. Nahm man für die Scheibe Blei, Kupfer oder Zink, für die isolierende Substanz Ebonit oder Paraffin, so erhielt man immer das gleiche Ergebnis.

Die Verff. stellten ferner den umgekehrten Versuch an, der darin bestand, daß der Bleitrog mit dem Radium in die Mitte der isolierenden Masse gebracht und selbst mit dem Elektrometer verbunden wurde, während das Ganze von einer zur Erde abgeleiteten Metallhülle umgeben war. Unter diesen Bedingungen beobachtete man, daß das Radium eine positive Ladung besitzt, die an Größe der negativen Ladung in dem ersten Versuch gleich ist.

Die nicht ablenkbaren Strahlen des Radiums kommen bei diesen Versuchen nicht in Betracht, da sie schon von der sehr dünnen Schicht *p* absorbiert werden. Aus demselben Grunde eignet sich die Methode nicht zur Untersuchung der Strahlen des Poloniums, bei denen sich auch keine Ladung nachweisen ließe. Da man bis jetzt niemals elektrische Ladungen kennen gelernt hat, die nicht an eine ponderable Materie gebunden waren, so muß man es als wahrscheinlich ansehen, daß das Radium der Sitz einer constanten Emission negativ elektrisierter Teilchen ist, die, ohne sich zu entladen, leitende oder dielektrische Schirme durchdringen.

Das Vorhandensein elektrischer Ladungen in den Radiumstrahlen wurde von BECQUEREL dadurch bestätigt, daß es ihm gelang, die elektrostatische Ablenkung der Strahlen zu messen (*C. R. CXXX*, 809; 1900). Er erzeugte zwischen zwei um 1 cm von einander entfernten Kupferplatten ein sehr intensives elektrisches Feld und ließ ein breites Strahlenbündel das Feld durchsetzen. Die eine Platte war mit der Erde, die andere mit einer Batterie von 6 Leydener Flaschen, einem Elektrometer und einer Influenzmaschine verbunden; gleichbleibender Ausschlag des Elektrometers zeigte die Konstanz der Ladung an. Durch eine Umschaltvorrichtung konnte während des Versuchs das Feld umgekehrt werden. Die radioaktive Substanz befand sich unterhalb des Feldes in einem kleinen Bleitrog, bedeckt mit einer Bleiplatte, in der sich ein 1,5 mm breiter Spalt befand; das hier austretende Strahlenbündel fiel in die Medianebene des Feldes. In die Mitte des Spalts wurde der Länge nach

ein sehr dünner, mit Stanniol belegter und isolierter Schirm aus Glimmer gebracht, der über die Grenzen des Feldes hinaus, bis nahe an die über demselben horizontal liegende, in schwarzes Papier gehüllte, photographische Platte heranreichte und auf dieser einen geradlinigen, breiten Schatten warf. Ist das Strahlenbündel abgelenkt, so wird ein Teil desselben von dem Schirm aufgehalten, und dieser wirft auf die Platte einen Schatten, dessen Richtung den Sinn der Ablenkung anzeigt und dessen Grenze der Ablenkung der am wenigsten ablenkbaren Strahlen entspricht. Durch Halbschatten und Dispersion wird diese Grenze diffus. Die Strahlen werden stets von der negativen Condensatorplatte abgestoßen, müssen also negative Ladungen enthalten. Ebenso wie im magnetischen Felde zeigen im elektrischen die Strahlen eine Dispersion; sie bestehen also aus verschiedenen Strahlenarten. Bei Umkehrung des Feldes sind die Ablenkungen auch umgekehrt; durch Bedecken eines Teils der photographischen Platte mit einem undurchsichtigen Schirm, konnte man auf derselben Platte beide Ablenkungen nach entgegengesetzten Richtungen erhalten.

Bei einem Felde von ungefähr $1,02 \times 10^{12}$ C. G. S. (10 200 Volt zwischen beiden Platten) betrug die Ablenkung des Schattens etwa 0,4 cm. Aus dieser Zahl und der früher gemessenen Krümmung der Strahlenbahnen in einem bestimmten magnetischen Felde, läßt sich die Geschwindigkeit v der geladenen Teilchen und das Verhältnis ihrer Masse zur Ladung (m/e) berechnen. Hierbei müssen natürlich in beiden Feldern einander genau entsprechende Strahlenarten benutzt werden. Da das die photographische Platte einhüllende schwarze Papier bei beiden Versuchen die ablenkbarsten Strahlen absorbiert, so ist es wahrscheinlich, daß der Rand des Schattens im elektrischen Felde Strahlen derselben Art enthält wie der am wenigsten abgelenkte Rand der Gegend der größten Durchlässigkeit des im Magnetfelde vom schwarzen Papier erhaltenen Spektrums. Ein besonderer Versuch bestätigte die Zulässigkeit dieser Annahme und führte zu dem Ergebnis, daß die Strahlen, deren elektrische Ablenkung in einem Felde von $1,02 \times 10^{12}$ C.G.S. 0,4 cm betrug, merklich dieselben sind, für die im Magnetfelde das Produkt $If \cdot R$ ungefähr 1600 war. BECQUEREL erhielt daraus die Geschwindigkeit $v = 1,6 \cdot 10^{10}$, $m/e = 10^{-7}$. Diese Zahlen sind von ganz derselben Größenordnung wie die für Kathodenstrahlen gefundenen. Kombiniert man sie mit dem von Herrn und Frau Curie bestimmten Wert der Ladung, so kann man eine Vorstellung von der Größe der von der Strahlung transportierten Energie erhalten. BECQUEREL berechnet diese daraus zu 5,1 C.G.S. pro qcm/sek, das sind also nur einige Zehn-Millionstel Watt. Aus dem Wert $m/e = 10^{-7}$ kann man schließen, daß dieser Verlust an Energie entsprechen würde einer Ausstrahlung von etwa einem Milligramm Materie in einer Milliarde Jahren. Die von den radioaktiven Substanzen ausgestrahlte Energie kann also wohl der Materie selbst entlehnt sein, ohne daß man eine Gewichtsverminderung wahrzunehmen braucht.

Auch DORN gelang es, die elektrostatische Ablenkung der Becquerelstrahlen nachzuweisen und sie auf einem Baryumplatineyanürschirm dem Auge sichtbar zu machen (*Physikal. Zeitschr. I.* 338; 1900). Die Anordnung war ähnlich wie bei Becquerel, nur daß an die Stelle der photographischen Platte der Leuchtschirm trat. Die Platte des Condensators, nach welcher der Lichtschein hinwanderte, erwies sich stets als positiv; die Verschiebung liefs sich auf ungefähr 2–3 mm schätzen, was mit einer vom Verfasser angestellten Rechnung übereinstimmte. Entsprechend einer von Lenard für Kathodenstrahlen gemachten Beobachtung gaben auch die Radiumstrahlen eine Zunahme der Fluorescenz, wenn sie sich gegen die Kraftlinien des Feldes bewegten, eine Abnahme bei umgekehrter Richtung.

Zeigten die Ladungen der Radiumstrahlen eine Übereinstimmung mit längst bekannten Eigenschaften der Kathodenstrahlen, so fand VILLARD, daß eine von ihm neu festgestellte Eigenschaft der Kathodenstrahlen, nämlich eine Art Brechung beim Durchgange durch dünne Metallplatten, den Radiumstrahlen ebenfalls zukommt (*C. R. CXXX*, 1010; 1900). VILLARD hatte beobachtet, daß ein Bündel Kathodenstrahlen, das auf eine unter 45° gegen die Strahlenaxe geneigte Metallplatte (Antikathode) fiel, von dieser nicht nur diffus zurückgeworfen wurde, sondern daß von der Platte ein neues scharfbegrenztes Strahlen-

bündel ausging, dessen Richtung senkrecht zu der Platte stand. War die Platte sehr dünn, (Magnesium oder Aluminium von 0,02 mm), so erhielt man mit intensiven und sehr konzentrierten einfallenden Strahlen ebenfalls ein durchgehendes scharf begrenztes Bündel, dessen Richtung normal zu der Platte stand. Scheinbar giebt es also eine Brechung; in Wirklichkeit dürften beide Erscheinungen als durch neue Emission sekundärer Strahlen entstanden betrachtet werden. Der Versuch zeigte, daß die ablenkbaren Strahlen des Radiums sich auch in dieser Beziehung gerade wie die Kathodenstrahlen verhielten. Das in einer Bleiröhre befindliche strahlende Chlorbaryum sandte einen Strahlenkegel von etwa 20° Öffnung aus; in 2–3 mm Entfernung traf dieser auf eine kleine Aluminiumplatte von 0,3 mm Dicke, die unter 45° gegen die Kegelachse geneigt und so gestellt war, daß sie die Hälfte des Strahlenbündels auffing, während die andere Hälfte an ihr vorbei ging. Das Ganze lag auf einer in doppeltes schwarzes Papier eingehüllten photographischen Platte, die somit von dem Strahlenbündel gestreift wurde. Der auf der Platte hervorgerufene Eindruck zeigte, daß das Halbbündel, welches das Aluminium durchdrungen hatte, anstatt seinen Weg in gerader Linie fortzusetzen, einer zu der Platte genau senkrechten Richtung folgte. Diese „Brechung“ war von einer starken Diffusion begleitet. Bei Wiederholung des Versuchs unter verschiedenen Bedingungen beobachtete VILLARD die Superposition eines geradlinigen Bündels über das gebrochene. — Der Versuch schliesst sich an die oben beschriebenen Beobachtungen Becquerels über sekundäre Strahlung an.

Zu den bereits bekannten radioaktiven Bestandteilen der Pechblende, dem Radium und Polonium glaubt DEBIERNE darin noch einen dritten Stoff mit Strahlungsfähigkeit gefunden zu haben, den er „Actinium“ nennt (*C. R. CXXX, 906; 1900*). Das Actinium unterscheidet sich in einigen chemischen Reaktionen von Radium und Polonium und scheint ein Element zu sein, das dem Thorium nahe steht. Die von ihm ausgehenden Strahlen zeigen dieselben Eigenschaften wie die der andern radioaktiven Substanzen: sie werden ebenfalls vom Magneten abgelenkt, haben negative Ladungen und erzeugen auf andern Körpern schwache induzierte Radioaktivität.

Am Schlusse unseres letzten Berichts über Thorstrahlung (*d. Zeitschr. XIII, 106*) wurde die Beobachtung RUTHERFORDS erwähnt, daß die von ihm entdeckte „Emanation“ radioaktiver Teilchen die Fähigkeit besitzen sollte, allen Stoffen, auf die sie fällt, Radioaktivität zu verleihen. Daß es sich hierbei in der That um die von Curie auch bei Radium entdeckte induzierte Radioaktivität handelt, wird durch weitere Versuche RUTHERFORDS erwiesen (*Phil. Mag. 49. 161; 1900*). Der Verf. benutzte wieder seine elektrische Methode. Von zwei horizontalen isolierten Condensatorplatten war die untere mit dem positiven Pol der elektrischen Batterie, die obere mit dem Elektrometer verbunden. Bedeckte man die erste mit einer Schicht Thoroxyd, so wurde die Luft zwischen den Platten leitend, und das Elektrometer zeigte einen Strom an. Entfernte man nach einiger Zeit die mit Thoroxyd bedeckte Platte und ersetzte sie durch eine gewöhnliche andere, so blieb der Strom bestehen, nahm aber langsam ab und verschwand nach einigen Tagen. Jetzt machte also die zweite Platte die Luft gerade so leitend, als wenn sie mit einer Schicht Thoroxyd bedeckt gewesen wäre. Staubbörmige Teilchen davon ließen sich auf ihr nicht nachweisen. Die Wirkung blieb auch bestehen, wenn die Platte in 30 Schichten Papier eingehüllt war.

Liegt das Thorpräparat in keinem elektrischen Felde, so erhalten alle in der Umgebung befindlichen Stoffe induzierte Radioaktivität. Dagegen geht diese in einem elektrischen Felde nur auf den negativ geladenen Körper über. Man hat hierin ein Mittel, die Radioaktivität auf negativ geladene kleine Platten und dünne Drähte zu konzentrieren. Es gelang dem Verf., in einem geschlossenen Metallkasten die Wirkung einer dicken, 25 qcm großen Schicht Thoroxyd so auf einen dünnen Platindraht zu konzentrieren, daß dieser eine 20 mal so große entladende Wirkung zeigte als die Schicht direkt.

Die von RUTHERFORD entdeckte „Emanation“ steht mit dem induzierten Strahlungsvermögen in engstem Zusammenhang. Je größer der Betrag der Emanation, um so größer ist auch die induzierte Strahlung. Unter allen Thorverbindungen sind beide Wirkungen am

stärksten bei Thoroxyd. Eine dünne Schicht davon giebt geringe Emanation und geringe Radioaktivität. Beide Wirkungen gehen durch dünne Metalle und durch Papierschichten hindurch. Luftströme entfernen die Emanation und verringern die Stärke der induzierten Strahlung; diese ist daher in geschlossenen Gefäßen größer als im offenen Raum, wo leicht ein Luftzug entsteht. Wird das Thoroxyd stark erhitzt, so nehmen Emanation und Induktionswirkung erheblich ab.

Nach diesen Beobachtungen dürfte das induzierte Strahlungsvermögen von der Emanation abhängen; dagegen wird es nicht von der direkten Strahlung beeinflusst. Während 2—3 Lagen Papier die gewöhnliche Strahlung aufhalten, lassen sie die induzierte ohne wesentliche Verminderung hindurch. Beim Durchgang durch 1—6 Aluminiumblätter zeigten die direkten Strahlen eine weit stärkere Abnahme ihrer Wirkung als die auf einer Zinkplatte induzierten; diese sind also die durchdringenderen. Auch die Absorption in Luft ist weit größer bei allen anderen sowohl von Thorverbindungen als auch von Uran, Radium und Polonium ausgehenden Strahlen; für ursprünglich gleich intensive Strahlen war in 2 cm Entfernung von der strahlenden Schicht z. B. der von Uran erzeugte Strom 5, der vom Thor erzeugte 25, der von induzierter Strahlung erregte 43. Kupfer, Blei, Platin, Aluminium, Zink, Messing, Papier senden induzierte Strahlen gleicher Art aus; die Beschaffenheit der Oberfläche ist dabei gleichgiltig.

Wird ein Körper der Wirkung des Thoroxyds ausgesetzt, so wächst die induzierte Strahlungsfähigkeit zuerst proportional der Zeit, dann langsamer und erreicht nach einigen Tagen Exposition ein Maximum. Die Menge der in einer bestimmten Zeit auf einem geladenen Körper erzeugten Radioaktivität wächst mit der Spannung, erreicht aber für hohe Spannungen einen constanten Wert. Wird der radioaktiv gemachte Körper aus dem Bereich des Thoroxyds entfernt, so nimmt die Stärke der induzierten Wirkung in geometrischer Progression mit der Zeit ab: Innerhalb 11 Stunden sank sie auf ihren halben ursprünglichen Wert.

Eine Verminderung des Gasdrucks von 760 bis auf 16 mm hatte auf die Stärke der induzierten Strahlung nur geringen Einfluss. Bei Drucken von 16—4,5 mm begann diese sich zu verringern, bei 0,45 mm war sie nur noch $\frac{1}{20}$ ihres Wertes bei Atmosphärendruck. Die Art des Gases (Luft, Wasserstoff, Kohlensäure) hatte keinen Einfluss. Eine Gewichtszunahme des strahlend gemachten Körpers war nicht zu bemerken. Ein strahlend gemachter Platindraht wurde durch eine Flamme, durch Wasser oder Salpetersäure nicht verändert. Salzsäure und Schwefelsäure dagegen entfernte die radioaktive Oberfläche; in der verdampften Lösung blieb ein aktiver Rest zurück. Auch durch Abreiben mit Sandpapier wurde die Strahlungsfähigkeit vernichtet.

Unter den Erklärungsversuchen, die RUTHERFORD für das induzierte Strahlungsvermögen giebt, sei hier nur die Hypothese erwähnt, die er selbst für die wahrscheinlichste hält. Danach sind es radioaktive Teilchen, die von den strahlenden Körpern ausgehen und sich auf den induzierten Körpern abgelagert haben. Diese Teilchen erhalten in dem Gase eine positive Ladung. Da sich in einem elektrischen Felde die negativen Ionen rascher bewegen als die positiven, so ist stets ein Überschuss an positiven Ionen vorhanden, die in dem Gase etwa vorhandene Teilchen positiv zu laden streben werden. Die so positiv geladenen Teilchen konzentrieren sich dann natürlich an der negativen Elektrode. Man muß annehmen, daß bei niedrigen Drucken keine ausreichende Anzahl von Ionen mehr vorhanden ist, um die Teilchen zu laden, die dann nach allen Richtungen zerstreut werden. *Schk.*

3. Geschichte.

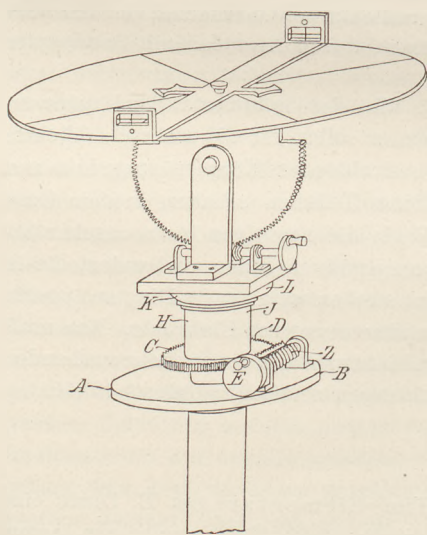
Der Ursprung des Wortes Element. Unter dem Titel Elementum hat H. DIELS eine Monographie über dieses Wort bei B. G. Teubner in Leipzig (1899, 93 S.) erscheinen lassen. In den Pr. Jahrb. (Oktober 1899) giebt P. Wendland einen Abriss des Inhaltes der Schrift, woraus wir das Nachstehende entnehmen. Das griechische Wort für Element ist στοιχείον. Das Stammwort στοιχος bedeutet eine Reihe, seien es Soldaten, Glieder eines Chors, reihenweis gelagerte Ziegel, oder endlich Buchstaben. στοιχείον heisst ein einzelnes Glied solcher

Reihe. Die Philosophen, die diesen Ausdruck zuerst von den Urstoffen brauchen, vergleichen diese mit den Buchstaben. Wie aus den Buchstaben die Worte und der ganze Reichtum der Sprache sich zusammensetzt, so aus den Elementen unser Leib und die ganze bunte Erscheinungswelt. Doch findet sich bei den ersten griechischen Denkern das Wort *στοιχείον* noch nicht in diesem Sinne, obwohl sie die Sache kannten; sie sprechen bald von Wurzeln des Seins, bald von Gründen, Keimen, Gestalten, Ideen, Atomen. In der Schule Platos erst wurde der Terminus geschaffen und durch die Autorität des Aristoteles zu allgemeiner Anerkennung gebracht.

Die Geschichte des römischen Wortes *elementum* läuft mit der des griechischen parallel. Auch hier ist die ursprüngliche Bedeutung nicht „Grundbestandteil“, sondern „Alphabet“. Lucretius im 1. Jahrhundert v. Chr. wendet die Buchstaben (*elementa*) als stehendes Bild an, um durch die Mannigfaltigkeit ihrer Zusammensetzungen die unendliche Fülle der Atomverbindungen verständlich zu machen. Der bildliche Gebrauch führt, wie häufig, zur Prägung eines festen Begriffs, die *elementa* sind nunmehr die Atome. An Lucrez knüpft Cicero an, wenn er die vier Urstoffe Elemente nennt. Doch ist in dem Jahrhundert nach Cicero der Gebrauch des Wortes noch auffallend selten, und namentlich tritt die physikalische Bedeutung zurück. Für den Ursprung des Wortes *elementum* giebt H. DIELS folgende allerdings stark angefochtene Erklärung: Im Altertum gab man den Kindern, um ihnen spielend die Elemente zu lehren, Elfenbeinbuchstaben in die Hand. Griechische Schulmeister werden die Sitte nach Italien verpflanzt haben. Mit dem griechischen *elephas* bezeichneten die Römer nicht nur das Thier, sondern auch das von seinem Zahn herrührende Elfenbein. Von diesem Wort oder den lautlich auch in griechischen Dialekten vorauszusetzenden Nebenformen *elebas*, *elemas* wird *elementum* zur Bezeichnung des elfenbeinernen Buchstabens abgeleitet sein. Das Bedürfnis nach einer passenden Übersetzung des griechischen *στοιχείον* hat Lucrez und Cicero veranlaßt, das Wort aus der Schulstube in die Litteratur einzuführen und seine Bedeutung in derselben Weise zu erweitern, wie dies einst bei dem griechischen Worte geschehen war.

P.

Die Dioptra des Heron. Ein von Heron von Alexandria beschriebenes Visier- und Nivellierinstrument ist zuerst 1814 durch Venturi bekannt geworden (*Comm. sopra la storia e le teorie dell'ottica* I 77). Den griechischen Text hat Vincent 1858 publiciert. Auf Grund der



englischen in Paris aufgefundenen ältesten Handschrift hat HERMANN SCHÖNE, der Mitherausgeber der neuen Gesamtausgabe des Heron, einen neuen Versuch der Reconstruction des interessanten Instruments im *Jahrbuch d. k. deutschen archaeolog. Instituts* (Bd. XIV, 1899, Heft 3) veröffentlicht. Danach war das Visierinstrument folgendermaßen eingerichtet. Auf einen Ständer, der auf drei Füßen steht, ist eine kreisförmige Platte *AB* mittels eines Zapfens aufgesetzt und durch Stifte befestigt. Das Zahnrad *CD*, von kleinerem Durchmesser als die Platte, und durch einen Ring von dieser getrennt, läßt sich durch die Schnecke *EZ* um eine vertikale Achse drehen. Auf das Zahnrad folgt ein Cylinder *HJ*, dann ein Kapitell *KL*, darauf eine Plinthe, auf der zwei große Lagerböcke befestigt sind; zwischen diesen dreht sich in zwei kleinen Lagerböcken eine zweite Schnecke und greift in ein halbkreisförmiges Zahnrad ein, dessen

Achse sich in den großen Lagerböcken dreht. Mit dem oben genannten Zahnrade ist eine große horizontal liegende, kreisförmige Platte verbunden, in deren oberen Fläche zwei aufeinander senkrechte Durchmesser eingeritzt sind. Auf dieser Platte endlich ist ein Diopterlineal drehbar angebracht und mit zwei rechtwinklig dazu stehenden Zeigern

versehen. Da die Platte sich dem Text zufolge nicht nur neigen, sondern auch vertikal einstellen liess, so kann sie nicht unmittelbar auf dem halbkreisförmigen Zahnrade aufgesessen haben, vielmehr wird sich (wie die nach der Beschreibung entworfene Figur erkennen lässt) oben noch eine rechteckige Fortsetzung angeschlossen haben und an dieser erst wird die grosse Scheibe befestigt gewesen sein. Vermittelt der beiden Schnecken liess sich die Platte mit dem Lineal sowohl um eine vertikale wie um eine horizontale Achse drehen und war demnach zur Lösung aller denkbaren Aufgaben der Feldmessung brauchbar. Ob an dem Diopterlineal ein Fadenkreuz angebracht gewesen ist, bleibt zweifelhaft; seine Länge hat vermutlich 4 Ellen betragen. Eine eigentümliche Einrichtung an der Schnecke *EZ* verdient noch besondere Erwähnung. In die Schraube ohne Ende, die den Hauptbestandteil bildet, war parallel zur Achse eine (demnach die Windungen durchschneidende) Rinne eingeschnitten. Stand diese Rinne den Zähnen des Rades *CD* gegenüber, so liess sich der obere Teil des Instrumentes bequem annähernd einstellen; drehte man dann die Schnecke soweit, dass die Zähne des Rades in das eigentliche Schraubengewinde eingriffen, so konnte man vermittels der Schnecke nach Bedürfnis noch feinere Korrekturen ausführen. Man hat also hier das Urbild eines Theodolithen vor sich, an dem selbst eine Art von Mikrometerschraube nicht fehlte.

Statt des Visierlineals konnte auch eine besondere Nivelliervorrichtung aufgesetzt werden, wahrscheinlich auf eigener Plinthe, die unmittelbar auf das Kapitell des eben beschriebenen Apparates passte. Der Hauptteil war eine Wasserwaage, aus einer Röhre bestehend, in deren beiden aufwärts gebogenen Enden zwei kurze Glasröhren eingekittet waren. Die Röhre selbst war fest in ein balkenartiges Gehäuse eingelassen, die senkrecht herausragenden beiden Enden waren ebenfalls von Leisten umschlossen, längs denen sich ein Visierspalt vermittels einer Schraube auf- und abwärts bewegen liess.

Zu dem Instrument gehörten endlich noch Richtlatten von etwa 10 Ellen Länge. Diese waren an der Vorderfläche mit einer schwalbenschwanzförmigen Nuth versehen, in der sich ein Schlitten auf- und abwärts schieben liess. An den Schlitten war eine Kreisscheibe (obere Hälfte schwarz, untere weiss) befestigt, deren Gewicht durch eine an ihrer Rückseite angenagelte Bleiplatte noch erhöht war. Die Bewegung des Schlittens wurde durch eine Schnur vermittelt, die über eine Rolle am oberen Ende der Latte lief und an der hinteren Seite der Latte an einem Stift festgebunden werden konnte. Mit der Scheibe war noch ein Zeiger verbunden, der sich über einen Längenmassstab an der Schmalseite der Latte bewegte. Endlich konnte die senkrechte Aufstellung der Latte durch ein Senkblei kontrolliert werden das bei richtiger Stellung genau auf eine darunter befindliche Marke einspielte.

Nach dem Urteil Cantors ist Heron, wenn er auch auf der Arbeit von Vorgängern fußt, der Begründer der antiken Feldmefskunst und Feldmefswissenschaft; auch die römische Feldmefskunst der Agrimensoren verdankt ihre Blüte dem Einflusse Herons und somit der Einwirkung griechischen Geistes, als dessen Schöpfung die vorstehend beschriebene Dioptra anzusehen ist.

P.

4. Unterricht und Methode.

Die Nautik im Schulunterricht. In dem *Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturw.* 1900 Nr. 1 und 2 hat Prof. B. SCHWALBE einen im letzten Ferienkurs zu Berlin gehaltenen Vortrag über Berücksichtigung der Nautik im Schulunterricht auszugsweise veröffentlicht. Der Gegenstand mufs, unabhängig von seiner aktuellen Bedeutung, lediglich vom Gesichtspunkte des Unterrichts aus betrachtet werden. Es handelt sich wesentlich um die wissenschaftlichen Grundlagen der Nautik, diese können hauptsächlich nur in der Mathematik, Physik, Chemie und der alles umfassenden Geographie Anschluss finden. Für verschiedene Teile der Mathematik, insbesondere die ebene und sphärische Trigonometrie, liefert die Nautik vortreffliche Beispiele, auch die astronomische Ortsbestimmung und die Zeitbestimmung mufs mit herangezogen werden. Als Hilfsmittel werden genannt: A. Richter, *Trigonometrische Aufgaben mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen*, Leipzig 1898: W. H. Preufs, *Sammlung von*

Aufgaben u. s. w. aus der rechnenden Nautik und ihren Hilfswissenschaften, Oldenburg 1899; F. Bolte, Neues Handbuch der Schiffahrtskunde mit Vorrede von Prof. Neumayer, Hamburg 1899.

Auch die Physik bietet fast in allen Teilen Anknüpfungen an die Nautik. Besonders hervorgehoben sind der Kompaß und die Kompensation auf eisernen Schiffen, die Messung der Tiefseetemperaturen, die Telegraphie ohne Draht, das akustische Signalwesen, der Sextant, Leuchtfener, Lichtsignale, Heliographen. In die Optik gehören ferner der Einfluß der Strahlenbrechung bei Höhenbestimmungen, die Luftspiegelungen, die Durchsichtigkeit der Luft, doch ist dabei immer die Überhäufung mit Material zu vermeiden, der Unterricht darf sich nicht in einzelne zusammenhanglose Mitteilungen und Experimente auflösen. Namentlich aber in den Aufgaben kann die Nautik unbedenklich herangezogen werden. Dahin gehören aus der Mechanik die Aufgaben über Druck in verschiedenen Tiefen, anschließend an die Tiefseelotung (unter Anknüpfung an das Mariottesche Gesetz). Schon in U. II kann bei der gleichförmigen Bewegung die Definition des Knotens und die Bestimmung der Fahrgeschwindigkeit mit der Logge zur Sprache kommen (der Aufsatz enthält die Abbildung einer Logge nebst genauer Beschreibung ihres Gebrauchs). Für die Definition des Knotens ist es vorteilhaft von der Meridianteilung auszugehen. Es ist 1° des Meridians = 111 111 m, 1 Min. = 1852 m = 1 Seemeile (= $\frac{1}{4}$ geogr. Meile) = 10 Kabellängen, 1 Sek. = 30,86 m, 1 Terz = 0,514 m = 1 Knoten. Hieraus ist sofort ersichtlich, dass ein Schiff, wenn es in einer Sek. 1 Knoten fährt, in 1 Stunde 3600 Knoten = 1 Seemeile zurücklegt. Soviel Knoten in der Sekunde, soviel Seemeilen in der Stunde. Bei der Loggemessung hat man für Deutschland 15 Sek. = $\frac{1}{240}$ Stunde als Zeiteinheit genommen (die durch das wie ein Eikocher eingerichtete Loggegias abgemessen wird); demgemäss beträgt die Länge der an der Logleine eingeflochtenen Knoten $1852 \text{ m} / 240 = 7,71 \text{ m}$. Besonders zahlreiche Anlässe zu nautischen Beispielen liefert naturgemäss auch die Hydromechanik: Archimedisches Princip, Gesetze des Schwimmens Bedeutung des Ballastes, Einsinken in süßem und salzigem Wasser u. a. m.

Für die Geographie ist wenigstens eine grosse Tiefseekarte an jeder Schule erforderlich, empfehlenswert auch Spezialkarten, wie die Haardtsche Karte der Antarktik (Wien, Hölzel), die Nordpolkarte von Ledroit (Leipzig, Lang), die Karten der Expedition der Valdivia u. a. Als weitere Hilfsmittel (auch für Schüler) werden schliesslich noch empfohlen: Nautik von Fr. Schulze, mit 56 Abbildungen (Göschensche Sammlung, 50 Pf.); das kleine nautische Jahrbuch für 1900 von W. Ludolph (Bremerhaven, 75 Pf.); Seeschiffahrt für Jedermann von E. Knipping (Hamburg, Niemeyer Nachf. 1898). —

Ebenfalls in den *Unterrichtsblättern* (1900 No. 2) ist ein Aufsatz von A. RICHTER (Wandsbek) über die Berücksichtigung des Seewesens im physikalischen Unterricht erschienen. Er enthält eine Zusammenstellung von Beispielen zur rechnenden Physik, und zwar hauptsächlich zur mathematischen Geographie. Die Krümmung der Erdoberfläche giebt u. a. Anlaß zur Reduktion des beobachteten Höhenwinkels eines Sternes, von dem man die Kimmtiefe zu subtrahieren hat, um die wahre Höhe zu erhalten. Ferner ergibt sich aus der Kugelgestalt der Erde die Bestimmung der geographischen Breite durch die Polhöhe. Mißt man mit dem Sextanten den Höhenwinkel h eines Sternes während seiner Kulmination, so kann man unter Zuziehung seiner Deklination δ leicht die Polhöhe φ finden ($\varphi = \delta + 90^\circ - h$). — Die Abplattung der Erde spielt eine Rolle bei Berechnungen nach Mondstellungen. Befindet sich ein Schiff unter 70° n. oder s. Breite, so ist die Horizontalparallaxe des Mondes (die am Äquator $60-62'$ beträgt) um $11''$ zu verkleinern. Die Grösse der Erde ist bei Bestimmung der Höhenwinkel von Planeten in Betracht zu ziehen. Man findet im Nautischen Jahrbuch die Horizontalparallaxe z. B. des Jupiter für einen bestimmten Tag (z. B. für den 17. Mai 1900 in der Opposition) zu $22''$ und daraus nach Tabellen desselben Jahrbuchs für einen gemessenen Höhenwinkel (50°) die zugehörige parallaktische Reduktion ($14''$). — Mit der Achsendrehung steht die Zeitbestimmung in dem bekannten Zusammenhang. — Infolge der elliptischen Gestalt der Erdbahn schwankt der Sehinkel des Sonnenradius zwischen $16' 18''$ und $15' 45''$, was bei der Bestimmung der Sonnenhöhe (Höhe des Sonnenmittelpunkts) zu berücksichtigen ist. — Die Zeitgleichung wird bei Bestimmung

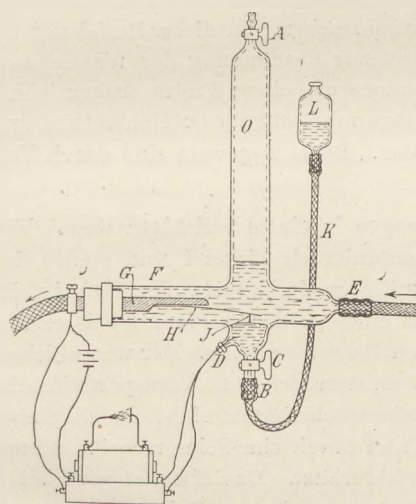
der geographischen Länge benutzt, indem die am Schiffsschronometer abgelesene mittlere Greenwicher Zeit in wahre Gr. Zeit zu verwandeln ist.

Aus anderen Teilen der Physik kommen in der rechnenden Nautik zur Anwendung das Parallelogramm der Kräfte bei Bestimmung des wahren Weges eines Schiffes, wenn neben den Messungen mit Logg und Kompaß noch die Strömungen zu berücksichtigen sind; die Kenntnis des Erdmagnetismus bei Ermittlung der Deklination der Magnetnadel, wobei man sich auf die Lage des Südpunkts am Horizont, die bei untergehender Sonne aus der geographischen Breite erschlossen werden kann, zu stützen hat; endlich die atmosphärische Strahlenbrechung, wegen deren die gemessenen Höhenwinkel um einen Betrag zu vermindern sind, der bei 5° z. B. 9' 45" beträgt. Hierzu kommen noch Korrekturen für Temperatur und Luftdruck. Die gegebenen Beispiele lassen erkennen, an welchen Stellen des Unterrichts Hinweise auf die nautischen Verhältnisse eingeflochten oder wenigstens Andeutungen gegeben werden können.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Ein neuer Strom-Unterbrecher ist von E. GRIMSEHL in der *Physikal. Zeitschr.* (I, 29, S. 323—24) und in der *E. T. Z.* 1900, Heft 24 beschrieben worden. Er zeichnet sich durch einfache Konstruktion und billigen Preis, sowie durch zuverlässiges Arbeiten auch bei Dauerbetrieb, durch geringe Betriebskraft und geringen Quecksilberverbrauch aus. Der Apparat besteht aus einem kreuzförmigen Glasrohr. Der obere Schenkel *O* ist durch einen Hahn *A* verschlossen, der untere Schenkel trägt einen Schlauchansatz *B* mit Hahn *C*, und überdies noch einen seitlichen Ansatz *D*, durch den ein Leitungsdraht eingeführt ist. Von den beiden horizontalen Schenkeln endet der eine in einen Schlauchansatz *E*, in den andern (*F*) ist eine Zungenpfeife *G* eingesetzt, dessen verlängerte Zunge *H* mit einem Platinstift *I* versehen ist. Durch den Schlauch *K* läßt man aus einer Quecksilberflasche *L* Quecksilber in den unteren Schenkel, bis der Stift *I* mit dem Quecksilber eben in Berührung kommt; der Schlauch-



ansatz *E* dagegen wird mit der Wasserleitung verbunden. Bei schwacher Zuleitung fließt das Wasser einfach durch die Zungenpfeife ab, wird aber durch weiteres Öffnen des Wasserleitungshahnes mehr Wasser zugeführt, so comprimierte es die im oberen Schenkel befindliche Luft, und bei einem gewissen Druck fängt die Zungenpfeife an zu tönen. Man reguliert nun den Wasserzufluß so, daß das Wasser im oberen Schenkel etwa 1—2 cm hoch steht, die Pfeife giebt dann einen Ton von ungefähr 100 Schwingungen und schwingt vermöge der Elastizität der in *O* befindlichen Luft fortdauernd weiter. Durch die damit verbundene Hebung und Senkung des Stiftes *I* wird ein durch *G* und *D* gehender elektrischer Strom periodisch geöffnet und geschlossen. Die Figur zeigt zwei Drahtpaare, von denen das eine an den Condensator eines Induktoriums angeschlossen ist,

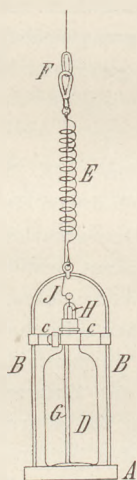
während in das andere die Stromquelle und die Primärspule hintereinander geschaltet sind.

Der Unterbrecher ist auf einem kräftigen eisernen Stativ angebracht, das zugleich noch zwei aufgeschlitzte Ringe für die Quecksilberflasche trägt. Auf dem Grundbrett des Stativs sind noch ein Commutator sowie die Polklemmen für die Schaltung der Drähte angebracht.

Nach den Angaben des Erfinders ist die Unterbrechung nahezu vollkommen und plötzlich, Erhitzung und Verbrennung der Kontaktstelle wird durch das stetig zu- und abfließende Wasser gänzlich verhindert, etwa losgerissene und teilweise oxydierte Quecksilberteilchen werden von dem Wasser fortgespült, so daß die Quecksilberoberfläche stets metallisch rein bleibt. Die weggeführten Quecksilberteilchen können in einem eingeschalteten

Sammelgefäß aufgefangen werden, auch kann man das Niveau des Quecksilbers leicht während des Betriebes regeln, falls dies, meist erst nach stundenlangem Gebrauch, erforderlich ist. Infolge der großen Unterbrechungszahl sind die Bilder bei Röntgen-Durchleuchtungen außerordentlich ruhig und stetig. Die Herstellung des gesetzlich geschützten Unterbrechers hat der Universitätsmechaniker W. Apel in Göttingen übernommen. *P.*

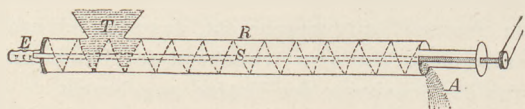
Schöpfapparat für Wasserproben. Von Fr. C. G. MÜLLER. Um Wasserproben aus beliebiger Tiefe zu schöpfen, hat sich der beistehend abgebildete Apparat bereits mehrfach in der Praxis bewährt. In eine Bleiplatte *A* ist ein Bügel *B* gelötet, der mittels einer Spiralfeder *E* und eines Carabinerhakens *F* an dem Ringe einer Lothleine oder eines Messbandes hängt. In dem Bügel ist mit Hilfe der Klemmvorrichtung *cc* eine Flasche *D* von 400 ccm



Inhalt befestigt. Diese ist mit einem doppelt durchbohrten Kautschukpfropfen versehen, dessen Bohrungen mit dem Π -förmigen, aus einem kompakten Glasstäbchen hergestell, am Stöpsel *H* verschlossen werden. Dieser Stöpsel füllt aber die Durchbohrungen nicht ganz aus, vielmehr steckt in dem untern Teil der einen Durchbohrung noch die Glasröhre *G*. Der Stöpsel *H* sitzt an einer Kette *J*, welche durch die Spirale hängt und oben in dem Ringe von *F* befestigt ist. Ist nun diese Vorrichtung ins Wasser hinabgelassen, so genügt wegen der Schwere des Ganzen (ca. 1600 g) nur ein kurzer Ruck an der Leine um den Stöpsel *H* herauszuziehen, das Wasser dringt durch die Röhre *G* ein, während die Luft aus der anderen Durchbohrung entweicht. Nach etwa 80 Sekunden kann die Flasche gefüllt emporggezogen werden. Bis jetzt ist der Apparat nur zu Tiefen bis 60 m verwendet worden, die Flasche — eine gewöhnliche Medizinflasche — wird aber auch noch Tiefen bis 100 m aushalten; bei noch grösseren Tiefen empfiehlt es sich, die Flasche vorher mit Benzin zu füllen, das dann aus der Flasche fast ebenso schnell entweicht wie Luft. (*Ztschr. f. angew. Chem.* 1900, II. 16 S. 388.)

In vielen Fällen wird es sich darum handeln, die entnommenen Proben zu benutzen, um die im Wasser gelösten Gase, die „Wasserluft“ zu untersuchen. In dieser Beziehung sei auf den von demselben Verfasser construierten „Apparat zur Bestimmung der Wassergase“ hingewiesen, der von Seiten des deutschen Fischereivereines mit einem Preise ausgezeichnet worden ist. Bezüglich der näheren Konstruktion desselben muß auf die Originalabhandlung (*Ztschr. f. angew. Chem.* 1899, Heft 11) verwiesen werden. Beide Apparate sind durch Vermittelung des Verfassers zu beziehen. *O.*

Vorrichtung zum Ausglühen grösserer Substanzmengen in einem beliebigen Gase. Von G. P. DROSSBACH. Der einfach gebaute Apparat ist kontinuierlich wirkend und eignet sich in gleicher Weise für das Laboratorium wie für die größeren Verhältnisse der Technik. Er gestattet innerhalb eines Raumes, der kaum den Inhalt eines größeren Platintiegels erfüllt, kontinuierlich etliche kg pulveriger Substanzen in jedem Gase zu glühen. Der wesentlichste Teil des Apparates ist eine gezogene Röhre *R* (s. Fig.), in dem sich eine Transportschnecke *S* bewegt; letztere bedarf keiner Führung und auch keines Schmiermaterials, da sie einige mm Spielraum besitzt. Diese Transportschnecke wird nun durch eine Schnurscheibe mittels Drahtlitze angetrieben, und *R* wird in beliebiger Weise erhitzt. Das Material wird bei *T* eingeführt, während bei *E* ein beliebiges Gas eingeleitet werden kann. Bei *A* fällt das noch glühende Produkt heraus. — Hat die kleine



Röhre z. B. nur 1 qcm lichten Querschnitt bei 30 cm Länge und bewegt sich die Schnecke in der Sekunde 1 mal um die Achse, so verbleibt der eingetragene Körper

eine volle Minute in der glühenden Röhre und wird die Röhre sicher glühend verlassen. In der Stunde werden unter diesen Bedingungen bereits 1,8 Liter an Material gefördert, bei größeren Dimensionen des Apparates entsprechend mehr. (*Ber. d. D. Chem. Ges.* 1900, Nr. 3, S. 486.) *O.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Ingenieurtechnik im Altertum. Von Carl Merkel, Ingenieur. Mit 261 Abbildungen und 1 Karte. Berlin, Julius Springer, 1899. XIV und 658 S. geb. M. 20.

Ein überaus verdienstliches, auch für den Physikunterricht in mehrfacher Hinsicht lehrreiches Werk hat der Verfasser mit dieser ausführlichen, sachkundigen und zugleich frisch geschriebenen Darstellung geliefert. Diese erstreckt sich nicht bloß auf Griechen und Römer, sondern auch auf Babylonien und Assyrien, Ägypten, China, Indien, und behandelt in einzelnen Abschnitten 1. Werkzeuge, Maschinen u. s. w., 2. Bewässerungsanlagen, 3. Straßen und Brückenbauten, 4. Hafenbauten, 5. Städtebau, 6. Wasserversorgungsanlagen, 7. Ausbildung und Stellung der Ingenieure im Altertum. Wer den archäologischen Forschungen ferner steht, wird u. a. mit Überraschung erfahren, daß die Griechen den Römern in der Technik der Wasserleitungen weit überlegen waren, wie schon eine der ältesten unterirdischen Anlagen, die von Eupalinus auf Samos durch einen Tunnel von 1000 m Länge hindurchgeführte Wasserleitung, und die unter 17–20 Atmosphären Wasserdruck stehende Hochdruckleitung von Pergamon beweisen. Auch im Vermessungswesen, im Hafenbau und in der Mechanik erteilt der Verfasser den Griechen den Vorrang, während er im Tunnel- und Strombau den Römern die Palme zuerkennt. Die vielumstrittene Frage des Verhältnisses von Kultur und Technik wird in der Einleitung von einem hochbelegenen, der Frage durchaus gerecht werdenden Standpunkt erörtert. Die Abbildungen sind aus einer großen Reihe von archäologischen wie bautechnischen Schriften und von Reisewerken zusammengetragen. Eine Fortsetzung des Werkes, die der Geschichte der Ingenieurtechnik im Mittelalter und in der Neuzeit gewidmet sein würde, ist in Aussicht gestellt. P.

Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues. Von Theodor Beck, Ingenieur und Privatdozent in Darmstadt. Mit 806 Figuren. Herausgegeben durch den Verein deutscher Ingenieure, zu beziehen durch Julius Springer, Berlin 1899. 599 S. geb. M. 10.

Auch dieses Werk legt, schon durch die Art seiner Herausgabe, Zeugnis ab für das in der heutigen Technik stärker hervortretende Bestreben, mit der eigenen Vergangenheit und Vorgeschichte engere Fühlung zu gewinnen. Das Werk behandelt in einer Reihe von Monographien die folgenden Persönlichkeiten: Heron von Alexandria (jedoch ins erste Jahrhundert nach Chr. zu setzen), Pappus den Alexandriner, Vitruv, Frontinus (der über die Wasserleitungen Roms schrieb), Cato den Älteren (bei dem sich namentlich Wein- und Ölpresen beschrieben finden), Leonardo da Vinci (in drei Abhandlungen), Biringuccio (Metallurgie), Agricola (Bergbau), Cardanus (Räderwerke, Mühlen u. s. f.), Besson (Proportionalzirkel, Drehbänke, Wasserhebemaschinen), Ramelli (Motoren, Schraubenmechanismen, Transmissionen), Lorini (Winden, Schaltwerke, Rammmaschinen u. a.), Porta (hydraulische Apparate), Zonca (Winden, Mühlen, Pressen), Turriano (Wasserkunst), Zeising (Pumpen und Mühlen), Fontana (Transport des vatikanischen Obeliskens), Salomon de Caus, Verantius (Brückenbau), James Watt. Aus dieser Übersicht schon läßt sich erkennen, wie mannichfache Anregungen auch für den Unterricht dem Werk zu entnehmen sind. P.

Physikalisches Praktikum mit besonderer Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Methoden.

Von Eilhard Wiedemann und Hermann Ebert. 4. vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 366 Holzstichen. Braunschweig, Friedr. Vieweg und Sohn, 1900, XXIX und 574 S. M. 10.

Die früheren Auflagen sind in d. Zeitschr., zuletzt XI 45 angezeigt, der Wert des Werkes auch für praktische Schülerübungen ist bereits mehrfach anerkannt worden. Die neue Auflage ist an einigen Stellen, besonders in der Elektrizitätslehre, erheblich bereichert, so finden wir jetzt unter den galvanischen Messinstrumenten auch das Hitzdrahtgalvanometer u. dgl. mehr. Beträchtliche Erweiterung hat das Kapitel der magnetischen Messungen erfahren. Der bei Besprechung der 2. Auflage ausgesprochene Wunsch nach einem alphabetischen Sachregister ist jetzt erfüllt worden. P.

Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert. Vortrag gehalten im Humboldtverein für Volksbildung zu Breslau von Prof. Dr. A. Heydweiller. Berlin, Paul Parey, 1900. 32 S. M. 1.

Der Vortrag giebt, dem Titel entsprechend, ein Bild von den Fortschritten der Physik im 19. Jahrhundert, die er um zwei Entdeckungen, die Erkenntnis der Wesensgleichheit aller Strahlungserscheinungen, und das Gesetz von der Erhaltung der Energie gruppiert. Innerhalb dieses Rahmens ist die Bedeutung der kinetischen Gastheorie mit besonderem Nachdruck hervorgehoben; unzutreffend ist indessen, dass die Vorstellung von der Wärme als einer Art der Bewegung bei der Entdeckung des Energiegesetzes durch Mayer und Helmholtz mitgewirkt habe. Auch läßt sich wohl nicht die Lehre, dass alle unsere Vorstellungen nur Bilder der Dinge sind, als spezifisch kantisch bezeichnen. P.

Lehrbuch der Experimentalphysik. Von Dr. E. von Lommel. 6. Auflage. Herausgegeben von Prof. Dr. W. König. Mit einem Portrait, 430 Figuren im Text und 1 Spektraltafel. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1900. X und 574 S. M. 6,40, geb. M. 7,20.

Das vorliegende Buch, dessen 1. Auflage in dieser Zeitschr. im Jahrgang 1893 (VII 39) angezeigt wurde, hat einen schönen und wohlverdienten Erfolg errungen: der Verfasser selbst hat noch erlebt, daß in 6 Jahren 5 Auflagen erschienen, und auch ins Englische ist das Werk übersetzt worden. Es verdankt diesen Erfolg der glücklichen Verbindung von wissenschaftlicher Strenge mit gemeinfaßlicher, zwischen Knappheit und Breite die richtige Mitte haltender Darstellung. Die neue Auflage, nach dem Tode des Verfassers von W. König herausgegeben, sucht die Eigenart des Buches zu wahren; nur vereinzelt, namentlich an den Stellen, die mit der neuen Theorie der Elektrolyse zusammenhängen, sind Zusätze und Änderungen gemacht. Durch seine klare und schlichte Fassung, die auch Schwieriges leicht erscheinen läßt, darf das Buch auch für die Zwecke des Schulunterrichtes Beachtung beanspruchen.

P

Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. Von Dr. E. Warburg. Mit 408 Original-Abbildungen. 4. verb. u. verm. Auflage. Freiburg i. B., J. C. B. Mohr, 1899. M. 7.

Die erste Auflage dieses Lehrbuchs ist 1893 (vgl. VI 313) erschienen. Hinzugekommen sind in der 3. Auflage zwei Artikel über Kathoden- und Röntgenstrahlen, in der vierten drei über den (auch für Schülerübungen verwendbaren) Thermophor, die Lindesche Luftverflüssigungsmaschine und den Cohärer; andere Abschnitte haben Erweiterungen oder Verbesserungen erfahren.

P

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1899—1900. Fünfzehnter Jahrgang, unter Mitwirkung von Fachmännern. Herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Mit 53 Abbildungen, nebst Generalregister der Jahrgänge XI bis XV. Freiburg i. B., Herder, 1900. X und 572 S. M. 6, geb. M. 7.

In dem vorliegenden Bande umfassen Physik und Chemie nebst angewandter Mechanik allein 140 Seiten; auch wer den Fortschritten auf diesen Gebieten regelmässig folgt, wird doch gern noch die geschickt und klar abgefaßten Zusammenstellungen lesen, unter denen ein Abschnitt über den heutigen Stand unseres Wissens von den Röntgenstrahlen hervorzuheben ist. Von den übrigen Abschnitten mögen für die Leser unserer Zeitschrift besonders genannt sein: Mineralogie und Geologie, Astronomie, Meteorologie, Industrie und industrielle Technik. Die rasche Fertigstellung des Bandes bald nach Ablauf des Berichtjahres verdient immer von neuem rühmliche Anerkennung.

P

Grundriss der allgemeinen Chemie. Von W. Ostwald. Mit 57 Textfiguren. Dritte, umgearbeitete Auflage. Leipzig 1899. Wilhelm Engelmann. 549 S. M. 16.

Vielen Lesern dieser Zeitschrift ist gleich dem Referenten das Aufsehen noch in deutlicher Erinnerung, welches vor nunmehr 11 Jahren das Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches erregte. Durch die erfolgreiche Thätigkeit einer von Jahr zu Jahr sich mehrenden Anzahl von Mitarbeitern ist in dem verflossenen Decennium der Ausbau der physikalischen Chemie rüstig vorwärts geschritten; Umfang und Anzahl der Zeitschriften, in denen die hierher gehörenden Arbeiten veröffentlicht werden, haben sich in einer damals kaum geahnten Weise vergrößert; unter diesen Umständen war es ein besonders dankenswerthes Unternehmen des Verfassers, in einer dritten Auflage seines Buches in möglichst knapper und doch überall leicht verständlicher Form das festzulegen, was die wissenschaftliche Forschung an wichtigen Ergebnissen auf diesem Gebiete errungen hat und durch die kurze Skizzierung des geschichtlichen Entwicklungsganges das Verständnis des gegenwärtig Bestehenden zu erleichtern. Ausserlich gleicht die vorliegende Auflage den beiden vorangegangenen, auch ihr Umfang ist gegenüber dem der ersten Auflage nur um etwa 150 Seiten gewachsen. Trotzdem stellt sie bei näherer Betrachtung ein ganz neues Buch dar; denn die Unterabteilungen der beiden Hauptteile: Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre haben im einzelnen so viele Veränderungen nach Inhalt und Gruppierung erfahren, daß nur noch das äußere Gerüst an das frühere Werk erinnert. Dies tritt schon im ersten Teile hervor, der noch am meisten die ursprüngliche Form bewahrt hat. So wird der zweite Hauptsatz gelegentlich der Betrachtungen über die Verdampfungswärme erörtert; im Kapitel „Lösungen“ werden die wichtigen Gesetzmäßigkeiten entwickelt, welche die verdünnten Lösungen zeigen, während die eigentlichen Lösungsvorgänge unter der Lehre vom chemischen Gleichgewicht abgehandelt werden, u. a. m. Daß der Verf. die Verbindungsgewichte der Elemente auf $O = 16$ bezieht (sodass $H = 1,01$ wird), braucht kaum besonders bemerkt zu werden. Dagegen muß die Art und Weise hervorgehoben werden, wie der Verfasser den Zusammenhang zwischen Gasdichte und Verbindungsgewicht gasförmiger Elemente und Verbindungen ohne Benutzung des Atom- und Molekülbegriffs entwickelt; die Ausführungen sind nach Ansicht des Referenten von hoher methodischer

Bedeutung und sollten auch im Schulunterrichte nicht unberücksichtigt bleiben. Den Fachgenossen seien deshalb die auf S. 65 ff. sich findenden Darlegungen auf das Angelegentlichste zur Beachtung empfohlen. (Auf S. 66, Z. 17 v. u. ist durch einen Druckfehler S. 6 st. S. 60 citiert). Vollständig umgearbeitet ist der erste Teil des Kapitels über die Krystallformen, insofern als die Krystallformen in der Weise gruppiert sind, wie es zuerst von Hessel geschehen ist. Hier wäre vielleicht eine etwas größere Ausführlichkeit und die Verwendung von Zeichnungen dem Verständnis förderlich gewesen; der neu in das Gebiet Eintretende wird in Bezug auf das Verständnis der 32 Krystallarten viel Schwierigkeiten zu überwinden haben.

Im zweiten Hauptteil des Buches ist strenger als in den früheren Auflagen das Energieprinzip zur Durchführung gelangt. Ähnlich wie zu Beginn des zweiten Bandes seines großen Handbuches giebt der Verf. in einem einleitenden Kapitel eine Übersicht über die verschiedenen Energiearten und erörtert die Formen der mechanischen Energie, während die Verschiedenheit, in der die chemische Energie umgewandelt werden kann, das Princip für die weitere Einteilung abgiebt. In der Thermochemie findet sich eine wichtige Änderung, insofern als der Verfasser zum ersten Male statt der Calorie durchgängig ihr mechanisches Äquivalent in absoluten Einheiten, das Joule (j) und das Kilojoule (J), einführt. Sollte es ihm gelingen, dadurch der Verwirrung, die in der Litteratur gerade in Bezug auf diese Maßeinheit herrscht, ein Ende zu bereiten, so hätte er sich zu seinen vielen anderen ein neues wissenschaftliches Verdienst erworben. Im Schulunterrichte wird man freilich den anschaulichen Begriff der Calorie schwerlich gegen den durch Abstraktion gewonnenen einzutauschen geneigt sein. Neu eingefügt ist ein Kapitel über die Thermochemie der Salzbildung und der Ionen. Erwähnt sei noch, daß der Verf. die Verschiedenheit des Aggregatzustandes der reagierenden Stoffe in den chemischen Gleichungen nicht mehr wie früher durch verschiedene Typen, sondern durch beigefügte Klammern bezeichnet, sodass z. B. (H_2O) gasförmiges, $[\text{H}_2\text{O}]$ festes Wasser bezeichnet. — Die durchgreifendste Veränderung haben die Kapitel erfahren, welche die chemische Mechanik und die Elektrochemie behandeln: jenes ist auf das Doppelte, dieses auf das Vierfache des früheren Umfanges angewachsen. Gerade in diesen beiden Kapiteln tritt aber die Meisterschaft des Verfassers, durch Hervorhebung des Wesentlichen und Zurückdrängen des minder Wichtigen ein deutliches Bild von dem Darzustellenden zu geben, besonders glänzend hervor.

Die Arbeit, welcher sich der Verf. mit der Herausgabe der vorliegenden Auflage unterzogen hat, ist gewiß nicht gering gewesen; sie wird aber dadurch reich belohnt werden, daß das Buch den Lehren, deren wissenschaftlicher Begründung der Verf. sein Lebenswerk gewidmet hat, neue Freunde, der physikalischen Chemie selbst aber neue Jünger und Mitarbeiter zuführen wird.

H. Böttger.

Leitfaden für den wissenschaftlichen Unterricht in den Anfangsgründen der Chemie. Für höhere Lehranstalten u. s. w. von W. Casselmann. 6. umgearbeitete Auflage von Georg Krebs.

I. Cursus. Mit eingedruckten Holzschnitten im Text. Wiesbaden, Bergmann 1899.

Die neue Auflage des vorliegenden Buches weist gegenüber der vorhergehenden nur geringe Veränderungen auf, weshalb auf die empfehlende Besprechung in Bd. 1 dieser Zeitschrift, S. 225 verwiesen werden kann. Bei der Durchsicht sind dem Referenten folgende Ungenauigkeiten aufgefallen. Aus der Erklärung S. 59, Absatz 3 könnte hergeleitet werden, daß eine Substanz nur dann dimorph ist, wenn sie in zwei Krystallsystemen krystallisiert, was, wie das Beispiel von Anatas und Rutil lehrt, nicht richtig ist. — Die Formel N_2O_2 (S. 67) ist wegen des Ergebnisses der bis zu -110° herab ausgeführten Dampfdichtebestimmungen unzulässig. — Der rote Phosphor (S. 72) ist nach den Untersuchungen von Retgers nicht amorph, sondern krystallisiert hexagonal. — Das durch Fällung entstehende Magnesiumkarbonat hat nicht die Formel MgCO_3 (S. 105), sondern ist ein basisches Salz. — Auf S. 65 finden sich zwei störende Druckfehler, es muß heißen, Z. 17 Rayleigh; Z. 10 v. u. Ozon, dessen Vorkommen in der Luft übrigens zweifelhaft ist.

H. Böttger.

Stereochemische Forschungen. Von W. Vaubel. Heft 1 und 2. München, Rieger 1899. 78 und 79 S. M. 6.

Im ersten Heft stellt der Verf. die verschiedenen Formeln zusammen, die bisher benutzt worden sind, um die Struktur der Benzolderivate zu erklären und erörtert dann im Speziellen die von ihm für richtig gehaltene Strukturformel, die bereits von J. E. Marsh i. J. 1888 als möglich hingestellt worden ist, und im Gegensatz zu den von Kekulé, Bayer, Ladenburg u. a. Forschern aufgestellten Formeln die räumliche Verteilung der Kohlenstoffvalenzen zu Grunde legt. Die Ausführungen des Verf. decken sich im Wesentlichen mit denen, die er, wenn wir nicht irren, seit dem Jahr 1892 im Journ. f. praktische Chemie veröffentlicht hat. Im zweiten Heft dehnt er die stereochemischen Betrachtungen auf andere Nichtmetalle (Wasserstoff, Sauerstoff und namentlich Stickstoff) aus und

betrachtet die Konstitution der Verbindungen von dem Gesichtspunkte aus, daß die Valenzen aller dieser Elemente in bestimmter Weise räumlich verteilt sind. Eine Erörterung der Gründe, die für und wider die vom Verf. vorgetragenen Ansichten sprechen, liegt vollständig außerhalb des Rahmens dieser Zeitschrift, weshalb dieser kurze Hinweis auf den Inhalt der beiden Hefte genügen mag. *H. Böttger.*

Chemiker-Kalender 1900. Von Rudolf Biedermann. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmaceuten, Hüttenmänner u. s. w. 21. Jahrgang. Mit einer Beilage. Berlin 1900. J. Springer.

Der Hauptteil des 21. Jahrganges unterscheidet sich hinsichtlich seiner Einteilung nicht von den früheren Jahrgängen; in den Tabellen sind die (allerdings nicht sehr zahlreichen) Neubestimmungen berücksichtigt worden, welche in Bezug auf Volumgewicht und Löslichkeit ausgeführt worden sind. Von Wichtigkeit ist die Aufnahme der Atomgewichtstabelle der d. chem. Gesellschaft. Soll daneben noch das Atomgewicht des Wasserstoffs als Einheit beibehalten werden, so ist jedenfalls der Wert 15,96 für den Sauerstoff durch den nach Morley's u. a. Untersuchungen richtigen Wert 15,88 zu ersetzen, und danach sind die Zahlenwerte in der letzten Spalte auf S. 3 und 4 umzurechnen. Die Beilage ist wiederum wesentlich erweitert worden; es sind nicht nur die Ergebnisse neuerer thermochemischer Messungen an den betreffenden Stellen aufgenommen worden, sondern es haben auch andere Teile der physikalischen Chemie, wie osmotischer Druck, elektrolytische Dissociation u. s. w. durch eine kurze Darlegung ihrer Lehren und die Angabe eines möglichst umfangreichen Zahlenmaterials eine weitgehende Berücksichtigung erfahren. So wird auch dieser Jahrgang ein brauchbares Hilfsmittel für alle sein, die auf dem Gebiete der Chemie arbeiten, besonders wird der Lehrer oftmals die zahlreichen Konstanten benutzen können, die das Buch enthält. *H. Böttger.*

Monographien aus der Geschichte der Chemie. Herausgegeben von Dr. Georg W. A. Kahlbaum. Leipzig, Joh. Ambr. Barth.

III. Heft: Berzelius' Werden und Wachsen. 1779—1821. Von H. G. Söderbaum. Mit einem Titelbild. 1899. XII und 228 S. M. 6, geb. 7,30.

IV. Heft: Christian Friedrich Schönbein. 1799—1868. Ein Blatt zur Geschichte des 19. Jahrhunderts. Von Georg W. A. Kahlbaum und Ed. Schaer. I. Theil (von G. Kahlbaum). Mit einem Titelbild. 1900. XIX und 230 S. M. 6, geb. 7,30.

V. Heft: Justus von Liebig und Christian Friedrich Schönbein. Briefwechsel. 1853—1868. Herausgegeben von Georg W. A. Kahlbaum und Ed. Thon. 1900. XXI und 278 S. M. 6, geb. 7,30.

Die Kahlbaumschen „Monographien“ bilden eine ganz eigenartige Erscheinung in der chemisch-historischen Litteratur. Gründlichste Quellenforschung, subtilste Detailgebung — derart, daß man in der Lage ist, die Forscher aus ihren eigenen Worten heraus, in ihrer Stellungnahme gegenüber den Problemen kennen zu lernen — sind ihr charakteristisches Gepräge. Hat diese Behandlungsweise zuweilen eine gewisse, jedoch nie lästig werdende Breite im Gefolge, so hat man andererseits bei der Lektüre immerfort die Empfindung, auf sicherem Grund und Boden zu stehen, der historischen Wirklichkeit ins Gesicht zu sehen; und wenn man auch dem Urteil der Herausgeber, mit dem diese gegebenen Falls nicht zurückhalten, zumeist folgen wird, so ist durch die erwähnten Umstände doch auch die Möglichkeit des eigenen begründeten Urteilens gegeben. So bilden die „Monographien“ für die behandelten Gebiete außerordentlich wertvolle Nachschlagewerke, die bei einschlägigen Detailfragen gewiß selten im Stich lassen werden. Da sie auch sonst ihrem Inhalte nach geeignet sind, das Interesse dauernd zu fesseln, so ist ihnen das günstigste litterarische Prognostikon zu stellen, zumal wenn es wie bisher gelingt, mit den aktuellen Problemen richtige Fühlung zu behalten und hiernach die rechten Persönlichkeiten und rechten Arbeiten herauszugreifen.

Letzteres Moment trifft in positiver Weise zu für das IV. und V. Heft, also für die Biographie Schönbeins und den Briefwechsel zwischen J. v. Liebig und Chr. Fr. Schönbein. Die Gestalt Christian Friedrich Schönbeins darf bei dem jetzigen Aufblühen der physikalischen Chemie ein besonderes Interesse beanspruchen, Schönbein erscheint uns hier als einer ihrer bedeutendsten Vorläufer. Seine Forschungsmethode, wie sie uns in den beiden Werken greifbar vor Augen geführt wird, kann in dieser Beziehung geradezu als vorbildlich gelten. — Von der Biographie (Heft IV) liegt der erste, mit einem wohl gelungenen Bildnis Schönbeins verzierte Teil von G. Kahlbaum vor (der zweite von Ed. Schaer bearbeitete wird unmittelbar nachfolgen); ein ungemein reichhaltiges Material liegt darin wohlverarbeitet vor; nicht nur den Forscher mit seiner echt deutschen Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit, sondern auch den gemütvollen Menschen findet man

hier bis ins Kleinste getreu geschildert. — In dem Briefwechsel (Heft V) befolgten die Herausgeber die Grundsätze: „absolut diplomatisch getreue Wiedergabe; wo immer thunlich, Beifügung erläuternder Notizen und Glossen“. Die Art, wie diese Grundsätze zur Durchführung gebracht werden, im Verein mit der im Anfang gebotenen Zusammenstellung von kurzen Inhaltsangaben aller Briefe, wodurch eine schnelle Orientierung ermöglicht ist, verdient für ähnliche historische Publikationen als Norm festgehalten zu werden. Dafs Schönbein sich hier als der unermüdlich fleissige Mensch auch im Briefschreiben zeigt — der bei weitem grössere Teil des Buches besteht aus seinen Briefen — sei nebenhin erwähnt. Eine Ergänzung findet übrigens dieser Briefwechsel durch eine frühere Veröffentlichung desselben Herausgebers: „20 Briefe gewechselt zwischen Berzelius und Schönbein“ (d. Ztschr. XII 249).

Hinsichtlich der Berzelius-Biographie (Heft III) war die Beschränkung auf den oben angegebenen Zeitraum dadurch geboten, dafs eine Hauptquelle für eine vollständige Biographie zur Zeit noch unzugänglich war: Berzelius' Briefwechsel mit seinem Lieblingsschüler Friedrich Wöhler, der mit dem gedachten Zeitpunkt seinen Anfang nahm; nach der letztwilligen Verfügung Wöhlers darf diese im Besitz der schwedischen Akademie befindliche Sammlung nicht vor dem Jahre 1900 (dem hundertjährigen Geburtstag Wöhlers) geöffnet werden. So wird denn der erste Berzelius, der als Schüler kein „Licht“ war und den klassischen Sprachen lau gegenüberstand, der „Jüngling, der nur zu zweifelhaften Hoffnungen berechtigte“ (Worte des Abgangszeugnisses), der aber schon frühzeitig mit heissem Eifer gleich seinem Landsmann Linne botanischen und zoologischen Studien oblag, uns geschildert und durch seine Studienjahre und sein erstes mit mancherlei Schwierigkeiten verbundenes Auftreten hin verfolgt. Die weiteren vier Kapitel behandeln die Periode der elektrochemischen Untersuchungen, die Lavoisier-Berzelius'sche Sauerstofftheorie, die bestimmten Proportionen, die chemische Sprache — in gleichfalls sorgfältigster Weise, wovon die zahlreichen Zusätze und Erläuterungen unter dem Text, die in deutscher Sprache gegebenen Citate u. a. Zeugnis ablegen. Eine wertvolle Beigabe bildet die alphabetische Aufzählung der sonst nur chronologisch geordneten Ergebnisse von Berzelius' gesamten stöchiometrischen Forschungen, die mit Aluminium und Antimon beginnend bis zum Zinn und Zirkon fortgesetzt wird. Auch in diesem Buche tritt der Zusammenhang der behandelten Forschungen mit Problemen der Gegenwart mehrfach hervor.

So sind denn diese Hefte, in besonderem Mafse aber die beiden letzten, allen, die an der Entwicklung der physikalischen Chemie mitarbeiten oder sonst Anteil nehmen, als zeitgemäße Gaben angelegentlichst zu empfehlen.

O. Ohmann.

Leitfaden für den Unterricht in Chemie und Mineralogie. Von Prof. A. Wilke. Unveränderte Ausgabe. Kiel, M. Liebscher, 1899. 88 S.

Der hauptsächlich für sechsstufige Lehranstalten bestimmte Leitfaden zerfällt in einen kurzen „Chemischen Teil“ (S. 3—32) und einen etwas ausführlicheren „Mineralogischen Teil“ (S. 35—81). In ersterem werden in 16 Paragraphen „Metalle, Metallasse (§ 1); Sauerstoff, Stickstoff, atmosphärische Luft (2); Darstellung des Sauerstoffs, Grundstoffe (3); Kalium und Natrium, Wasserstoff (4); Hydroxyde, Einteilung der Metalle (5)“ u. s. w. behandelt, wobei die wichtigsten chemischen Grundbegriffe allerdings mehr angeschlossen als hergeleitet werden. Im ganzen genügt der Leitfaden hinsichtlich der Stoffanordnung wie der Entwicklung und Begründung der chemischen Hauptbegriffe strenger Anforderungen nicht; so wird beispielsweise auch die Art, wie die chemische Zeichensprache und der Atombegriff ohne rechte Begründung eingeführt werden, auf wenig Zustimmung rechnen können. Auch die figürliche Seite ist ziemlich mangelhaft, z. B. die Figur der Chlorentwicklung (S. 25), selbst abgesehen von der im Umfallen begriffenen Kochflasche, ganz verfehlt. Im zweiten Teil, in dem die wichtigsten Mineralien, geordnet nach den üblichen chemischen Klassen, beschrieben, sowie einige zweckentsprechende geologische Grundbegriffe gegeben sind, ist die Darstellung etwas glücklicher. O.

Methodischer Leitfaden für den Anfangsunterricht in der Chemie. Von Prof. Dr. W. Levin. 3. Aufl. Berlin, O. Salle 1899. M. 2.

In der vorliegenden Ausgabe sind die früher getrennten Abschnitte Verbindungsgewicht, Atom und Molekül, zu einem zusammengefaßt, auch ist die eine und andere Figur neu hinzugefügt, oder weggenommen und durch eine zweckmässigere ersetzt worden. Dasselbe gilt von einigen Versuchen. Diese Verbesserungen verdienen Anerkennung. Im übrigen müssen wir besonders hinsichtlich der Strenge der Induktion und des ganzen methodischen Verfahrens an dem früheren einschränkenden Urteil (d. Ztschr. VI. 105 XI 194) festhalten. Wenngleich die in der vorigen Besprechung erwähnte fehlerhafte Tabelle der Molekulargewichte jetzt ganz fortgelassen ist, so ist dennoch im Buche selbst der Begriff des Molekulargewichtes vielfach, zumal in den Fragen, in falschem Sinne gebraucht.

Ohne Sinn für die Molekulargewichtsbestimmung ist die Frage (S. 31), welches Gewicht man für 1 Liter „Wasserdampf bei 0°“ berechnen könnte. Wenig rationell ist ferner der Versuch, dadurch zum Stickstoff zu gelangen, daß man unter der Glasglocke Spiritus verbrennen läßt, zumal für die Sauerstoffabsorption bessere Versuche vorliegen. ().

Einführung in die Chemie. Von Prof. Dr. Lassar-Cohn, Königsberg i. Pr. Mit 58 Abbild. Hamburg u. Leipzig, L. Vofs, 1899 XII u. 299 S. M. 4.

Die vorliegende Einführung, die sich der Hauptsache nach auf das anorganische Gebiet beschränkt, ist für den Gebrauch der Zuhörer von Volkshochschul-Vorträgen berechnet. Sie steht in naher Beziehung zu den in dieser Ztschr. (X 266) besprochenen Vorträgen desselben Verfassers „Die Chemie im täglichen Leben“, will aber im Gegensatz zu jenen Einzelbildern die Chemie in einem gewissen systematischen Zusammenhange vortragen. Im ganzen können wir dem Buch aber den Wert jener Vorträge nicht zusprechen. Besonders zu beanstanden sind die — man möchte sagen zum Glück nicht zahlreichen — Abbildungen, die in Bezug auf Zeichnung wie auch auf technische Herstellung sehr viel zu wünschen übrig lassen; für den ausgesprochenen Zweck des Buches wären gerade besonders klare Abbildungen am Platze gewesen. Auch in methodischer Hinsicht bietet das Buch keinen Fortschritt, obgleich im Vorwort eine besondere „Vortragsform“ versprochen wird, auf die auch die „Lehrer der Chemie, die bisher kein besonderes Gewicht auf ihre Methode gelegt haben“ verwiesen werden. Es ist jedoch im Gegenteil zu wünschen, daß die oft sehr breite, im Gesprächston gehaltene und stilistisch keineswegs unanfechtbare Ausdrucksweise nicht im Unterricht an höheren Lehranstalten Nachahmung finde. Abgesehen hiervon finden sich aber in dem Buche manche gute Einzelbilder, besonders sind in dieser Beziehung die das Organische behandelnden Abschnitte hervorzuheben, auch ist manche eigenartige Versuchsbeschreibung anzutreffen. In besonderem Maße ist allenthalben die atomistische Hypothese zur Erklärung herangezogen — der Seitenhieb auf die neueren Philosophen, die es „nicht für nötig halten, irgend etwas experimentell zu belegen“ (S. 68), wäre aber besser unterblieben. Auf Einzelheiten können wir hier nicht eingehen, nur sei erwähnt, daß die Darstellung von der Entstehung des Stäfsfurter Salzlagers (48, 49) im wesentlichen verfehlt ist. In einem Nachwort wird die neue Atomgewichtstabelle mit der Grundlage $O = 16$ hinsichtlich ihrer pädagogischen Unzweckmäßigkeit mit Recht angegriffen (vergl. d. Ztschr. XIII 180). ().

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus in Göttingen.

Vom 19. April bis 1. Mai 1900.

Zu dem diesmaligen Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen waren 19 Teilnehmer erschienen. Der Schwerpunkt der behandelten Gegenstände war in anerkennenswerter Weise nach der Seite der praktisch-technischen Anwendung der mathematisch-physikalischen Wissenschaften verlegt worden.

Neben allgemeinen Erörterungen über die für den Schulunterricht in Betracht kommenden Teile der angewandten Mathematik und insbesondere über technische Mechanik, welches Thema Prof. Dr. Klein zum Gegenstand seiner Vorträge gemacht hatte, wurden an mathematischen Gegenständen behandelt: Darstellende Geometrie von Prof. Dr. SCHILLING, elementare Geodäsie von Prof. Dr. WIECHERT und Elemente des Versicherungswesens von Prof. Dr. BOHLMANN.

Über die aus dem Gebiete der Physik, des physikalischen Unterrichts und der technischen Anwendungen der Physik gehaltenen Vorträge soll im Folgenden kurz berichtet werden.

Herr Oberlehrer Professor BEHRENDSEN trug vor über die Behandlung der Wellenlehre im Unterricht höherer Schulen unter Benutzung der ausserordentlich reichhaltigen Sammlung bezüglich der Demonstrationsmittel des Göttinger Gymnasiums.

Ausgehend von dem Begriff der einfachen Schwingung zeigte der Vortragende unter Heranziehung schöner, zum Teil selbst erdachter Veranschaulichungsmittel, wie man stufenweis im Schüler eine Vorstellung von dem Wesen einer Wellenbewegung entwickeln könne. Die verschiedenen Arten der Wellen, ihre Reflexion und ihre Zusammensetzung wurden in der Wirklichkeit, in Modellen und an den Wellenmaschinen von Weinhold und von Mach zunächst allgemein gezeigt, worauf dann der Vortragende die wichtigsten Gebiete der experimentellen Physik durchging, in denen Wellenbewegungen eine Rolle spielen. In seinem Vortrag wie in dem sich daran anschließenden freien Meinungsaustausche wußte derselbe den Teilnehmern aus dem Schatze seiner Erfahrungen Winke zu geben, wie man auch mit beschränkteren Mitteln auf dem Gebiete der experimentellen Physik auf der Höhe

bleiben und den Anschluß auch an die modernen wissenschaftlichen Ergebnisse (Hertz'sche Wellen, drahtlose Telegraphie, lichtelektrische Erscheinungen u. a.) behalten könne.

Herr Prof. RIECKE hielt eine sechsstündige Experimentalvorlesung über elektrische Entladungserscheinungen in verdünnten Gasen. Als Stromquellen diente bei den Versuchen neben einer Influenzmaschine und einem großen Induktorium die im physikalischen Institut aufgestellte Hochspannungsbatterie von etwa tausend Elementen. Soweit eine erklärende Theorie für die Erscheinungen vorhanden ist, wurde sie den Versuchen vorangestellt.

Nach allgemeiner Charakterisierung der in Geislerschen Röhren auftretenden Phänomene wurde zunächst das positive Licht untersucht. Insbesondere wurde der Zusammenhang zwischen Spannungsdifferenz und Stromstärke, der Abfall des Potentials und der Verlauf der Kraft innerhalb der Röhre unter Darlegung der zur Untersuchung dieser Größen geeigneten Experimentalanordnungen erörtert. Bezüglich der Kathodenstrahlen wurden die für die Bewegung der negativ geladenen Teilchen unter Berücksichtigung äusserer magnetischer und elektrostatischer Kräfte massgebenden Gleichungen entwickelt, worauf dann die nach diesen Gleichungen zu erwartenden Erscheinungen in einer Reihe schöner Versuche aufgezeigt wurden. Ebenso wurde das Verhalten der positiven Entladung, sowie die des negativen Glimmlichtes im magnetischen Felde eingehend untersucht. Den Beschluß der Vorlesung machte der Nachweis des Austrittes der Kathodenstrahlen in die Luft.

Herr Prof. SIMON trug vor über lichtelektrische Versuche. Einleitend wies der Vortragende hin auf die bedeutsame Rolle, welche die aktinoelektrischen Erscheinungen für das sich mehr und mehr klärende, aus den Anschauungen der Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorie sich ergebende physikalische Weltbild haben dürften. Die Grundrisse dieser Theorie wurden angedeutet, worauf sich dann der Vortragende den Versuchen selbst zuwandte. Es wurde gezeigt, wie die Bestrahlung der Kathode mit violetten Strahlen die zur Entladung nötige Spannungsdifferenz erheblich vermindert, wie die negative Ladung einer Zinkplatte bei Bestrahlung verschwindet und wie die Strahlung allein imstande ist, eine geringe positive Ladung hervorzurufen.

Weitere Versuche bezogen sich auf lichtempfindliche Zellen, auf die Abhängigkeit der Wirkung von der Polarisierung des einfallenden Lichtes, auf die aktinoelektrische Wirksamkeit der Röntgenstrahlen u. a. Zum Schluß suchte der Vortragende eine Erklärung der beobachteten Erscheinungen auf Grund der Maxwellschen Theorie zu geben.

In den Vorträgen der Herren Prof. DESCODRES und Prof. EUGEN MEYER war den Teilnehmern des Ferienkurses Gelegenheit gegeben, die seit einigen Jahren in Göttingen getroffenen Einrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik kennen zu lernen.

Herr Prof. DESCODRES gewährte in seiner achtstündigen Vorlesung über „Gleichstrom und Wechselstrom in ihrer Verwendung bei elektrischen Centralen“ einen Einblick in die Betrachtungsweise und die Rechnungshilfsmittel des Elektrotechnikers. Nach Einführung der „Kraftliniensprache“ wurde der Begriff des „magnetischen Kreises“ erläutert und die experimentellen Hilfsmittel zur Bestimmung der Permeabilität vorgeführt. Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigte sich dann mit den maschinellen Mitteln der Stromerzeugung. Die für die Konstruktion der Anker- und Feldmagnete und für die Bewickelung des Ankers massgebenden Gesichtspunkte wurden dargelegt und die Charakteristik einer Gleichstrommaschine praktisch aufgenommen. Weiterhin ging der Vortragende ein auf die Bedeutung des Wechselstromes, auf seine Erzeugung, seine Transformation und seinen Transport und führte eine Reihe von Wechselstrommotoren vor. Ihren Abschluß fand die inhaltreiche Vorlesung in einer Besichtigung des städtischen Elektrizitätswerkes.

Herr Prof. EUGEN MEYER sprach über die Physik der Wärmekraftmaschinen. Nach einer kurzen historischen Einleitung wurde die thermodynamische Theorie der Dampfmaschine entwickelt, der sich im Cylinder dieser Maschine abspielende Kreisprocess eingehend betrachtet und insbesondere die Bedeutung des Kesseldrucks, des Condensators, der Expansion und des Wärmeaustausches für den Nutzeffekt der Dampfmaschine erörtert. Darauf folgten noch Bemerkungen über Maschinen mit zweifacher Expansion, über Drei- und Viercylindermaschinen und über Heissdampfmaschinen.

Von den Verbrennungskraftmaschinen wurde ausführlich der Leuchtgasmotor behandelt. Die Frage nach einem Ersatz für Leuchtgas gab Veranlassung zur Charakterisierung der Benzin-, Petroleum- und Spiritusmotoren, sowie zu Bemerkungen über die Verwendung von Kraftgas und die moderne Ausnutzung der Gichtgase durch die Eisenindustrie. Der ausserordentlich klare Vortrag des Herrn Prof. Meyer wurde in seiner Anschaulichkeit noch unterstützt durch eine Reihe von Demonstrationen im maschinentechnischen Laboratorium. Die dort vorhandene Dampfmaschine und der Gasmotor¹⁾

¹⁾ Aufser den erwähnten beiden Maschinen enthält das Laboratorium noch einen 20pferdigen Dieselmotor, einen Petroleummotor, eine Lavalturbine, einen Kraftgasgenerator sowie eine Kälteerzeugungsanlage.

wurden in ihren wesentlichen Teilen zerlegt vorgeführt, sodann wieder in Betrieb gesetzt, worauf eine Reihe von Indikator diagrammen an ihnen aufgenommen wurden. An die Vorlesung schloss sich noch eine Excursion nach der Tuchfabrik von Ferdinand Levin. Md.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

Sitzung am 23. Oktober 1899. Herr BOAS setzte eingehend die Grundgedanken und den Bau der modernen Funkeninduktoren auseinander. Er beschrieb den von ihm erfundenen Turbinenunterbrecher. Er zeigte die verschiedenen Leistungen der A. E. G.-Induktoren durch zahlreiche Versuche: die Funkenlänge, den Flammenbogen, Teslaerscheinungen, Röntgendurchleuchtungen, die verschiedene Wirkung des Baryumplatincyanürs und des wolframsauren Calciums.

Sitzung am 6. November 1899. Herr HETTCHEM setzte die Vorzüge des Anschlusses der physikalischen Kabinette an eine elektrische Centrale auseinander. Er gab an, in welcher Weise man die überflüssige Spannung des Stromes unschädlich machen bzw. nutzbringend verwerten könne. Er führte eine Tudorbatterie mit dem von ihm angegebenen Pachytrop vor. Er zeigte eine einfache Anordnung des Wehneltischen Unterbrechers und demonstrierte damit die Energieübertragung durch hochgespannte Ströme. Er zeigte ein neues Aräometer zur bequemen Prüfung der Accumulatoren säure.

Sitzung am 20. November 1899. Herr BÖTTGER schilderte die reduzierende Wirkung des Aluminiums. Er demonstrierte die Wirkung einer von Goldschmidt in Essen hergestellten Mischung aus Eisenoxyd und Aluminium. Die bei der Reduktion des Eisens eintretende hohe Temperatur (2500°) kann zum Glühendmachen von Nieten und zum Löten verwandt werden; beides wurde ebenfalls vorgeführt. Ähnliche Reduktionen mittelst Aluminium dienen zur Herstellung von Chrom, Mangan und Wolfram. Der Vortragende schilderte das Verhalten des Chroms in verschiedenen Säuren und bei verschiedenen Temperaturen und demonstrierte dessen merkwürdige elektrolytische und elektromotorische Eigenschaften. Er zeigte einen elektrischen Ofen, dessen Tiegelsubstanz Retortenkohle ist, und stellte in demselben aus einer Mischung von Marmor und Kienrufs Calciumcarbid her.

Sitzung am 4. Dezember 1899. Herr HOPE demonstrierte einen billigen Ersatz eines Pachytropen. Er erörterte die Frage der Anstellung eines Laboratoriumsdieners an den höheren Lehranstalten und faßte seine Ausführungen in folgende Resolution zusammen: „Es ist zu erstreben, daß, namentlich an den realen Anstalten, ein Diener für die niederen mechanischen Arbeiten in den physikalischen und chemischen Laboratorien angestellt werde, der zugleich einige Kenntnis von Drechsler- und Tischlerarbeiten hat. Bei Neubesetzung von Heizstellen für die Centralheizung ist darauf Bedacht zu nehmen, solche Kräfte heranzuziehen, die geeignet sind, zugleich die Arbeiten eines Laboratoriumsdieners zu übernehmen.“ — Herr HEYNE machte einige Mitteilungen über den Bezug der im Aluminiumverfahren rein dargestellten Metalle, wie Chrom und Mangan.

Sitzung am 22. Januar 1900. Herr HEYNE wies auf die im Dorotheenstädtischen Realgymnasium demnächst stattfindenden Demonstrationen des Mechanikers Hinze über die wichtigsten mechanischen Arbeiten hin. Er besprach den Nutzen, der zu erwarten sei, wenn seitens der königl. oder städt. Behörden ein Mechaniker durch Gewährung einer Entschädigung verpflichtet würde, ein Lager von häufig gebrauchten Materialien zu halten und zu Engrospreisen abzugeben. — Herr KOPPE sprach über Messung von Flächen und die dazu gebrauchten Instrumente. Er beschrieb ein Orthogonalplanimeter, das Polarplanimeter von Amsler, sowie das Prytzsche Beilplanimeter und zeigte die Anwendung dieser Instrumente. — Herr SZYMANSKI zeigte ein Planimeter von Eckert, das dem Prytzschen ähnlich ist, aber statt des Beils ein verstellbares Rad enthält. Derselbe demonstrierte einige Ellipsenzirkel.

Sitzung am 3. Februar 1900. Herr SZYMANSKI demonstrierte eine Wellenmaschine nach Silvanus Thompson: eine grosse mit gläsernem Boden versehene, mit Wasser gefüllte Wanne auf hohen Füßen; die auf der Wasseroberfläche erzeugten Wellen werden durch eine unter der Wanne befindliche Bogenlampe an die Zimmerdecke projiziert. — Derselbe gab einen Ueberblick über die physikalischen Grundlagen der Photochromie. Er beschrieb das Zenkersche Verfahren und demonstrierte die Vogelsche Methode des Dreifarbendrucks. Er zeigte die Wiedergabe von Farben nach der Methode von Ives, bei der ebenfalls drei Aufnahmen nötig sind. Er demonstrierte das Rasterverfahren von Jolly, der hierbei mit einer Platte auskommt, und wies auf die Arbeiten von Lippmann und Neuhauss hin. Er demonstrierte ferner durch Projektion die allmähliche Farbenänderung einer Seifenblase und zeigte zwei neue Voltmeter und Amperemeter von Keiser und Schmidt.

Sitzung am 19. Februar 1900. Herr SCHWALBE wies auf die demnächst erscheinende Neuauflage des Zenkerschen Werks hin. — Herr HETTCHEM hob die bedeutende Vervollkommenung des Zenkerschen Verfahrens durch Neuhauss hervor. — Die in der Sitzung vom 4. Dezember 1899 von

Herrn Hupe angeregte Frage der Anstellung eines Laboratoriumsdieners wurde Gegenstand einer eingehenden Besprechung. — Herr HEYNE sprach über Automobile und Automobilmotoren. Er beschrieb die Einrichtung der Explosionsmotoren mit Benzin, die Vorrichtungen zur Zündung und Kühlung, die Art der Uebertragung, die Vorrichtungen zum Vor-, Rückwärts- und Seitlichfahren, zur Ein- und Ausschaltung. Er gab Zahlen für Gewicht und Pferdestärke verschiedener Automobilmotoren.

Mitteilungen aus Werkstätten.

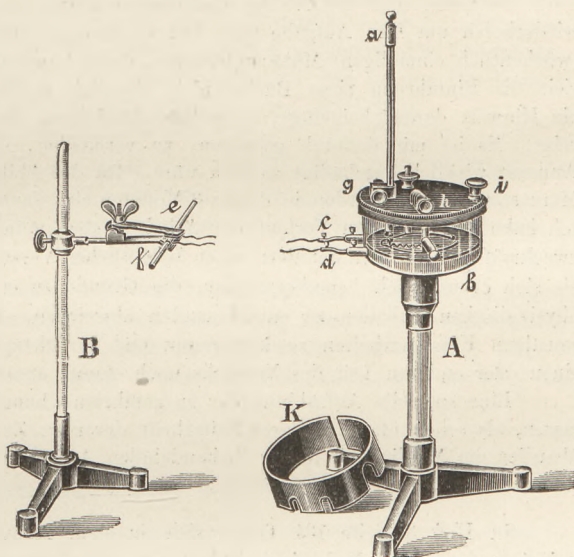
Erreger für stehende elektrische Wellen nach Blondlot-Coolidge.

Von E. Leybold's Nachfolger in Köln a. Rh.

Mit Hülfe dieses Apparates, der bereits in d. Zeitschr. XII 361 kurz beschrieben ist, lassen sich Knoten und Bäuche stehender elektrischer Wellen an zwei frei ausgespannten Drähten demonstrieren, auch kann man sowohl die Grundschwingung wie mehrere Nebenschwingungen isolieren und messen.

In einem mit Petroleum gefüllten cylindrischen Gefäß befinden sich zwei halbkreisförmige, in Kugeln endende Drähte, deren Enden *a* und *b* mit der sekundären Spule eines Tesla-Transformators verbunden sind. Unter diesem Erregerkreis liegt, durch eine Glimmerplatte getrennt, ein zweiter kreisförmiger, dem ersten an GröÙe gleicher Draht, der in die Klemmen *c* und *d* mündet. In diese letzteren werden die $\frac{1}{10}$ mm dicken Kupferdrähte geklemmt, deren andere beiden Enden an einem entfernt aufgestellten Stativ *B* befestigt sind. Zum Betriebe ist ein Funkeninduktor von mindestens 10 cm Funkenlänge, 4 Leydener Flaschen von je 40 cm Höhe nebst Funkenstrecke und Öltransformator erforderlich. Setzt man den Induktor in Thätigkeit, so geraten die Drähte ihrer ganzen Länge nach ins Leuchten. Der Erregerkreis ist auÙer der wirksamen Funkenstrecke noch mit einer zweiten Zuführungsfunkens-
strecke versehen, beide werden durch die Schrauben *g* und *h* so reguliert, daÙ die beiden Drähte ein möglichst intensives Licht ausstrahlen. Um eine Schwingung zu isolieren, wird die gröÙste der beigegebenen Drahtbrücken in der Nähe von *c d* auf die Drähte gehängt und die zweitgröÙste Brücke auf den Drähten hin- und hergeschoben, bis man einen hell aufleuchtenden Wellenbauch und einen vollständig dunklen Knoten wahrnimmt. Nach der längsten Welle kann man auch die nächst höheren Nebenschwingungen herausfinden. Die Länge aller dieser Wellen ist dann mit einem Maßstab ausmessbar.

Der Preis eines Erregers nebst Stativ für das Festhalten der gespannten Drähte und sonstigem Zubehör beträgt M. 75.



Correspondenz.

Von Herrn Oberlehrer SCHREIBER in Neuwied sind uns folgende Bemerkungen über physikalische Schülerübungen am Gymnasium zugegangen:

Die grosse Bedeutung, welche das Experiment für das Verständnis physikalischer Vorgänge besitzt und welche noch vervielfacht wird, wenn das Experimentieren dem Schüler selbst ermöglicht wird, giebt Veranlassung, trotz aller entgegenstehenden Schwierigkeiten immer wieder Umschau zu halten, auf welche Weise sich physikalische Schülerübungen einrichten lassen. An kleineren Gymnasien tritt als erschwerender Umstand hinzu, dafs die vorhandenen Lehrkräfte eben ausreichen, um bei Belastung mit der Maximalstundenzahl die lehrplanmässige vorgeschriebenen Unterrichtsstunden in der Mathematik und Physik zu erteilen, so dafs also eine Anrechnung der für einen, nachmittags einzurichtenden Übungskursus aufgewendeten Zeit auf die Pflichtstundenzahl gar nicht in Frage kommen könnte.

Nun läßt sich aber nach meinen Erfahrungen die physikalische Lehraufgabe der Ia des Gymnasiums mit einer kleinen Schülerzahl in $\frac{3}{4}$ Jahren erledigen: Optik im Sommer, mathematische

Geographie von Herbst bis Weihnachten. Die Zeit reicht um so mehr aus, als ja die Einübung des Pensums durch rechnende Aufgaben zum großen Teil der Mathematikstunde zufallen wird¹⁾. Ich habe deshalb am Königlichen Gymnasium zu Neuwied im letzten Vierteljahr mit Genehmigung des Direktors physikalische Experimentierübungen in Ia eingerichtet. Zu diesem Zwecke wurden die beiden wöchentlichen Physikstunden durch Tausch zusammengelegt. Die Räume reichten aus, das physikalische Lehrzimmer und der Nebenraum (in welchem die Apparate in 12 Schränken untergebracht sind) enthalten 2 große und einen kleineren Experimentiertisch, auch tischartige Fensterbänke, die zum Arbeiten benutzt werden konnten. Daneben standen noch andere Räume zur Verfügung. Die 10 Schüler waren in Gruppen von je 2 geteilt. Jedes Paar erhielt in der Stunde vorher zum Zwecke der häuslichen Vorbereitung eine kurze schriftliche Anleitung zu den auszuführenden Versuchen mit Angabe der zu benutzenden Apparate, einen Hinweis auf etwaige Fehlerquellen und deren Vermeidung. Auf diese Weise konnten die 2 Stunden wirklich ganz zum Arbeiten verwendet werden. Da ferner die Übungen nicht nur an das Oberprimapensum anknüpften, sondern ebenso häufig den Lehraufgaben früherer Klassen entnommen waren, so hatte das häusliche Studium der Anleitungen noch das Gute, daß die Schüler des öfteren gezwungen waren, früher durchgenommene Kapitel zu wiederholen um ihre Aufgabe verstehen zu können. Ich habe mich allerdings jedesmal der kleinen (wöchentlich einmaligen) Mühe unterzogen, diese Anweisungen selbst aufzuschreiben, da für die kurze Zeit die Einführung eines Buches nicht thunlich erschien. Meist wurde diesen Instruktionen auch ein Hinweis darauf beigefügt, in welcher Beziehung die Apparate besonders vor Schaden zu hüten seien. Es ist mir dadurch gelungen, zu vermeiden, dass während der ganzen Zeit auch nur ein Apparat wirklich beschädigt worden wäre. Da das Abiturientenexamen erst in den letzten Tagen des März stattfand, so wurden in diesen 3 Monaten eine ganze Reihe von Experimentieraufgaben behandelt. Ich habe mir über den Verlauf der Arbeiten stets mündlich referieren lassen, es scheint mir jedoch zweckmäßiger von den Schülern einen schriftlichen Versuchsbericht ausarbeiten zu lassen, bei welchem sie sich event. auch bemühen sollen, die Gründe zu erörtern, weshalb ihre Resultate von den aus physikalischen Tabellen zu entnehmenden abweichen. Diese Berichte würden ganz nach Art von sonstigen Klassenarbeiten zu korrigieren und zurückzugeben sein mit der event. Aufforderung, den einen oder anderen Teil des Versuchs noch einmal auszuführen.

Eine spezielle Aufzählung der ausgeführten Übungsaufgaben möchte ich hier um so eher unterlassen, als schon öfter in dieser Zeitschrift derartige Zusammenstellungen veröffentlicht wurden und überdies die Möglichkeit der zu behandelnden Aufgaben in erster Linie von dem Bestand an Apparaten abhängt.

In Heft 3 Seite 131 findet sich in dem Aufsatz des Herrn O. EHRHARDT: „Die Erscheinungen der Voltainduktion in schulgemäßer Darstellung“ angegeben, daß ein Induktionsstrom entsteht, wenn die endmagnetischen Kraftlinien durch einen ausgespannten, einfachen Draht geschnitten werden. Es heißt dort von dem Drahte: „der aber für unsern jetzigen Zweck mindestens 12 m lang ist.“ Dazu erlaube ich mir zu bemerken, daß mit dem von mir konstruierten Galvanometer (d. Zeitschr. XIII 141) der Versuch auch schon gelingt, wenn man mit einem Drahte von 80–100 cm Länge, dessen Enden an dem Galvanometer durch eine bewegliche Doppelleitungsschnur befestigt sind, Bewegungen nach auf- oder abwärts vornimmt. Dreht man den Draht um, so ändert der Strom seine Richtung, ebenso wie die Richtung des Stromes beim Aufwärtsbewegen des Drahtes eine andere ist als beim Abwärtsbewegen.

Prof. Adami, Hof.

Arsen kein Element? Bezüglich der zuerst in der „*Leopoldina*“ (1900 Heft 36 Nr. 3 S. 40) und dann anderwärts, z. B. „*Chemiker-Zeitung*“ (XXIV Nr. 45, 6. Juni 1900) aufgestellten Behauptung F. Fitticas, daß Arsen kein Element sei, und daß es ihm gelungen sei, Phosphor durch Erhitzen mit salpetersaurem Ammoniak teilweise in Arsen umzuwandeln, verweisen wir auf die Ausführungen von Clemens Winkler in den *Ber. d. d. Chem. Ges.* 1900. 11. Juni, Nr. 10 S. 1693–97. Hiernach beruht die obige Behauptung auf einem „ungeheuren Irrtum“; ganz unerfindlich bleibe die Ableitung des vermeintlichen Umwandlungsprozesses (die Hauptgleichung sollte sein $2P + 5NH_4NO_3 = (PN_2O)_2O_3 + 10H_2O + 3N_2$) und die Aufstellung der „abenteuerlichen Formel PN_2O “ für das „synthetisch dargestellte“ Arsen. Cl. Winkler weist unter Wiederholung von Fitticas Versuch (Oxydation von 2 g amorph. P mit 12,9 g salpeters. Amm.) nach, daß bei der lebhaften Reaktion eine gewisse Menge des stets arsenhaltigen Phosphors sich der Oxydation entziehe; infolgedessen enthalte die Schmelze

¹⁾ Auch in Ib kann die Lehraufgabe bis Weihnachten absolviert werden: Experimentelle Mechanik im Sommer (rechnende Aufgaben in der Mathematikstunde), Akustik bis Weihnachten.

das vorhanden gewesene Arsen zum großen Teil in Gestalt von arseniger Säure, sodafs die wässerige Lösung mit Schwefelwasserstoff sofort die gelbe Fällung von Arsentrisulfid gebe. Auf Grund noch weiterer genauer beschriebener Versuche kommt Cl. Winkler zu dem eingangs erwähnten Schlufs und knüpft daran einige allgemeine Bemerkungen über den Rückgang der Kunst des Analysierens und über neuerliche in der Chemie hervorgetretene spekulative Neigungen. O.

Veranstaltungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts von Seiten der Stadt Berlin. Im Sommer 1900 sind für Lehrer höherer Lehranstalten unter Leitung der Direktoren Dr. SCHWALBE und Dr. REINHARDT folgende Fortbildungskurse eingerichtet:

1. Vorlesungen: Dr. R. LÜPKE, die Grundzüge der modernen Elektrochemie, in 8 zweistündigen Vorträgen. — Prof. Dr. C. MÜLLER, die Vervollkommnung unserer Mikroskope und die moderne Mikrotechnik, in 8 Vorträgen nebst anschließenden Demonstrationen.

2. Exkursionen: Besuch einer Brauerei, einer Stearin- und Seifenfabrik und einer grösseren Eisengiesserei und Maschinenbauanstalt mit vorbereitenden Vorträgen und unter Leitung von Prof. Dr. H. BÖTTGER. — Drei geologische Ausflüge unter Führung von Dr. POTONIÉ. — Ein metallurgischer Ausflug in den Harz unter Leitung des G. R. Prof. Dr. WEEREN, nebst 2 vorbereitenden Vorlesungen.

3. Physikalische Übungskurse im Anstellen von Schulexperimenten und in der Handhabung und Reparatur der Apparate unter Leitung von Prof. M. KOPPE und Prof. R. HEYNE.

Die Ferienkurse in Jena finden in diesem Jahre vom 6. August an statt. Die Kurse für Lehrer der Naturwissenschaften an höheren Schulen und Lehrerbildungsanstalten umfassen: Astronomie, Physik, Geologie, Mineralogie, Botanik, Zoologie. Programme durch das Sekretariat, Gartenstrasse 2.

Der 4. naturwissenschaftliche Ferienkursus zu Frankfurt a. M., vom Physikalischen Verein daselbst auf Veranlassung des Königl. Unterrichtsministeriums veranstaltet, findet vom 1.—13. Oktober statt. Der Lehrplan umfaßt Vorlesungen über die Fortschritte der Physik und Chemie, elektrotechnische Vorlesungen nebst Praktikum, Besichtigung technischer Etablissements. Meldung bei Direktor Dr. Bode.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

P. Volkmann, Einführung in das Studium der theoretischen Physik, mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. M. 14. — **A. Föppl**, Vorlesungen über technische Mechanik, Bd. I: Einführung in die Mechanik. Mit 96 Figuren im Text. 2. Auflage, geb. M. 10; Bd. III: Festigkeitslehre. Mit 79 Figuren im Text. 2. Auflage, geb. M. 12. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. — **W. Zenker**, Lehrbuch der Photochromie. Neu herausgegeben von B. Schwalbe. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. M. 4. — **W. Sachs**, Die Kohlenoxydvergiftung in ihrer klinischen u. s. w. Bedeutung. Mit 1 Spectraltafel. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. M. 4. — **W. Bernbach**, Elektrizitätswerke, elektrische Beleuchtung und Kraftübertragung. 2. Auflage. Mit 130 Abbild. Wiesbaden, Lützenkirchen & Bröcking, 1900. M. 3,60. — **M. Le Blanc**, Lehrbuch der Elektrochemie. 2. Aufl. mit 33 Figuren. Leipzig, O. Leiner, 1900. M. 6. — **M. Schneider**, Leitfaden der organischen Chemie. II. Teil: Ringverbindungen. Zürich, Schulthess & Co., 1900. — **A. Sattler**, Leitfaden der Physik und Chemie. 23. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. M. 1. — **E. Düll**, Wiederholungs- und Übungsbuch für den Unterricht in Chemie und Mineralogie. München, Dr. E. Wolff, 1900. M. 2,80. — **C. Freyer**, Das Skioptikon in der Schule. Mit 124 Abbild. Dresden, Franz Hoffmann, 1900. M. 2,50. — **H. Gerlach**, Grundlehren der Chemie. Leipzig, B. G. Teubner, 1900.

Sonderabdrücke: O. Lummer und E. Pringsheim, Die Verteilung der Energie im Spectrum des schwarzen Körpers u. s. w., Temperaturbestimmungen fester glühender Körper. Verh. d. d. ph. G. I, 12. — O. Lummer und P. Kurlbaum, Über das Fortschreiten der photometrischen Helligkeit mit der Temperatur, ebd. II, 8. — O. Lummer, Complementäre Interferenzerscheinungen im reflektierten Lichte. S. Ber. d. k. Pr. Ak. d. W. 1900. — K. Schirmeisen, Zur Ausgestaltung des periodischen Systems der Elemente. Ztschr. f. phys. Ch. XXXIII 2, 1900. — C. Siegel, Versuch einer empiristischen Darstellung der räumlichen Grundgebilde und geometrischen Grundbegriffe mit bes. Rücksicht auf Kant und Helmholtz. Viertelsschr. f. w. Phil. 1900, S. 197—266.

Himmelserscheinungen im August und September 1900.

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

Monatstag	August						September						
	3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27	
Heliocentrische Längen.	316°	335	357	22	51	82	113	141	165	185	203	219	♂
	327	335	343	351	359	7	15	23	31	39	47	55	♀
	311	315	320	325	330	335	339	344	349	354	359	4	♂
	57	60	62	65	68	70	73	75	78	80	83	85	♂
	251	252	252	253	253	253	254	254	255	255	255	256	♂
	273	273	273	273	274	274	274	274	274	274	274	275	♂
Aufst. Knoten.	248	248	247	247	247	246	246	246	246	245	245	245	☾
Mittl. Länge.	223	289	355	61	126	192	258	324	30	96	162	228	☾
Geocentrische Rekt. ascensionen.	215	283	355	65	132	188	249	320	32	104	163	220	☾
	128	126	126	129	135	142	152	161	170	178	186	193	♂
	98	99	102	104	108	111	116	120	125	130	135	140	♀
	133	138	143	147	152	157	161	166	170	175	179	184	♂
	85	89	92	96	100	103	107	110	113	117	120	123	♂
	239	239	239	240	240	240	241	241	242	243	244	244	♂
	269	269	269	269	268	268	268	268	268	268	269	269	♂
Geocentrische Deklinationen.	-17	-20	+3	+22	+13	-8	-22	-10	+16	+20	+2	-18	☾
	+14	+15	+17	+18	+17	+16	+13	+10	+6	+2	-2	-5	♂
	+17	+17	+17	+18	+18	+18	+18	+17	+17	+16	+15	+14	♀
	+18	+16	+15	+13	+12	+10	+8	+6	+4	+2	+0	-2	♂
	+24	+24	+24	+24	+24	+23	+23	+23	+23	+22	+22	+21	♂
	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-21	-21	-21	♂
	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	♂
Aufgang.	16 ^h 25 ^m	16.33	16.41	16.50	16.58	17.6	17.15	17.23	17.31	17.40	17.48	17.57	☾
	1 ^h 10 ^m	5.53	8.7	10.56	16.17	21.50	2.6	5.21	7.31	11.54	17.29	22.56	☾
Untergang.	7 ^h 47 ^m	7.38	7.28	7.18	7.8	6.56	6.45	6.34	6.22	6.10	5.58	5.46	☾
	10 ^h 10 ^m	14.36	21.39	2.45	5.58	7.29	10.6	16.16	23.22	3.6	5.1	6.47	☾
Zeitgleich.	+6m 0s	+5.30	+4.44	+3.45	+2.85	+1.13	-0.18	-1.57	-3.41	-5.26	-7.12	-8.55	☾

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

August 3	5 ^h 46 ^m	Erstes Viertel	September 1	20 ^h 56 ^m	Erstes Viertel
10	10 30	Vollmond	8	18 6	Vollmond
12	0	Mond in Erdnähe	9	7	Mond in Erdnähe
17	0 46	Letztes Viertel	15	9 57	Letztes Viertel
24	16 53	Neumond	23	8 57	Neumond
27	12	Mond in Erdferne	23	17	Mond in Erdferne

Aufgang der Planeten. Aug. 16 ♀ 15^h 11^m ♀ 13.33 ♂ 12.16 ♀ 2.9 ♀ 4.27
Sept. 15 17.39 13.21 11.51 0.26 2.25

Untergang der Planeten. Aug. 16 6.31 4.57 5.6 10.33 12.15
Sept. 15 6.27 4.31 4.19 8.42 10.11

Constellationen. August 4 22^h ♀ ♂ ☾; 7 0^h ♀ ♂ ☾; 13 21^h ♀ im größten Glanze; 19 3^h ♀ in größter westlicher Elongation von 19°; 20 7^h ♂ ♂ ☾; 20 23^h ♀ ♂ ☾; 23 6^h ♀ ♂ ☾; 25 10^h ♀ ☾ ☾; 26 23^h ♀ im Perihel. — September 1 9^h ♀ ♂ ☾; 2 5^h ♀ stationär; 3 9^h ♀ ♂ ☾; 13 6^h ♀ obere ♂ ☾, wird Abendstern; 17 7^h ♀ in größter westlicher Elongation von 46°; 18 1^h ♂ ♂ ☾; 19 6^h ♀ ♂ ☾; 21 18^h ♀ ☾ ☾; 23 1^h ☾ im Zeichen der Wage, Herbstnachtgleiche; 24 9^h ♀ ♂ ☾.

Jupitermonde. August 4 9^h 49^m III A; 13 8^h 1^m I A; 8^h 27^m II A; 20 8^h 36^m II E, 9^h 56^m I A. — September 5 8^h 14^m I A; 14 8^h 19^m II A; 16 7^h 45^m III E; 21 6^h 33^m I A.

Veränderliche Sterne. Die Mitternachtsdämmerung ist für Norddeutschland ungefähr am 26 Juli erloschen. Mira, dem Maximum nahe, geht im August in den späten Abendstunden auf, im September entsprechend früher. Die Sterne β und R Lyrae, η Aquilae, α , u und g Herculis, δ und u Cephei sind abends, ρ Persei und ϵ Aurigae spät zu beobachten. Ganz spät kommen die Veränderlichen im Orion und in den Zwillingen herauf. Algols-Minima: Aug. 4 14^h, 7 11^h, 10 8^h, 27 13^h, 30 9^h; Sept. 16 14^h, 19 11^h, 22 8^h.

Meteore und Zodiakallicht. Die Beobachtung der Perseiden (Aug. 8–12) wird durch das volle Mondlicht sehr erschwert. Das Zodiakallicht ist im August zwischen 15 und 16^h, im September gegen 16^h an allen mondfreien Morgen im Osten aufzufinden. J. Pfaffmann, Münster.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.