

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXII. Jahrgang.

Drittes Heft.

Mai 1919.

Ein Modell zur kinetischen Gastheorie¹⁾.

Von Dr. M. Minnaert in Gent (Flandern).

Glücklicherweise ist es lange her, daß man auf der Unterstufe in der Wärmelehre anfang mit einer Auseinandersetzung der Hypothesen über die Natur der Wärme und mit den Vorstellungen der kinetischen Theorie. Abgesehen davon, daß der Geist der jungen Schüler unmöglich diese Einführung in ihrer wahren Bedeutung begreifen konnte, stellt eine solche Gedankenreihe ein schlimmes Beispiel von wissenschaftlichem Dogmatismus dar, wie er dem Wesen der Physik als experimenteller Wissenschaft ganz entgegengesetzt ist.

Auf der Oberstufe dagegen, und in der allgemeinen Vorlesung, über Experimentalphysik an den Universitäten, sollte der kinetischen Theorie eine große Bedeutung zugewiesen werden²⁾. Denn sie ist für uns ein höchst wichtiger Knotenpunkt: ihre Vorstellungen bringen Beziehungen zwischen zahlreiche Abschnitte der Physik und tragen in hohem Maße bei zur Einheit des physikalischen Weltbildes: nicht nur die meisten Erscheinungen der Wärmelehre lassen sich vom Standpunkte der kinetischen Theorie erklären und vertiefen, sondern auch u. a. in den Abschnitten über Lösungen und Kolloide, Elektronen, Gasionen und Entladungen bedient man sich fortwährend ihrer Vorstellungsweisen. Weiter ist es wichtig, daß wir hier von der grob-sinnlichen „Molarphysik“ zum ersten Male zu der „Molekularphysik“ übergehen; daß wir Tatsachen, welche sich nicht direkt erklären lassen, durch mechanische Schemata zurückführen auf bekannte mechanische Grundgesetze.

Dieser entscheidende Schritt soll mit der größten Vorsicht geschehen; die mathematischen Berechnungen müssen deutlich nur als Hilfsmittel gebraucht werden, während das Konkrete, Sinnfällige der mechanistischen Weltauffassung scharf hervortreten soll. — Dazu ist nun ein Modell in hohem Grade nützlich.

Von solchen Modellen sind schon zwei beschrieben:

1. das Modell von PFAUNDLER³⁾, welches sehr schön ist, aber verwickelt;

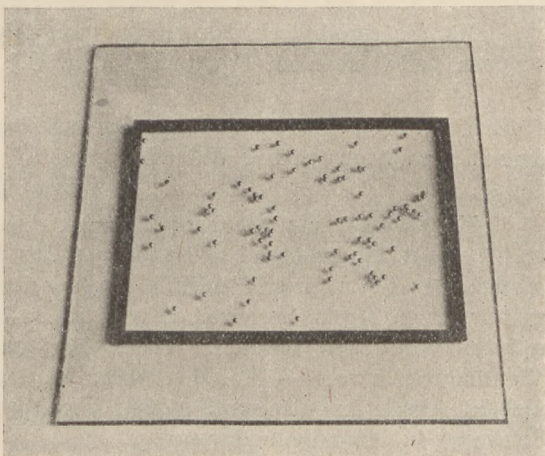


Fig. 1.

Dieser entscheidende Schritt soll mit der größten Vorsicht geschehen; die mathematischen Berechnungen müssen deutlich nur als Hilfsmittel gebraucht werden, während das Konkrete, Sinnfällige der mechanistischen Weltauffassung scharf hervortreten soll. — Dazu ist nun ein Modell in hohem Grade nützlich.

Von solchen Modellen sind schon zwei beschrieben:

1. das Modell von PFAUNDLER³⁾, welches sehr schön ist, aber verwickelt;

¹⁾ Vom Verfasser übersetzt nach der niederländischen Handschrift.

²⁾ Eine gute allgemein verständliche Einführung ist: W. Mecklenburg, Die experimentelle Grundlegung der Atomistik (Jena, Fischer, 1910). — Auch: J. Perrin, Les Atomes (Paris, Alcan, 1913).

³⁾ Müller-Pouillet, Lehrb. d. Physik, Bd. III, S. 753.

2. das Modell von MELDE¹⁾, welches sich nur zu ein paar Demonstrationen gebrauchen läßt.

Beide sind leider teuer.

Es sei darum hier ein ganz einfaches Modell (Fig. 1) beschrieben, das die Vorstellungen der kinetischen Gastheorie vollkommen deutlich macht und sehr leicht angeschafft werden kann.

Eine Spiegelglasplatte von 50 cm \times 70 cm (besser wäre 70 cm \times 70 cm) wird auf den Experimentiertisch gelegt und mit Hilfe einiger kleiner Keile horizontal justiert. Frei auf der Platte liegt ein hölzerner Rahmen in der Form eines Vierecks von 40 cm \times 40 cm, er stellt das Gefäß vor, in welches das Gas eingeschlossen ist. — In dieses Viereck hinein legt man nun Stahlkugeln, wie sie für Fahrräder gebraucht werden, diese stellen die Molekeln vor; ich benutze Kugeln von 8 mm Durchmesser, für weitere Experimente auch von 6,3 und 4 mm, so daß die Radien sich verhalten wie $1 : \sqrt[3]{4} : \sqrt[3]{8}$ und die Massen wie $1 : 4 : 8$. (womöglich wären vielleicht vorzuziehen die etwas größeren Durchmesser 10; 7,9; 5 mm). Es ist wünschenswert ziemlich viele Kugeln zu verwenden, z. B. 70 auf der angegebenen Fläche. Diese Stahlkugeln rollen fast reibungslos auf der Spiegelglasplatte und prallen sehr schön zurück, wenn sie gegeneinander stoßen; ohne Mühe, so gut wie von selbst, idealisiert man sie zu vollkommen elastischen Kugeln.

Mit diesem Modelle lassen sich nun folgende Erscheinungen schematisch demonstrieren (teilweise nach PFAUNDLER, a, a. O.).

1. Ein Gas befindet sich beim absoluten Nullpunkt in einem Gefäße; durch Erwärmen der Wände wird allmählich dem ganzen Gase Wärme zugeführt.

Man wartet bis die Kugeln ruhig sind, faßt den Rahmen mit beiden Händen und bewegt ihn gleitend 3–4 mal in der Sekunde hin und zurück über der Glasplatte; der Rahmen soll parallel sich selbst bleiben, jeder seiner Punkte aber ungefähr einen Kreis beschreiben von z. B. 6 cm Durchmesser; größere Bewegungen müssen vermieden werden. Diese Bewegungen stellen die Wärmebewegung der Wandmolekeln vor. — Einige Kugeln, die dem Rahmen am nächsten liegen, bekommen alsbald kleine Impulse und stoßen gegen andere. Nach kurzer Zeit ist der ganze Schwarm in lebendiger Bewegung.

2. Ein Gas bei der Zimmertemperatur; die Stöße; die freie Weglänge.

Höchst fesselnd ist der Anblick der regellos durcheinander laufenden Kugeln, ein Bild des vollkommen ungeordneten Zustandes, der sich allen Regeln zu entziehen scheint, und doch durch die wunderbaren Gesetzmäßigkeiten der Wahrscheinlichkeitsrechnung beherrscht wird.

Das Auswechseln der Geschwindigkeiten ist an einzelnen Kugeln sehr schön festzustellen. Die freie Weglänge bekommt für die Zuschauer einen deutlichen Sinn; man kann sie schätzen, beispielsweise auf 5 cm. So haben auch Geschwindigkeit und Stoßanzahl pro Sekunde bestimmte Werte; eine selbst sehr rohe Schätzung trägt in hohem Maße dazu bei, die Sache konkret zu machen. Setzen wir z. B.

$c = 10$ cm sek.; die Beziehung $\text{Stoßanzahl} = \frac{\text{Geschwindigkeit}}{\text{Freie Weglänge}}$ wird eingeführt und

ergibt: $\frac{10}{5} = 2$ Stöße pro Sekunde, was genügend stimmt mit dem, was man wahrnimmt.

Natürlich wird hingewiesen auf den Riesenunterschied zwischen diesen Werten und den wahren molekularen Größen.

¹⁾ Diese Ztschr. XI (1898), S. 60.

Bei dieser Demonstration und bei anderen ist es wünschenswert, daß die Zuschauer eine bestimmte Molekel leicht mit den Augen verfolgen können. Dazu kann man eine Kugel nehmen, die um ein geringes größer ist als die übrigen, oder wohl besser eine kleine elfenbeinerne Kugel; vorläufig wird ihre kleinere oder größere Masse nicht in Betracht gezogen.

Die Bedeutung der Temperatur ist nun schon insofern deutlich, daß man versteht, wie sie zusammenhängt mit der Molekulargeschwindigkeit; man zeigt, daß die Temperatur nur die Bedeutung eines Mittelwertes hat. — Auch die Erklärung des Druckes, den die Gase ausüben, ergibt sich von selbst, wie auch die Zunahme dieses Druckes mit der Temperatur; das Klappern der Kugeln gegen den Holzrahmen macht uns diesen Druck recht sinnfällig. Bei sehr starken Bewegungen würden sie den Rahmen zerbrechen (Explosion!).

Man soll hier nicht unterlassen zu zeigen, wie sehr die kinetische Gastheorie die Einheitlichkeit unserer Vorstellungen fördert; die früher so rätselhafte „Abstoßung“ der Gasteilchen gegeneinander ist durch sie sehr einfach mechanisch erklärt.

3. Die Bewegung eines Schiebers.

In den Rahmen legt man ein Glasrohr von 35 cm Länge und sammelt $\frac{3}{4}$ der Kugeln in der einen Hälfte. Sobald man den Rahmen bewegt, hat der „Überdruck“ zur Folge, daß der Schieber seitwärts gedrängt wird. — Wie auch PFAUNDLER feststellte, gelingt dieses Experiment nicht besonders schön.

4. Die Grundgleichung.

Es wird nun die Grundformel der kinetischen Theorie nach JOULE und KRÖNIG elementar abgeleitet. Wieder kann man hier vom Modell ausgehen. Eine Kugel wird in die Mitte gelegt; mit Kreide zeichnet man auf der Glasplatte die willkürliche Geschwindigkeit, und zerlegt diese in zwei Komponenten parallel mit den Seiten des Rahmens. Jeder weitere Schritt wird erst am Modell erklärt, nachher wird an der Tafel gerechnet. In der gefundenen Gleichung

$$p = \frac{NmC^2}{3v},$$

mißt mC^2 die absolute Temperatur. Wenn zwei verschiedene Gase im Temperaturgleichgewicht sind, müssen sich also die Geschwindigkeiten umgekehrt verhalten wie die Wurzeln ihrer Molekulargewichte. Und in der Tat, wenn man einige kleine Kugeln den großen beimischt und den Rahmen bewegt wie im Experiment 2, so ist der Unterschied der Geschwindigkeiten recht auffallend; durch die Schwärme großer Kugeln hindurch ziehen die kleinen helle glänzende Linien wie Blitze.

Um das Boylesche Gesetz zu demonstrieren, wird nur eine einzige große Kugel (Durchmesser 8 mm) genommen. Man bewegt den Rahmen so regelmäßig wie möglich, und zählt die Stöße der Kugel gegen die Wände innerhalb einer Minute. Man wiederholt diese Zählung für zwei und womöglich auch für drei Kugeln. Durch Mittelbildung aus je 2—6 Messungen erhielt ich:

Zahl der Kugeln:	1	2	3
Stöße pro Min.:	99	200	277
	75,5	157	219,5
	99	199	296

Für drei Kugeln kann man nur schätzen, und zählt meist zu wenig. Immerhin genügen die Zahlen, um das Gesetz zu veranschaulichen.

Es kann hier auch der Versuch HEUSE's gezeigt werden¹⁾; hinderlich ist aber, daß dabei eine neue Konstante vorkommt.

¹⁾ Diese Ztschr. XIX (1906), S. 220.

Wenn man das Maxwell'sche Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung erwähnt, sollte man nicht unterlassen den sehr schönen und leicht anzufertigenden Apparat des Biologen GALTON zu demonstrieren¹⁾. Durch eine enge Öffnung läßt man über ein benageltes Brett Stahlkugeln, Schrot oder einfach trockene Erbsen herabrollen; die Kügelchen springen entweder links oder rechts, und schließlich findet man in der Mitte unter der Öffnung zahlreiche Kugeln versammelt, seitwärts aber desto weniger je größer die Abweichung vom Mittelwert ist.

5. Die Atmosphäre; die barometrische Höhenformel.

Unter die eine (schmale) Seite der Glasplatte wird ein Holzklötzchen von etwa 4 cm geschoben. Bewegt man den Rahmen, dann verteilen sich die Kugeln über die schiefe

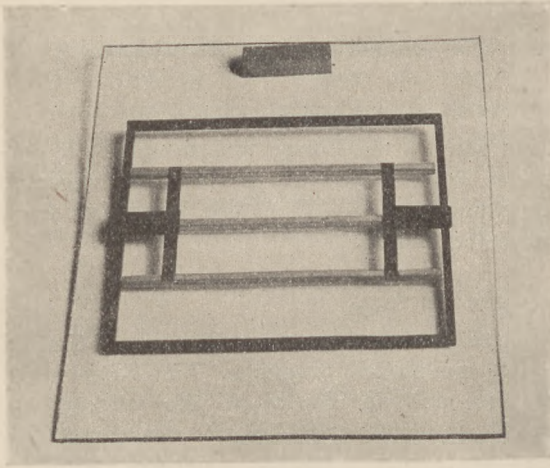


Fig. 2.

Oberfläche wie die Luftmolekeln in der Atmosphäre; unten sind sie sehr zahlreich: je höher man aber kommt, desto seltener werden sie. Selbst in den „obersten Schichten“ kommt doch dann und wann noch eine Molekel vor, wenn ein besonderer Zufall ihren Anstieg begünstigt hat. Eine eigentliche Grenze besteht also nicht.

Um die Verteilung besser zu übersehen, können wir Zählungen machen. Der kleine Apparat Fig. 2 erlaubt die Kugeln, während sie in Bewegung sind, plötzlich in vier horizontale Streifen zu teilen: ein System von drei parallelen Holzstäben trägt links und rechts je ein durchbohrtes Eisenplättchen, das man ganz lose über je einen

Stift in der Mitte der rechten und linken Seite des Rahmens schiebt; die Stäbe sind 5 mm kürzer wie die Innenseite des Rahmens und ein paar Zentimeter breit; unten sind sie scharfkantig. Es ist nun ein leichtes, die zwei Seitenplättchen über die Stifte zu schieben, anzufassen, und den Hilfsapparat etwa 1 cm über die Glasplatte gehoben zu halten, während man ihn zusammen mit dem Rahmen in der gewöhnlichen Weise bewegt und die Kügelchen hin und her rollen. Sobald der Zustand stationär ist, läßt man schnell den Hilfsapparat niederfallen und teilt hierdurch die Kugeln in vier Gruppen, welche man zählt.

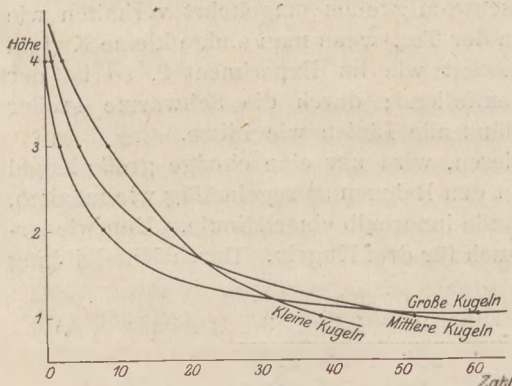


Fig. 3.

Druckes in einer Atmosphäre vor, weil ja die Drucke sich verhalten, wie die Anzahlen der Kugeln pro Raum- (bzw. Flächen-) einheit.

Die Fig. 3 zeigt, welche schönen Kurven man oft findet. Diese Kurven stellen natürlich auch den Verlauf des

¹⁾ Ir. Galton: *Natural Inheritance* (London, Macmillan, 1889; S. 63). — Auch z. B. in W. Johannsen: *Elemente der exakten Erblichkeitslehre* (Jena, Fischer, 1909; S. 38).

Für kleine Höhenunterschiede ergibt eine einfache Berechnung:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{mgh}{RT}$$

wo p_0 = Druck an der Erdoberfläche; p = Druck in der Höhe h ; m = spezifische Masse.

Daß die relative Druckabnahme von der Temperatur T abhängt, läßt sich einfach und deutlich dadurch demonstrieren, daß man den Rahmen rascher bewegt: im Mittel steigen die Kugeln dann höher, das Druckgefälle ist allmählicher. Eine langsamere Bewegung hat die entgegengesetzte Folge. — Den Einfluß des Gravitationsfeldes (g) zeigt man durch eine verschiedene Neigung der Glasplatte. — Schließlich wird gezeigt, daß der Druck desto schneller mit der Höhe abnimmt, je größer die Dichte des Gases (m) ist. Dazu verwendet man nacheinander die Kugeln von verschiedenen Größen. Zählungen nach dieser Methode ergaben die Kurven Fig. 3. — So ist die barometrische Höhenformel nun auch durch die Anschauung dem Verständnis näher gebracht; jeder „fühlt“, daß die einzelnen Einflüsse in der angegebenen Weise einwirken müssen.

Bei allen diesen Experimenten muß die Bewegung des Rahmens so gleichmäßig und kreisförmig wie möglich sein. Vor allem bei zählenden Versuchen wird sonst der zweite Streifen wahrscheinlich verhältnismäßig zu viel Kugeln bekommen. Man reguliert die Bewegung nach dem Schlag eines Sekundenzählers oder eines Metronoms, und schätzt die Amplitude, um die „Temperatur“ konstant halten zu können.

6. Die Bestimmung der Konzentrationsabnahme nach PERRIN.

Bekanntlich hat PERRIN gezeigt, daß in einer Gummigutt-Emulsion die Körnchen ganz nach demselben Gesetz verteilt sind wie die Molekeln in einer Atmosphäre; aus der Vergleichung der Werte von $\frac{p_0 - p}{p_0}$ in der Emulsion und in der Luft hat er einen sehr guten Wert für die Masse einer Luftmolekel berechnet.

Wenn wir gezeigt haben, wie $\frac{p_0 - p}{p_0}$ von m abhängt, so werden wir ganz von selbst auf die Besprechung dieser schönen Untersuchungen gelenkt. Und wir können nun demonstrieren, wie PERRIN die Zahl der Gummiguttkörnchen in verschiedenen Höhen gemessen hat. Wir zeichnen mit Kreide auf den dunklen Experimentiertisch unter der Glasplatte eine Reihe Quadrate von höchstens 5 cm Seite und nehmen ein eben so großes Quadrat weißen Papiers, das wir über eines der gezeichneten Quadrate legen; es stellt das Feld eines Mikroskopes vor, auf die Emulsion eingestellt; die Kugeln sind auf dem weißen Hintergrund gut zu sehen (Fig. 4). — Nun bestimmen wir, während der Bewegung des Rahmens, genau auf den Schlag des Sekundenzählers, wieviel Kugeln sich im Quadrat befinden, in Zwischenräumen von je 2 Sekunden. In den unteren Schichten ist es für uns oft schwierig, diese Zahl mit einem

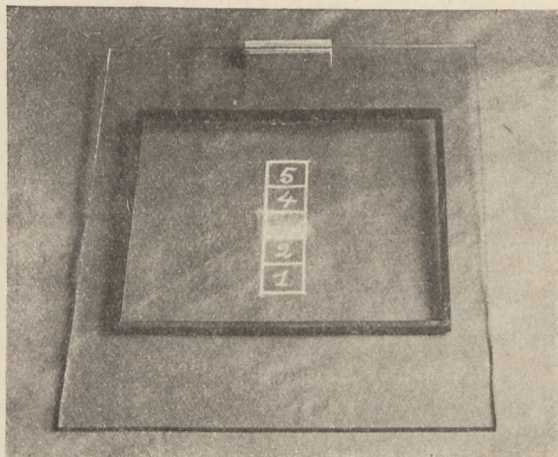


Fig. 4.

Blicke zu bestimmen; dann wird geschätzt. — Durch Mittelbildung ergeben sich ziemlich gute Werte für die Konzentrationsabnahme, ungefähr wie bei der vorigen Methode. Die Bestimmung dauert aber länger; wir können sie nur empfehlen zur Demonstration des Prinzips der Methode.

Hier folgen einige Beispiele der gefundenen Zahlen.

	Quadrat 1	Quadrat 3	Quadrat 5
1. Holzklotz (2 cm) .	3,37	2,93	2,02
2. „ (4 cm) .	4,12	2,58	0,71
3. „ (6 cm) .	5,24	1,38	0,66

7. Verteilung zweier Gase verschiedener Dichte in einer Atmosphäre.

Diese Demonstration geschieht nach der Weise von Nr. 5, aber mit zwei Arten von Kügelchen. Ich wähle die mittleren und die kleinsten; mit den größten hüpfen bei den Stößen zu viele kleine Kügelchen fort.

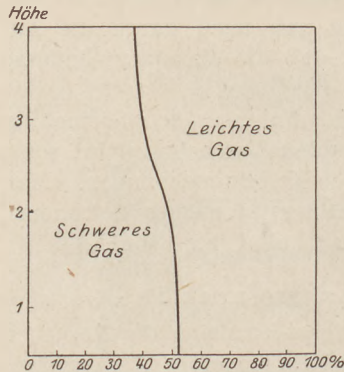


Fig. 5.

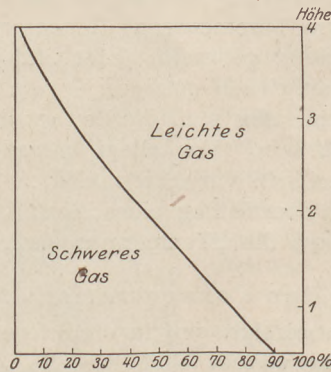


Fig. 6.

(Fig. 5 bei kleiner, Fig. 6 bei großer Neigung der Glasplatte). — Ich glaube nicht, daß ohne Zählung die Unterschiede deutlich genug hervortreten würden.

Diese Demonstration ist wichtig für Schlüsse auf die Zusammensetzung der Erdatmosphäre in großen Höhen. Diese besteht dort sicher hauptsächlich aus Helium und Wasserstoff, vielleicht auch aus Geocoronium.

8. Die Brownsche Bewegung.

Wenn wir die Platte wieder wagerecht legen und eine Holzkugel von 3,3 cm Durchmesser zwischen die großen Kugeln stellen, haben wir ein Modell, das vorzüglich das Wesen der Brownschen Bewegung darstellt. Auch hier wird man nicht müde, dem Spiel des Zufalls zu folgen und die schwere Masse mit ihren zögernden oder schnelleren Bewegungen zwischen den hin- und herrennenden Kugeln zu beobachten. Mit etwas Übung gelingt es, die Kugel während einiger Zeit vor Stößen gegen den Rahmen zu bewahren.

Gerade wegen des völlig Regellosen in diesen Bewegungen ergeben sich wieder statistische Gesetzmäßigkeiten, welche EINSTEIN und v. SMOLUCHOWSKI theoretisch erörtert, SVEDBERG, SEDDIG und PERRIN aber experimentell bestätigt haben.

Nun muß der Begriff der „Verschiebung“ vertieft werden. Wir bemerken, daß es unmöglich ist, die wirkliche, äußerst verwickelte Bahn der Holzkugel zu verfolgen. Bestimmen wir aber ihren Ort in Zwischenräumen von z. B. 2 Sekunden und verbinden die erhaltenen Punkte, dann bekommen wir eine „vereinfachte Bahn“. Es genügt, auf dem Tisch unter der Glasplatte Quadrate von 10 cm Seite zu zeichnen; und ähnliche Quadrate in ein Heft (oder an die schwarze Tafel) zu zeichnen. Mit Hilfe dieser Quadrate wird nach den Schlägen eines Sekundenzählers der Ort der Holzkugel jedesmal genau bestimmt. Statt Punkten notiert man aber eine kleine Ziffer, so daß auch die Reihenfolge der einzelnen Lagen angegeben wird. — Die

Übereinstimmung zwischen unseren Zeichnungen (Fig. 7) und den merkwürdigen Figuren PERRINS (Fig. 8) ist sehr schlagend.

Selbst quantitativ kann man versuchen, unsere Zeichnungen zu verwerten. EINSTEIN und v. SMOLUCHOWSKI haben gezeigt, daß die mittlere Verschiebung Δ eines Körnchens von Radius r nach einer Zeit t gegeben wird durch die Beziehung:

$$\frac{\Delta}{\sqrt{t}} = \frac{\text{const}}{\sqrt{r}}$$

Mit Zirkel und Maßstab messen wir die verschiedenen Verschiebungen der Holzkugel und bilden das Mittel; es ergab sich nach meinen Zeichnungen:

Mittlere Verschiebung nach je 2 Sek.: 10,2 (Einheiten der Zeichnung)

„ „ „ „ 4 „ : 14,2 („ „ „).

- Das Verhältnis ist zufällig fast genau $\sqrt{2}$, wie es auch sein muß.

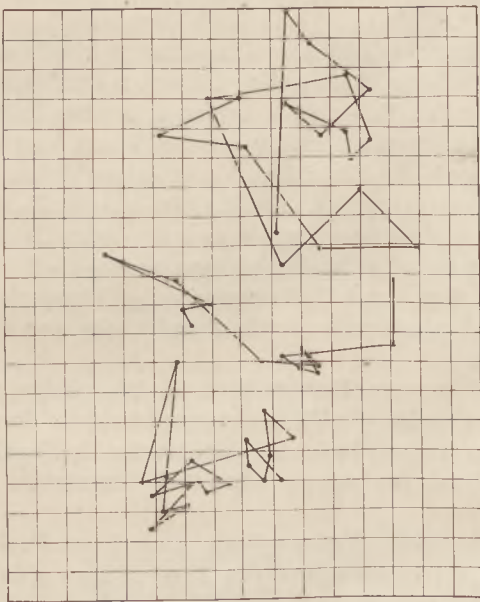


Fig. 7.

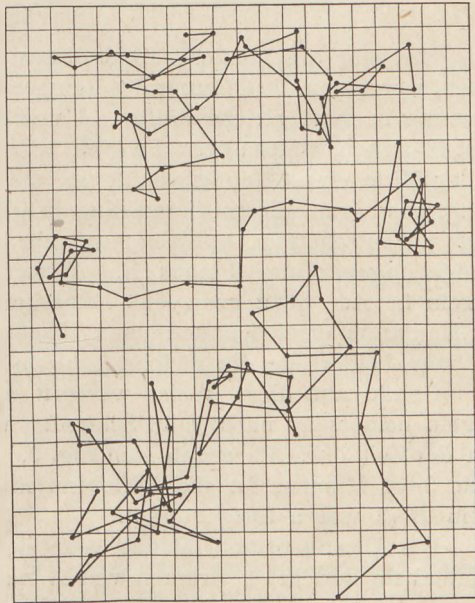


Fig. 8.

Weiter wurden die mittleren Verschiebungen je nach 2 Sekunden für eine große und für eine kleine elfenbeinerne Kugel bestimmt. Die gefundenen mittleren Verschiebungen waren 7,5 und 18,1. Quantitativ konnten diese Ergebnisse nicht verwertet werden, weil die Oberfläche der großen Kugel rissig und ziemlich unregelmäßig war. Mit größeren Stahlkugeln würden sich viel schönere Resultate erhalten lassen; sie sind aber zur Zeit nicht leicht zu beschaffen. — Übrigens soll bemerkt werden, daß für diese Kugeln ein Zeitintervall von 2 Sekunden verhältnismäßig zu klein ist, so daß wohl die Grenzen überschritten werden, innerhalb welcher die Δ -Formel gültig ist.

9. Diffusion.

Die Geschwindigkeit, mit der ein Gas durch eine enge Öffnung ausströmt, ist für eine gegebene Temperatur der Quadratwurzel seines Molekulargewichtes umgekehrt proportional. Dieser Satz folgt direkt aus der Beziehung $m_1 C_1^2 = m_2 C_2^2 = \text{const}$. Er läßt sich aber auch aus der Aerodynamik ableiten.

In der Mitte einer Seite des Rahmens wird eine Öffnung von 3 cm Länge hergestellt; der Rahmen wird dort durch ein kleines Eisenplättchen zusammengehalten, unter

welchem die Kugeln bequem durchrollen können. Nun werden die mittleren und die kleineren Kügelchen in gleicher Zahl miteinander gemischt und man fängt an, den Rahmen zu bewegen. Nach und nach rollen einige Kugeln durch die Öffnung hin; am besten zählt man sie sogleich und setzt das Experiment fort, bis etwa 20 der kleinen Kugeln ausgeströmt sind. Für die während derselben Zeit ausgeströmten mittleren sollte man 10 finden, weil ja die Massen der Kügelchen sich verhalten wie 4 : 1 (wie für Krypton-Neon z. B.).

Ich fand nacheinander: 9, 11, 8, 9, 9, 10, 5, 9.

Ich bemerke noch, daß eine regelmäßig drehende Bewegung auch hier die besten Zahlen ergibt.

Die Demonstration ist zugleich ein Bild der Methode von RAYLEIGH und RAMSAY zum Trennen von Stickstoff und Argon.

10. Überdruck und Unterdruck infolge von Diffusion durch eine poröse Wand.

Ein sehr anschauliches Bild dieses bekannten Diffusions-Experimentes läßt sich geben, wenn man die Öffnung des Rahmens wieder schließt und den Rahmen durch einen Querstab in zwei gleiche Hälften *A* und *B* teilt; dieser Stab hat auch an den Enden zwei Plättchen, welche über die zwei Stifte gleiten (wie der Hilfsapparat Nr. 5), und hat in der Mitte eine Öffnung von 3 cm, die durch ein Eisenplättchen überbrückt ist. — Bringt man nun die mittleren Kugeln einerseits nach *A*, die kleineren nach *B* und fängt an zu schütteln, so sieht man sehr bald, daß viele Kugeln aus *B* nach *A* rollen, wenige dagegen aus *A* nach *B*. Alsbald befindet sich der weitaus größte Teil der Kugeln in *A*. Setzt man das Experiment fort, so soll theoretisch der Unterschied ein Maximum erreichen und dann allmählich abnehmen; nach unendlich langer Zeit soll man beiderseits die gleiche Zahl finden.

Genau auf diese Weise verläuft auch unsere Demonstration. Ich zählte die Kugeln beiderseits nach je 15 Sekunden und stellte die Differenz graphisch als Funktion der Zeit dar. Es ergab sich Fig. 9. Im Anfang hatte ich beiderseits 70 Kugeln; nach 3—4 Minuten ist die Differenz maximal: es waren dann 115 Kugeln in *A*, 23 in *B* (3 waren fortgehüpft!).

Die Demonstration bringt sehr deutlich alle Teilvorgänge zum Bewußtsein: a) Molekeln der Art 1 strömen von *A* nach *B*; b) dieselben von *B* nach *A*; c) Molekeln der Art 2 von *A* nach *B*; d) dieselben von *B* nach *A*. Die Geschwindigkeit des Teilvorganges a) ist der Zahl Molekeln der Art 1 in *A* proportional; usw.

11. Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre als Wahrscheinlichkeitssatz.

Im Anschluß an MÜLLER-POUILLET (III, S. 757) behandeln wir als Beispiel eines irreversiblen Vorganges die Ausdehnung eines Gases in einem luftleeren Raum. Es soll gezeigt werden, warum der umgekehrte Vorgang nie „von selbst“ stattfindet.

Zwischen den zwei Nägeln spannen wir einen gut sichtbaren baumwollbesponnenen Draht, der den Rahmen in zwei gleiche Hälften teilt. Wir legen nun eine einzige Kugel in den Rahmen und bewegen diesen. Je nach 2 Sekunden genau auf den Schlag, wird aufgezeichnet, ob die rechte Hälfte entweder leer ist oder die Kugel enthält. Mit 2 Kugeln wiederholt man die Messung und zeichnet wieder auf wievielmals die rechte Hälfte leer ist. Dann mit 3, 4 Kugeln, usw.

Die Wahrscheinlichkeit, daß man die rechte Hälfte leer findet, ist

	theoretisch	gefunden
mit 1 Kugel	50 0/0	52 0/0
„ 2 Kugeln	25 0/0	34 0/0
„ 3 „	12 0/0	11 0/0
„ 4 „	6 0/0	8 0/0

Diese Zahlen wurden je aus 55 Aufzeichnungen berechnet.

Mit 1 Million Kugeln würde die Wahrscheinlichkeit praktisch Null sein: es kommt nie vor, daß sich ein Gas „von selbst“ nach einer Seite eines Behälters hindrängt, was die Diffusion rückgängig machen würde.

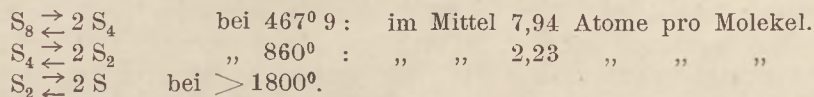
12. Dissoziation.

Ein für die physikalische Chemie äußerst wichtiger Begriff ist die kinetische Vorstellung eines dynamischen Gleichgewichtes. Glücklicherweise sind wir in der Lage, mit unserem Modell eine recht anschauliche Darstellung eines solchen Zustandes zu geben.

Dazu bringen wir unsere Stahlkugeln hintereinander gegen die Pole eines kräftigen Elektromagnets; obwohl sie dadurch nur ziemlich wenig magnetisch werden, sind die Anziehungen der Kugeln aufeinander sehr deutlich, sobald sie auf die Glasplatte kommen, wo ihre Bewegung fast ganz ungehindert stattfinden kann. Sie bilden nun kleine Schwärmchen, welche z. B. Gasmolekeln vorstellen.

Jetzt bewegen wir den Rahmen, vom Anfang an ziemlich schnell, aber mit kleiner Amplitude. Allmählich steigern wir dieselbe; durch die „Temperaturerhöhung“ findet „Dissoziation“ statt; bald sehen wir, wie sich nur noch eine kleine Zahl Doppelatome vorfindet, z. B. $\frac{1}{5} = 20\%$, während 80% dissoziiert sind. Dann kann man am schönsten beobachten, wie fortwährend einige Molekeln dissoziiert, andere neugebildet werden; das Verhältnis $\frac{1}{5}$ bleibt aber ungefähr konstant: dynamisches Gleichgewicht. — Wenn die Amplitude etwas beträchtlich wird, sind alle Kugeln einzeln. Schließlich verkleinert man wieder die Bewegungen und die Erscheinungen folgen wieder einander, aber im umgekehrten Sinne.

Man kann etwa an Schwefeldampf denken, wo mehratomige Molekeln bei steigender Temperatur erst in zwei Teile getrennt werden, jeder Teil dann wieder selbst auseinander fällt, usw.



Die angegebenen Beispiele zeigen, wie vielseitig verwendbar das Modell ist. Die gefundenen Zahlen sind meist nicht genügend, um quantitative Beziehungen genau zu verifizieren; sie geben aber schon manchen nützlichen Anhaltspunkt. Ich bin davon überzeugt, daß mit einer mechanischen Einrichtung, wie die PFAUNDLERS z. B., und mit einer großen Zahl Messungen sehr schöne Resultate erhalten werden könnten. Es wäre wohl interessant, auf diese Weise die BROWNSCHE Rotationsbewegung und die Schwankungen in der Dichtigkeit zu verfolgen; die Ausströmung eines einzigen Gases würde ein quantitatives Beispiel einer Exponentialfunktion sein, und man könnte die Kurve Fig. 9 vergleichen mit der theoretischen Gleichung (Lage des Maximums).

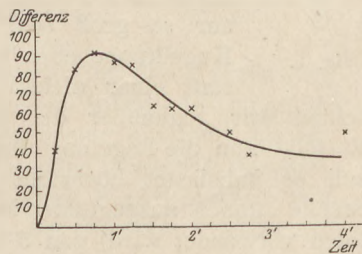


Fig. 9.

Dabei geht aber die Einfachheit des Modells verloren. Und in dieser dürfte wohl ein großer Vorzug liegen, sowohl aus praktischen wie aus pädagogischen Gründen.

Übrigens bleibt die Hauptsache: Bei jeder theoretischen Erklärung über die Molekularhypothese soll das Modell auf dem Tisch liegen. Es soll jede Überlegung anschaulich und konkret machen und immer ein Anhaltspunkt sein für die Gedanken des Schülers.

Versuche mit schwimmenden Magneten.

Von Geh. Studienrat Dr. G. Looser in Essen.

1. Die im folgenden mitgeteilten Schulversuche über Wirkungen des magnetischen Feldes weichen insofern von den meist üblichen ab, als sie an Stelle der gewöhnlich erzeugten drehenden Bewegung die fortschreitende zur Veranschaulichung benutzen.

Ich beschreibe zunächst den von mir benutzten Schwimmer (Fig. 1). An ein Glasrohr von geringer Wandstärke (0,25 mm) und annähernd 4 mm äußerem Durchmesser bläst man unter Stauchung des Rohres eine Kugel von ungefähr 2,5 cm Durchmesser an. An zwei Stellen, etwa 6—7 cm von der oberen Kugelfläche sowie vom unteren

Ende des Rohres zieht man dieses so weit aus, daß man eine dicke Stricknadel von 22 cm (der gewöhnlichen Länge) gerade noch durchschieben kann. Die Einschnürungen haben einen doppelten Zweck, erstens sollen sie der Stahlnadel eine stabile, einigermaßen zentrierte Lage geben, zweitens soll die untere den für die spätere Gewichtsregelung des Schwimmers erforderlichen Belastungsdraht tragen.

Bei der Einführung der Nadel sind einige Vorsichtsmaßregeln zu beobachten. Die Kugel ist naturgemäß ziemlich dünn, da das Biegerohr nur geringe Wandstärke besitzt, auch wenn man sie durch Stauchen des Glasrohrs einigermaßen stärker macht. Bei zufälligem unvorsichtigem Umkehren des fertigen Schwimmers schlägt die Nadel an die dünne Kugelfläche und führt so leicht zum Bruche. Sie darf daher höchstens einen Spielraum von 1—1,5 cm haben. Vor dem Zuschmelzen der Röhre zieht man diese unten so weit in eine Spitze aus, daß die Nadel gerade noch hindurchgeht, läßt die Nadel bis zur oberen Kuppe der Kugel gleiten und schmilzt nun zu. Da hierbei die Nadel den Abstand von $\sim 1,5$ cm von der Schmelzstelle hat, so ist die Gefahr vermieden, daß die kalte Nadel bei Berührung mit dem heißen Glase dieses sprengt. Der verhältnismäßig geringe Spielraum, den die Nadel jetzt beim Umkehren hat, verhindert die Zerstörung der Kugel. Es empfiehlt sich, die Spitze, wenn sie noch vom Schmelzen weich ist, dadurch etwas aufzuweiten, daß man die Kugel vorsichtig an der Flamme um ein geringes erwärmt. Die Abmessung der Kugel muß sich natürlich nach Wandstärke und Dicke des verwendeten Biegerohrs richten und durch Vorversuch ausprobiert werden. Sie darf nur so groß sein, daß der Schwimmer, in Wasser getaucht, mit der Kugelspitze eben noch über das Wasser herausragt. Verfasser hat auch



Fig. 1.

statt einer dicken Nadel drei gebündelte dünne versucht. Der Unterschied war gegenüber der großen Steighöhe bei den Versuchen kaum zu merken. Es folgt nun die Regelung des Schwimmers für Wasser von 18—19 Grad. In diesem soll er unbelastet höchstens 1 mm mit der Kuppe herausragen. Man dreht zwei Stücke dünnen ausgeglühten Messing- oder Kupferdraht, (oder Bleidraht¹⁾ der in Papilloten verwendet wird) von 5—6 cm Länge an einem Ende zusammen, macht nun über einem Eisenstift eine Schlinge, führt diese über die untere Verengung und dreht dann die anderen Enden mit der Flachzange zusammen. Mit dieser Belastung soll der Schwimmer in Wasser von Zimmertemperatur untersinken. Durch Abkneifen,

¹⁾ Da Bleidraht nicht überall leicht erhältlich ist, so scheint es vielleicht nicht überflüssig mitzuteilen, wie man leicht die zum Beschweren ausreichenden Bleistreifen sich selbst aus Bleirohr herstellen kann. Man schneidet bei kräftigem Messerdruck unter Hin- und Herdrehen des Bleirohrs von etwa Fingerdicke 1—2 mm breite Streifen ab, schneidet die so erhaltenen Bleiringe an einer Seite auf, streckt sie und hämmert sie auf eiserner Unterlage platt. Hiervon schneidet man mit Schere oder Messer Streifen von 0,5 mm Breite ab. Sie sind genügend haltbar, lassen sich sehr bequem um die Einschnürung legen und sind leicht zu regeln oder durch neue zu ersetzen.

umschichtig an beiden Drahtenden, erreicht man, daß der Schwimmer endlich ohne Beschleunigung ganz langsam untersinkt. Ist er bei zu starker Verkürzung zu leicht geworden, so dreht man an die Drähte kleine Stücke von dünnstem Draht, z. B. von einer überspannenen Violine (G) oder dem Drahte, der in Bündeln zu Leitungsschnüren verwendet wird. Diese Regelung nimmt man etwa 14 Tage nach der Anfertigung des Schwimmers vor, wenn man sich die Mühe nicht verdrießen lassen will später nochmals zu regeln. (Dann kann man nämlich die Tatsache durch Versuch nachweisen, die bei Anfertigung der Thermometerrohre eine so große Rolle spielt, sie wird wohl erwähnt aber selten nachgewiesen, ich meine die Zusammenziehung des Rohres nach dem Blasen. Ein frisch angefertigter Schwimmer ist, unmittelbar darauf reguliert, nach drei Tagen schon zu schwer, und diese Zusammenziehung dauert über ein Jahr hinaus. Verfasser beobachtete dies an Kaltwasserchwimmern, die ja noch viel feiner geregelt werden müssen.)

An sehr heißen Tagen ist natürlich der auf 18° eingeregelter Schwimmer zu schwer für die Versuche. Man hilft sich entweder damit, daß man sich eine neue Drahtschlinge anfertigt, und die bisherige für den Winter aufhebt, oder auch dadurch, daß man Kochsalzlösung solange zusetzt, bis der Schwimmer wieder ganz langsam sinkt. Der des Verfassers braucht für einen halben Meter 105 Sekunden.

Der Schwimmer hat die Neigung, sich an das Glas anzulegen. Adhäsion und Kraftlinienrichtung scheinen hier zusammenzuwirken. Die abstehenden Drahtgewichte verhindern zwar das vollständige Anschmiegen an die Gefäßwand, erzeugen jedoch an dieser immerhin einige Reibung. Der Unterschied zwischen dieser und der richtigen Stellung ist ganz unbedeutend. Um nicht durch Luftblasen aus dem Wasser gestört zu werden, nimmt man abgestandenes.

2. Zu einleitenden Versuchen über die Stärke magnetischer Felder habe ich ein mit Wasser gefülltes Standglas von 1 m Höhe benutzt (vergl. Fig. 2). Dieses wurde auf zwei Brettchen gestellt, die soviel Zwischenraum ließen und so dick waren, daß man zwei flache Magnetstäbe, über- oder nebeneinander gelegt, dazwischen schieben konnte. Man beobachtet die jedesmalige Steighöhe des Schwimmers, am besten durch Ablesung der Stellung des unteren Schwimmerendes, unter Benutzung eines biegsamen am Standglase befestigten Zentimetermaßstabes.

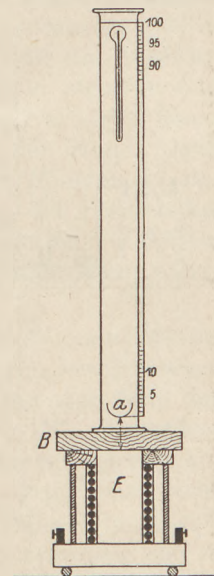


Fig. 2.

Lehrreicher noch sind die Versuche mit einem Elektromagneten (Fig. 2). Bei wechselnder Stromstärke durch Anlegen von 2, 4, 6, 8, 12 Volt Spannung (vermittelt Akkumulatoren) gibt das Steigen des Schwimmers ein recht anschauliches Bild von der wachsenden Stärke des magnetischen Feldes, die sich mit der Sättigung des Elektromagnets einem Maximum nähert. Am deutlichsten tritt dies hervor wenn man den Zusammenhang graphisch darstellt. Bei diesen Versuchen muß die untere Spitze der Nadel einen Mindestabstand von 7 cm von dem Elektromagneten haben, andernfalls wechselt die zu große Annäherung die Polarität der Nadel.

Noch auf einen Umstand sei hier hingewiesen. Wenn man die oben angeführte Versuchsreihe rückwärts, also mit abnehmenden Stromstärken macht, so geht der Schwimmer nicht genau auf die früher angezeigten Stellen zurück. Bei einer nochmaligen unmittelbar nach der ersten Versuchsreihe (auf und ab) angestellten Beobachtung zeigten die Zahlen jedoch beim Auf- und Absteigen geringere Unterschiede. Dies dürfte dem allmählichen Warmwerden der Drähte durch den Strom zuzuschreiben sein.

Immerhin mögen auch Adhäsion, Reibung, Beharrungsvermögen, sowie ev. Änderung in der Temperatur des Wassers oben im Standglase einen gewissen Einfluß haben, der jedoch im Vergleich zu den starken Steighöhen von geringer Bedeutung ist.

Will man also recht vorsichtig sein, so erwärme man die Drähte, indem man vor Beginn der Versuchsreihe eine kurze Zeit lang stärkeren Strom (12 V.) durchschickt, macht die Versuchsreihe erst auf-, dann abwärts und nimmt das arithmetische Mittel.

An die beschriebenen Versuche lassen sich noch ähnliche wie die bei Verwendung des Stabmagneten bereits angedeuteten anstellen, deren Beschreibung hier zu weit führen würde. Auch dabei kommt man zu beachtenswerten Ergebnissen, wenn man den Elektromagnet horizontal um gleiche Abstände verschiebt. Man kann ihn stehend und liegend verwenden und wird noch verschiedene Nebenerscheinungen wahrnehmen.

3. Einer der interessantesten Versuche ist der

Nachweis der kreisförmigen Kraftlinien des elektrischen Stromes durch freischwimmende Magnetnadeln.

Man befreit die Magnetnadel von ihrem Ausgleichgewichte, so daß sie also im wahren Sinne des Wortes schwimmt und gibt ihr, wo nötig ein neues, so daß sie möglichst wenig aus dem Wasser herausragt. Einen Glasrog, so wie er für Akku-

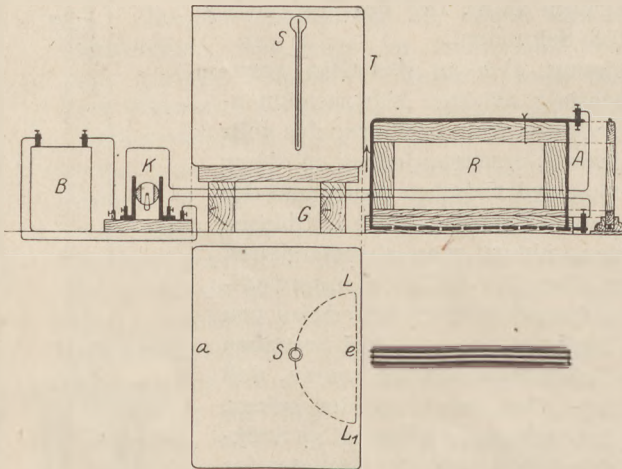


Fig. 3.

mulatoren verwendet wird, füllt man mit Wasser. Hier darf auch frisches benützt werden, da Luftblasen nicht von störender Wirkung sind. Auch die Temperatur spielt keine wesentliche Rolle. Die Wasserhöhe richtet sich nach der Länge des Schwimmers. Er soll etwa 1 cm vom Boden des Glasgefäßes abstehen.

Man bedarf nun ferner eines Holzrahmens *R* (Fig. 3), dessen Teile zusammengeleimt oder verkeilt werden; Eisennägel sind zu vermeiden. An den Ecken des Rechtecks feilt man mit einer Rundfeile zwei oder, bei Verwendung von drei

Drahtwindungen, drei Hohlkerben, um zu scharfe Biegungen des 2 mm starken Leitungsdrabtes zu verhüten. Die Abmessungen des Rahmens sind so getroffen, daß z. B. der absteigende Strom im Rahmenteil *A* auf den Schwimmer keinen merklichen Einfluß mehr ausübt. Das äußere Rechteck von *R* ist 33×17 , die Holzdicke ist so gewählt, daß drei isolierte Drahtzüge Platz haben. Es genügen indessen auch zwei. Für einige Versuche steht er in einer auf dem Grundbrett befestigten Holzrinne, deren Querschnitt rechts vom Rahmen ersichtlich ist (dritte Projektion). Eisenstative sind nicht zu benutzen wegen der Rückwirkung auf die Magnete. Aus demselben Grunde sind auch die meisten für optische Zwecke, nach Art der Aquarienkästen aus Spiegelglas zusammengesetzten Behälter nicht zu verwenden, es sei denn, daß sie mit Messingstreifen zusammengefügt sind. An die mit Polklemmen versehenen Enden des Drahtrechtecks schließt man Stromwender (*K*) und Akkumulatorbatterie (*B*) an. Man benötigt bei drei Windungen eine elektromotorische Kraft von 4—6 Volt. Die Befestigung des möglichst langen Stromrechtecks am Rahmen geschieht entweder durch starken Bindfaden oder durch Messingdraht. Des guten Haltens wegen bringe man zwei Schlingen an jeder Rechteckseite an, nur die dem Trog zugewandte lasse man unbefestigt. Die Seite *T* des Troges steht dem Beschauer gegenüber, Stromwender *k* und Batterie an der Parallelwand.

Den eben beschriebenen Rahmen setzt man in seine Tragrinne, und zwar so vor die Mitte der dem Zuschauer zugekehrten Glaswand T , daß etwa die Mitte des oberen Rahmendrittels dem Pol des Magnetschwimmers gegenübersteht. Natürlich muß zu dem Zwecke der Trog erhöht stehen, Verfasser benützt dazu den Isolierschemel. Da der gefüllte Trog schwer fortzubewegen ist, füllt man ihn erst nur halb, und erst, wenn er seine richtige Stelle hat, das übrige Wasser nach. (Ablassen mittelst Heber.) Wegen späterer an diesen anschließende Versuche fülle man möglichst bis zum Rande. Man setzt jetzt den Schwimmer S ein, etwa 4–6 cm von der Glaswand entfernt, in die Ebene des Stromrechtecks, am besten mittelst in ein Glasrohr eingeschlossener magnetischer Stricknadeln (ohne Berührung), und kann dann folgendes zeigen.

Versuch 1. Man schließt den Strom, der Magnet bewegt sich in der Tangente der Kraftlinie, die der Vorderwand parallel ist. Man läßt ihn sich 1 cm weit bewegen, kehrt den Strom um und wiederholt dies, damit der Hörer sich bewußt wird, daß der Magnetpol dem Zwang des Kraftfeldes gehorcht.

Versuch 2. Man bringt die Nadel mit dem Bündelmagnet, den man über dem Wasser hält, wieder an seine frühere Stelle und schließt den Strom. Der Magnet bewegt sich im Viertelkreis nach der Glaswand. Ehe er dort ankommt, kehrt man (um die Adhäsion an sie zu verhindern) den Strom um, dann wandert der Magnet in sicherer und ruhiger Bewegung, so daß man den Weg in der Kraftlinie bequem verfolgen kann, im Halbkreise an die der vorigen Lage symmetrische Stelle der Wand. Dort angekommen, wandert er der Glaswand entlang bis fast in den Mittelpunkt des Kreisweges. Die Adhäsion hindert ihn, genau bis dorthin zu kommen. Die Erscheinung hat ihre einfache Erklärung darin, daß das außerhalb des Troges befindliche Kraftfeld auf ihn einwirkt, daß aber nur die der Glaswand parallele horizontale Komponente zur Wirkung kommen kann.

Versuch 3. Der Versuch läßt sich noch in folgender lehrreicher Weise abändern. Man nimmt den Rahmen in die Hand, hält ihn zunächst wie in dem vorhin beschriebenen Versuch, läßt den Magnetschwimmer seinen Halbkreis machen. Hält man jetzt den Rahmen so viel höher, daß das untere Ende nunmehr dem oberen Pole gegenübersteht (was gleichbedeutend mit Stromwechsel ist), so bewegt sich der Schwimmer nun in entgegengesetztem Sinne, genau wie vorher beim Polwechsel. Bringt man dann den Rahmen so, daß Nadelmitte und Rahmenmitte (des lotrechten Teiles) sich in gleicher Höhe befinden, so steht die Nadel vollständig still, was leicht zu begreifen und zu erklären ist, da der Strom auf die beiden Pole des Schwimmermagneten nunmehr in entgegengesetztem Drehungssinne wirkt.

Versuch 4. Anschließend an diese Versuche wird man auch den Rahmen nun so halten, daß der obere Pol der Magnetnadel in dessen Achse fällt. D. h. der Rahmen wird parallel zu einer Glaswand T des Troges gehalten, so daß die auf dem Mittelpunkt der Ebene des Rahmenrechtecks senkrecht stehende Achse durch den Magnetpol geht. Dann bewegt sich, wie zu erwarten ist, die Nadel in dieser Linie, je nach Stromrichtung gerade auf die Rahmenmitte zu oder von ihr ab.

Der eben beschriebene Versuch dürfte sich wohl für die Erläuterung der Theorie des Kraftfeldes lohnen, da er doch gewissermaßen zwei Versuche in sich vereint. Um den Sinn der Kraftlinien zu zeigen, pflegt man sonst doch erst nachzuweisen, daß ein Magnetpol, und dann in welchem Sinne er sich um einen senkrechten Stromleiter dreht. Dazu sind besondere Apparate nötig, und die mit Quecksilberbinne sind nicht gerade sehr beliebt. Zugleich zeigt sich aber bei meiner Anordnung auch die Kreisform der Kraftlinien und zwar, ich möchte sagen spontan, ohne daß man den Magnet durch eine feste Achse, wie bei den FARADAYSchen Apparaten zwangsläufig in eine Kreisbewegung zu zwingen braucht. Die Genauigkeit der Kreisbahn ist dabei weit größer als bei dem Versuch mit Eisenfeilicht.

Versuch 5. Die Kraftlinien im Feld eines Magnetstabes lassen sich, wenn man einmal den gefüllten Trog zur Hand hat, ebenfalls sehr gut nachweisen; am besten mit Zuhilfenahme eines zweiten Schwimmers. Man stellt unter den Trog zwei Bretter, so daß man gerade einen Magnetstab zwischen dieses und den Trogboden schieben kann. Schwimmen die beiden Nordpole oben, so schiebt man den gleichnamigen Pol des Stabmagneten eben unter den Trogboden. Die beiden wieder bis eben zum Untersinken beschwerten Schwimmer stellen sich mit ihren Südpolen auf den Boden in etwas schräger Richtung an den Rand des Gefäßes. Schiebt man jetzt den Stab rasch (nicht zu rasch) ganz unter den Trog, so stießen die beiden Schwimmer auseinander und vereinigen sich, eine Kraftlinie beschreibend, wieder über dem nunmehr in seiner Lage veränderten Nordpol.

Versuch 6. Der Verfasser glaubte, da das Stromfeld auch noch in 10 bis 15 cm Abstand vom Troge merklich wirkte, eine volle Kreisdrehung und damit beständige Kreisbewegung dadurch zu erzielen, daß er den Rahmen mit dem senkrechten vorderen Teile über die Mitte der Wasserfläche hielt (Fig. 4). Setzt man den Schwimmer

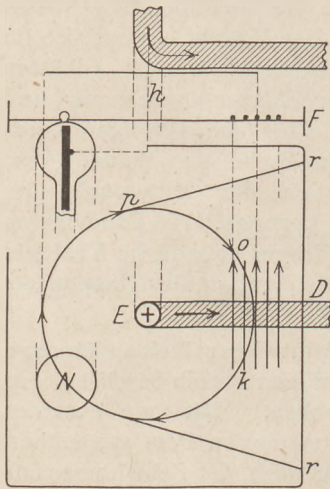


Fig. 4.

5 bis 6 cm von dem Drahte entfernt ein, so macht er auch die erwartete Halbkreisdrehung, gerät danach aber (siehe Versuch 4) in das Kraftfeld des horizontalen Stromleiters, der ihn nach vollendeter Halbdrehung vom Punkte P aus abtreibt, so daß er im ganzen in einer Art Parabel $NP \cdot r$ an die Vorderwand des Troges nach r geht. Durch diese nicht vorhergesehene Wirkung kam der Verfasser auf folgenden Versuch.

Versuch 7. Setzt man den Drahtrahmen quer mit der unteren Seite über den Glasstrog (in der Richtung, in der er beim vorigen Versuche stand), so stehen ja jetzt die Ebenen der Stromkraftlinien senkrecht zum Drahte. Der oben schwimmende Pol des Nadelmagneten wird also von den unten verlaufenden beeinflusst. Setzt man die Nadel nun etwa in die Mitte des Troges ungefähr 3 cm von dem Leitungsdrahte entfernt, so geht er infolgedessen, wie man erwarten konnte, senkrecht vom Drahte an dessen andere Seite. Ist er dort in der Entfernung von 3 cm angelangt, so kehrt man die Strom-

richtung um. Wiederholt man dies, so bewegt sich der Schwimmer nun fortwährend im Zickzack. Läßt man ihn zu weit gehen, so treibt ihn das Beharrungsvermögen aus dem wirksamen Bereiche des Kraftfeldes und er kehrt nicht zurück, sondern beschreibt die im vorigen Versuche gezeigte Art Parabel.

Versuch 8. Man erhält eine weitere Bestätigung des Verlaufs der Kraftlinien, wenn man den Schwimmer, wie beim FARADAYSchen Apparate, eine zwangsläufige Bewegung gibt. Das geschieht, indem man den Schwimmer nach Art einer Boje am Boden festhält. Man erreicht dies am einfachsten dadurch, daß man einen Magnetpol (M) über die Mitte des Trogbodens legt (Fig. 5). Wenn die Nähe des Poles (der sehr wenig und außerdem überall die gleiche Wirkung auf den schwimmenden oberen Pol ausübt) bedenklich erscheint, kette mit Wachs einen ganz kurzen Faden einmal an das andere Ende des Schwimmers, sodann an eine kleine Bleiplatte (B) und leere im ersten Falle den Trog so weit, daß der Schwimmer ungefähr den in Figur 5 ersichtlichen Winkel mit dem Boden macht. Bei Benützung des Fadens macht man diesen so lang, daß bei gefülltem Trog der Schwimmer die gewünschte schräge Lage erhält. Dies hat den Vorteil, daß der Rahmen noch näher an den schwimmenden Pol herantritt. Einfacher ist es immerhin mit dem untergelegten Magnet.

Macht man jetzt den vorigen Versuch, so kommt der Schwimmer an einem Punkte in der Nähe von o (Fig. 4) zum Stillstehen. Man kann ihm

durch kurz währende Umkehr des Stromes über den Berg helfen bis (k) , von da ab nimmt er seine vorige Kreisbewegung wieder auf. Daß er bei dieser Umkehr den senkrechten Kraftlinien des Stromes folgt und nicht den wagrechten, beweist, daß, wie oben bemerkt, die ersten stärker sind in ihrer bewegendenden Kraft. Beide Versuche zusammen ausgeführt, sind sehr bezeichnend für das Kraftfeld, weil man bei dessen richtiger Erfassung den zweiten voraussagen kann und umgekehrt aus dem zweiten den ersten.

Versuch 9. Verhalten eines Solenoids. Man kann in Versuch 5 den Magnet durch ein Solenoid ersetzen, das man über ein schmales Brett auf den Trog legt. Hierbei zeigt sich dann die dem Physiker bekannte Tatsache, daß das äußere Kraftfeld, der starken Streuung der Kraftlinien halber, sehr klein ist im Vergleich zu dem inneren Felde. Die Nadel bewegt sich trotzdem, da das äußere Feld ihr näher ist, nur senkrecht zur Achse des Solenoides, wie in Versuch 4 mit Hilfe des Rahmens. Jede Windung wirkt gewissermaßen für sich als magnetisches Blatt. Im Gegensatz hierzu zeigen die folgenden Versuche mit Stromkreisen, sowie besonders ein um das Standglas in 4 bis 5 Windungen gewickeltes Solenoid durch die Steighöhe des Schwimmers das starke innere Feld.

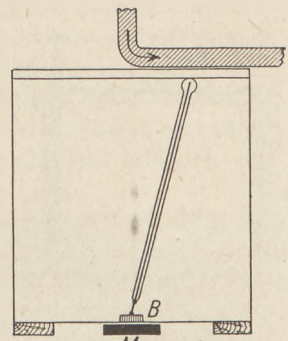


Fig. 5.

Versuch 10. Daß das äußere Feld sehr gering ist im Verhältnis zum inneren, zeigt auch der Versuch mit einer starken Eisenplatte, die man in die Nähe der am Standglas angebrachten Stromwindungen hält. Es ändert sich die Wirkung auf den Magnetschwimmer nur wenig, während jeder weiß, wie stark das Kraftfeld zunimmt wenn man in das Innere einer Drahtspule einen Eisenkörper einführt. Wer dies noch genauer nachweisen will, dem empfiehlt sich folgender Versuch (11). Man wickelt aus dem zur Bespannung des Rahmens benutzten dicken Draht ein Solenoid S_0 aus 7 bis 8 Windungen so weit, daß das Solenoid über das Standglas S herübergeschoben werden kann und zwischen Standglas und Spule noch soviel Zwischenraum bleibt, daß man einige Eisenstäbe hineinsetzen kann. Man läßt nun den Schwimmer steigen. Er ging beim Versuch des Verf. bis 26,5; wurde nun ein Eisenstab von der Höhe der Spule eingeführt, so stieg der Schwimmer noch bis 29, ging nach Wegnahme des Eisens wieder bis 27. Wenn man den Eisenstab nun außen an die Spule stellte, so wurde der Kraftlinienfluß der auf die Nadel wirkt, mehr nach außen, also weiter verlegt und die Nadel sank bis 26,51. Bei größerer Stromstärke waren die Zahlen 29, 32,5 und 27,5. Das Anbringen des Eisenstabes außerhalb der Spule bewirkte also noch ein weiteres Zurückgehen als ohne jedes Eisen.

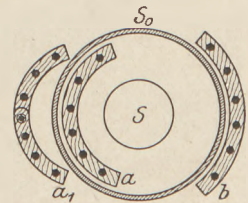


Fig. 6.

Mit mehreren Eisenstäben verstärkt sich natürlich die Wirkung und zeigt deutlich die magnetische Leitfähigkeit des Eisens gegenüber der Luft. Man befestigt die Stäbe, etwa 4 Stück, am besten nach Art der Skizze (Fig. 6) in ein kreisringförmiges Brettchen a . Man kann sie dann mit einem Griff innerhalb und außerhalb der Spule ansetzen. Macht man ihrer zwei, so kann man durch gleichzeitiges Einsetzen die Differenz ihrer Wirkungen feststellen (Schülerarbeit). Entsprechend ist ein Brettchen b für den Außenraum hergerichtet. Wer denselben Träger a auch für außen gebrauchen will (a_1) und sich an der zu starken Krümmung stört, mache in der Mitte ein Scharnier.

Zu den Versuchen über Stromkraftlinien kann man sich, wenn nur schwache Stromquellen zur Verfügung stehen, des Rahmens, der in Fig. 7 gezeichnet ist, bedienen. Aus dem Verlauf des Stromes ergibt sich ohne weiteres, daß die obere Hälfte links auf den oberen Pol des Magnetschwimmers in demselben Drehungsinne wirkt,

wie die untere auf den unteren. Man braucht auch zu dieser Stromführung viel weniger Draht.

Noch eine Bemerkung möchte ich über die Wahrnehmung der Bewegung seitens des Hörers machen. Da es sich um eine Horizontalbewegung handelt, so müßte eigentlich,

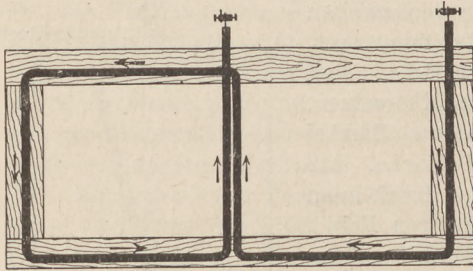


Fig. 7.

um sie für eine größere Anzahl Zuhörer deutlicher zu machen, ein Spiegel angebracht sein. Dies ist jedenfalls lästig. Ich habe bemerkt, daß man aus der bloßen Beobachtung des Schwimmers von vorne die Kreisbewegung recht gut erkennt, besonders wenn man die Bewegung des unteren Poles über dem Boden des Glastroges ins Auge faßt. Es empfiehlt sich, ein Blatt weißes Papier unter den Trog zu legen, am besten ein mit rechtwinklig sich schneidenden Strichen be-

drucktes Linienblatt. Dies kann auch dem Vortragenden die Einstellung erleichtern. Die Hörer sehen von den meisten Sitzen nichts davon wegen der vollständigen Zurückwerfung des Lichts an der Unterseite, können indessen die Bewegung des unteren Pols gut verfolgen.

Elektrische Momentphotographie.

Von Paul Schürholz in Recklinghausen i. W.

In Heft 6 des 26. Jahrganges dieser Zeitschrift ist ein Aufsatz über die elektrische Momentphotographie von Glatzel, der in den „Naturwissenschaften“ 1913,

Nr. 39 veröffentlicht wurde, auszugsweise wiedergegeben. Es interessierte mich die Frage, ob man mit den immerhin einfachen Geräten, die für den Physikunterricht an der hiesigen Oberrealschule zur Verfügung stehen, einigermaßen ansprechende Aufnahmen würde erzielen können. Es zeigte sich, wie man ja auch vermuten konnte, daß das sehr wohl der Fall ist, wie die beigefügten Bilder bestätigen. Fig. 1 stellt eine Seifenblase dar, die im Momente der Aufnahme ein Schuß zum Platzen brachte. Fig. 2 zeigt den Augenblick, in dem die Kugel aus einem Flobert gerade eine Glasscheibe durchbohrt. Die Kugel selbst steckt in dem dicken Strahle der feinen nach vorne und hinten hervorspritzenden Glassplitterchen. Fig. 3 endlich ist in dem Augenblick aufgenommen, in dem die Kugel eine Seifenblase durchbohrt. Die Einschußstelle ist rechts oben zu sehen. Die Kugel steckt im

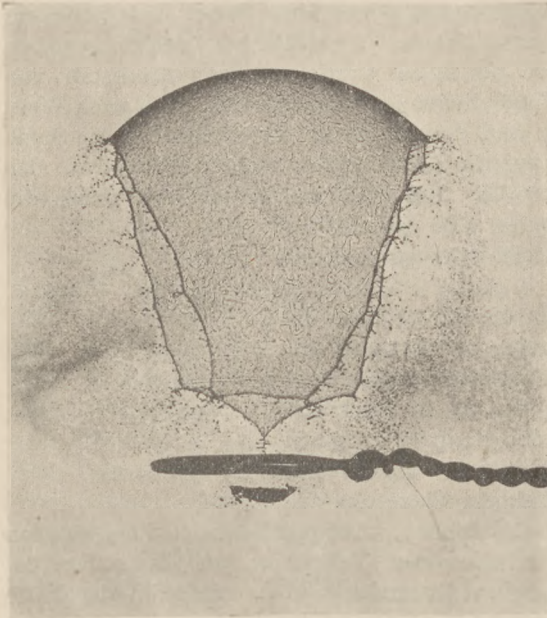


Fig. 1.

Innern der Blase. Ebenso kann man leicht die das Geschöß umgebenden Luftwellen und die hinterdrein ziehenden Luftwirbel festhalten. Bei den Bildern, die ich erhielt,

sind sie auf dem Negativ sehr wohl zu sehen, indessen, wohl wegen der geringen Geschwindigkeit, die ein Geschoß aus dem Flobert hat, so zart, daß die Einzelheiten beim Drucke verloren gehen würden. Sehr viele interessante Aufnahmen anderer Art lassen sich auf die gleiche Weise herstellen. So zeigt z. B. die Aufnahme eines Wasserzerstäubers deutlich die einherfliegenden feinen kugelförmigen Wassertröpfchen, dagegen die Aufnahme des aus einer Flasche unter hohem Druck frei austretenden Kohlensäurestrahls die winzigen Kriställchen der festen Kohlensäure.

Der Krieg, der das Interesse für alle ballistischen Fragen auch bei den Schülern mächtig weckte, gab bald Gelegenheit, den Primanern in einer Stunde diese Dinge praktisch vorzuführen. Dann war ich selbst drei Jahre draußen, so daß ich erst

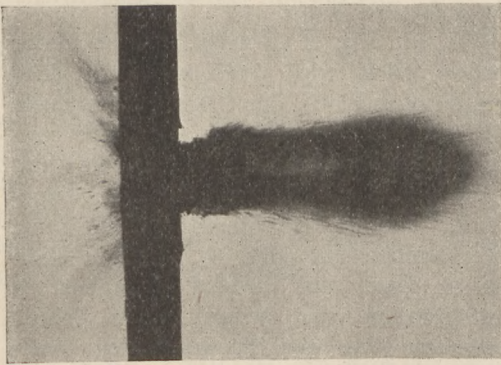


Fig. 2.

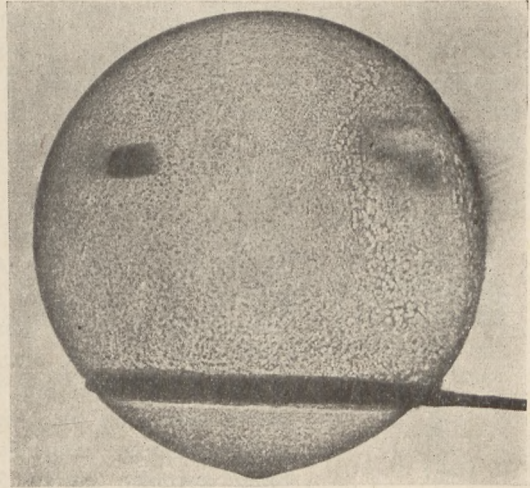


Fig. 3.

jetzt dazu komme, diese kurzen Bemerkungen zu dem oben erwähnten Referate niederzuschreiben. Zwar gehören Versuche dieser Art ja wohl nicht in den Schulunterricht, doch mag dieser oder jener Lehrer den Wunsch hegen, sei es in einer Stunde freiwilliger Übungen, sei es in einer Vertretungsstunde, die ihm in den Schoß fällt, mit seinen Primanern auch einmal einen Versuch mit der elektrischen Momentphotographie zu machen. Die Bilder Fig. 1 und 2 stammen aus einer solchen Stunde. Daß die Schüler mit ganzer Seele dabei sind, braucht nicht weiter betont zu werden. Daß es auch vieles dabei zu überlegen, zu überdenken, zu lernen gibt für die Schüler, wenn der Lehrer es nur richtig anfängt, braucht ebenfalls nicht erörtert zu werden, gilt übrigens ja für jeden, auch den bescheidensten Versuch.

Die einfache Anordnung der Geräte für die Aufnahmen Fig. 1—3 stellt die Fig. 4 schematisch dar. *E* ist der Experimentiertisch. Auf ihm steht bei *F* der Funkeninduktor für etwa 20 cm Funkenlänge. Von der Schalttafel führt die Leitung zur primären Spule, weiter zu den beiden Holtzschen Fußklemmen *KI*, die auf einem Bock *Bo* etwa 50 cm vor dem Tische stehen, und von dort zurück zur Schalttafel. Zwischen den Holtzschen Klemmen ist ein mehrere Zentimeter langer, etwa 0,7 cm

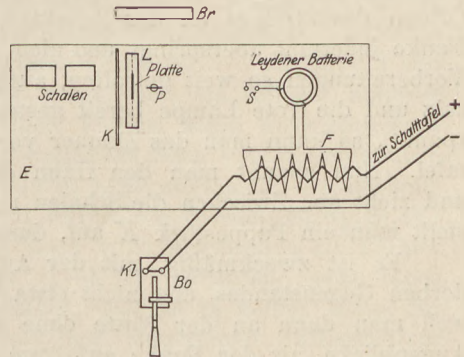


Fig. 4.

breiter, mehrfach zusammengefalteter Streifen aus Stanniol ausgespannt. An die sekundäre Wicklung des Induktors sind einige Leydener Flaschen mittlerer Größe, im ganzen etwa 4—5000 E.S.E. parallel angeschlossen. Die Funkenstrecke S wird gebildet aus dünneren Drahtstücken in Holtzschen Klemmen, die man so biegt, daß der kurze, aber kräftige Funke senkrecht zur Schußrichtung, d. h. auch senkrecht zur Ebene der photographischen Platte überspringt und sein Licht, ohne daß der Draht der Funkenstrecke einen Schatten in der Richtung zur Platte wirft, frei ausstrahlen kann (Fig. 5). Man erhält so für die Beleuchtung eine möglichst punktförmige und helle Lichtquelle. Der Funkenstrecke gegenüber

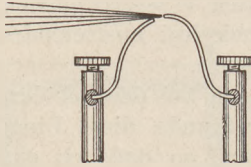


Fig. 5.

liegt auf dem Tische die Latte L (Fig. 4) von etwa 50 cm Länge, die mit einer Längsnut versehen ist. In diese Nut steckt man die photographische Platte mit einer Kante ein. Man nimmt zweckmäßig eine Latte von der angegebenen Länge, weil man dann allenfalls mehrere Platten nebeneinander aufstellen kann.

Es sei nun angenommen, es sollte ein Bild, wie Fig. 2 es zeigt, aufgenommen werden, also ein Glasstück durchschossen werden. Man wird dann bei P zwischen

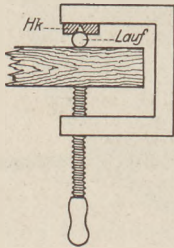


Fig. 6.

Funkenstrecke und photographischer Platte das Glasstück in einem Klötzchen aufstellen. An den Bock Bo , der in der Höhe verstellbar ist, wird nun mit einer Schraubzwinde der Flobert unverrückbar festgeklemmt, nachdem er auf das Glasstück eingerichtet ist. Damit man unter der Zwinde hinweg zielen kann, empfiehlt es sich, ein Holzklötzchen Hk (Fig. 6), das mit einer Kerbe versehen ist, zwischen Lauf und oberem Zwingenstück einzuklemmen. Der Stanniolstreifen wird genau in die Schußbahn gerückt, einige Zentimeter von der Mündung der Waffe entfernt. Als Kugelfang genügt für den Flobert von 6 mm Kal. ein dickes Brettstück, das man auf der Rückseite allenfalls

noch mit einem Stück Eisenblech benageln kann. Ein Kistchen mit Sand tut die gleichen Dienste.

Man hat dann noch Funkenstrecke und Stromstärke einander anzupassen. Man wird die Stromstärke so groß wählen, daß man einen recht kräftigen Funken erhält, die Funkenstrecke also nicht allzu kurz zu sein braucht. Wir verwandten einen primären Strom von 15—18 Amp. Man muß sich durch mehrmaliges Schließen und Öffnen des Stromes an der Schalttafel überzeugen, daß wirklich beim Öffnen der Funke jedesmal überspringt und nicht etwa hin und wieder ausbleibt. Hat man die Vorbereitungen so weit getroffen, auch die Schalen mit dem Entwickler und Fixiersalz und die rote Lampe bereit gestellt, den Flobert geladen (aber noch nicht gespannt), so kann man das Zimmer verdunkeln. Ein Gehilfe stellt sich an die Schalttafel. Nun spannt man den Hahn der Waffe, läßt den primären Strom schließen und zieht ab. Zwischen die Schalen und das Glasstück, das verschossen werden soll, stellt man ein Pappstück K auf, damit nicht Glassplitter in die Schalen fallen.

Es ist zweckmäßig, mit der Aufnahme eines Glasstückes oder eines anderen derben Gegenstandes und nicht etwa gleich mit der einer Seifenblase zu beginnen, weil man dann an der Platte ohne weiteres nachher feststellen kann, ob in dem Augenblicke, als der Funke aufblitzte, die Kugel das Glasstück schon erreicht hatte oder nicht. Die Selbstinduktion des Induktors und die Kapazität der angeschlossenen Leydener Flaschen haben ja einen Zeitunterschied zwischen dem Zerreißen des primären Stromkreises und der Funkenentladung im Gefolge, den man auszuprobieren hat. Würde man etwa gleich eine Seifenblase benutzen, so wäre es immerhin möglich, daß die Seifenblase vor der Schußauslösung unbemerkt — man hat ja nach dem Aufstellen der Platte nur noch das rote Licht der Dunkelzimmerlampe zur Ver-

fügung — zerplatzt wäre. Das könnte zu falschen Schlüssen über die Zeitdauer der Verzögerung führen. Am zweckmäßigsten ist es, etwa 4 Platten nebeneinander in der Latte *L* aufzustellen und vor jeder Platte ein Glasstück. Man vermeidet dann längeres Probieren und sieht nach dem Entwickeln sofort, bis zu welchem der vier Glasstücke die Kugel vorgedrungen war, als der Funke aufleuchtete. Hat man diese Verzögerung — gemessen durch die Strecke, die von der Kugel seit dem Zerreißen des Stanniolstreifens zurückgelegt ist, — einmal festgestellt, so hat man bei den folgenden Aufnahmen wegen der merklichen Konstanz der Verzögerung bei annähernd gleicher Funkenlänge keine Schwierigkeit mehr. Bei unseren Aufnahmen legte die Kugel nach der Unterbrechung des primären Stromes noch rund einen Meter zurück, bis die Entladung an der Funkenstrecke erfolgte. Wenn man will, kann man die Verzögerung natürlich sehr viel kleiner machen. Bei dem heutigen Preise der Platten wird man vielleicht versuchen, mit einem Streifen Bromsilberpapier die Zeitdifferenz zu bestimmen. Für diesen Zweck wird die Helligkeit des Funkens auch beim Bromsilberpapier sicherlich ausreichen.

Etwas schwieriger ist das Arbeiten mit Seifenblasen, die man auf einen Drahring setzt. Der Drahring muß vor allen Dingen vollkommen entfettet sein, etwa durch Abreiben mit Benzin, Benzol oder dgl. und darf dann nicht mehr mit den Fingern berührt werden. Andernfalls zerplatzt die Blase beim Berühren des Ringes unfehlbar. Im übrigen halten Blasen, die nicht zu groß gemacht sind, eine ganze Zeitlang auf dem Ringe. Sofortiges Entwickeln der Platte nach der Aufnahme ist angebracht, weil die auf ihre Schicht stäubenden Teilchen von Seifenlauge zahllose kleine punkartige Flecke hervorrufen, wenn sie nicht gleich durch den Entwickler abgespült werden.

Das Talkum in der Praxis der Experimentalchemie.

Von Otto Ohmann in Berlin.

Vor kurzem empfahl ich in dieser Zeitschrift (Heft 4 des vor. Jahrg. S. 145) das pulverige Talkum als ein Hilfsmittel bei gewissen Arbeiten mit Plastilin sowie auch als Ölersatz für schlecht funktionierende Apparate (S. 153). Inzwischen fortgeführte Versuche zeigten, daß man die Benutzung des Talkums keineswegs auf diese Fälle zu beschränken braucht, daß es vielmehr Eigenschaften besitzt, die es auch sonst als ein willkommenes und vielseitig verwendbares Material erscheinen lassen. Es hängt dies mit der ganzen chemischen Natur dieses Stoffes zusammen, der auch in kompakten Stücken, als Mineral, jene eigenartige Weichheit — als Glied I der Mohs'schen Härteskala — und seifenartige Glätte zeigt, die von keinem anderen Mineral auch nur annähernd erreicht wird. Dazu kommt seine ausgesprochene chemische Indifferenz: der Talk wird weder von Salzsäure noch von Schwefelsäure angegriffen; selbst nach dem Glühen wirken diese Säuren nicht auf ihn ein. Die normale Zusammensetzung dieses Magnesiumsilikates wird durch die Formel $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ ausgedrückt, entsprechend $1H_2O, 3MgO, 4SiO_2$, doch wird gewöhnlich ein kleiner Teil des Magnesiumoxydes durch Eisenoxydul (1—3%) vertreten, wozu noch bisweilen 1—2% Tonerde treten. Günstig ist ferner, daß es in keiner Weise für die menschliche Haut lästig wird; man kann mit dem staubfeinen Talkumpulver beliebig hantieren und behält doch, ohne waschen zu müssen, saubere Hände durch trockenes Abreiben am Handtuch oder bloßes Abklopfen der Hände gegeneinander. Ist ja doch auch das pulverisierte Material die Grundmasse für alle Schminken der Schauspieler. Es hängt das alles wieder damit zusammen, daß das Talkum geneigt ist, durch Oberflächenwirkung etwas Fett aufzunehmen; selbst Fettflecke auf Papier lassen sich damit leidlich gut entfernen, mindestens so weit mildern, daß es für viele Zwecke genügt. Man talkiere daher die Hände, wenn man eine Zeichnung auf

besonders empfindlichem Papier anzufertigen hat; auch in der Gesellschaft beim Herumgeben wertvoller Bilder auf hellem Karton empfiehlt sich sehr das Aufstellen einer Schale (größere flache Muschel) mit Talkum, denn nichts wirkt unästhetischer als die sich so leicht einstellenden fettigen Fingergriffe auf solchen Bildern.

Für die Laboratoriumspraxis verwendet man das Talkum entweder im gewöhnlichen trockenen Zustande oder in Form einer Flüssigkeitsmischung.

Herstellung und Eigenschaften einer Mischung von Talkum mit einer Flüssigkeit. Als Flüssigkeiten kommen hauptsächlich destilliertes Wasser und absoluter Alkohol in Frage, mit denen sich beliebige Mischungen von der Konsistenz eines dicken Breies bis zu ganz dünnflüssigem Zustande bereiten lassen. Wasser ist weniger empfehlenswert, da Bakterienwirkungen auftreten können und das langsame Verdunsten oft störend ist. Man halte sich indessen ein kurzes Probierrohr mit einer Mischung von etwa 15 g Talkum in 20 g destilliertem Wasser, gut verschlossen, in Bereitschaft, das man vor dem Gebrauch tüchtig schüttelt. Viel besser arbeitet es sich mit einer alkoholischen Mischung, die man allenthalben anwenden kann, höchstens dort nicht, wo Spuren von Alkohol eine chemische Wirkung ausüben könnten. Bringt man 6 g absoluten Alkohol in eine 10 ccm-Mensur, die in Zehntel geteilt ist, fügt 3 g Talkum hinzu und schüttelt kräftig, so erhält man eine genügend dünnflüssige, für viele Zwecke geeignete Mischung. An einer solchen, eine Art Suspension darstellenden Mischung lassen sich die Reibungsverhältnisse zwischen der flüssigen und festen Phase ausgezeichnet zur Beobachtung bringen, da sich das Talkum in ähnlicher Weise langsam absetzt, wie irgend ein Niederschlag nach einer chemischen Fällung. Das Absetzen erfolgt in dem durch Plastilin luftdicht verschlossenen Meßzylinder einige Zeit hindurch mit auffallender Gleichmäßigkeit; denn es bildet sich sogleich nach Aufhören des Schüttelns eine Oberschicht von völlig klarem Alkohol, mit einer ziemlich scharfen Grenze, so daß sich das Fortschreiten des Absetzens sehr gut verfolgen läßt. Zunächst sinkt jene Grenze für jede Minute fast genau um einen Teilstrich, so daß nach 5 Minuten die Alkoholschicht 0,5 ccm, nach 10 Minuten 1 ccm beträgt, bis etwa nach 30 Minuten die Senkung allmählich langsamer erfolgt, wie sich aus beistehender Tabelle ergibt:

Alkoholschicht	Zeit	Alkoholschicht	Zeit	Alkoholschicht	Zeit
0,5 ccm	nach 5 Min.	3,6 ccm	nach 50 Min.	3,7 ccm	nach 180 Min.
1,0 "	" 10 "	3,62 "	" 60 "	—	—
1,5 "	" 15 "	3,65 "	" 70 "	3,8 "	" 4,5 Std.
2,0 "	" 20 "	3,67 "	" 80 "	3,84 "	" 16,5 "
3,0 "	" < 30 "	—	—	3,85 "	" 22,0 "
3,4 "	" 35 "	3,69 "	" 120 "	4,1 "	" 2,5 Tage
3,5 "	" 40 "				

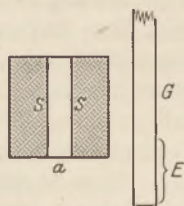
Aber selbst nach so langer Zeit war der Ausgleich, — der natürlich nicht nur in der oberen Schicht stattfindet, wo er im wesentlichen nur angezeigt wird, sondern die ganze Masse ergreift, — noch nicht völlig beendet. Es sank die Oberfläche am 4. Tage bis 4,17, um vom 5. Tage an mit 4,18 stationär zu bleiben. Es ist dieser Beobachtungsversuch mit seinem Hineinleben in die molekularen Vorgänge eine ausgezeichnete Vorbereitung für die Vorstellungen der kinetischen Gastheorie und auch der Kolloidchemie.

Übrigens verlaufen die Versuche nicht ganz übereinstimmend; es hängt dies mit der Beschaffenheit des Materials zusammen. Zuweilen tritt schon nach 2 ccm Alkoholabschichtung ein erheblich langsames Absetzen ein.

Natürlich wird man sich gelegentlich auch andere Mischungen aus Alkohol und Talkum, bis zu breiartiger Beschaffenheit, herstellen. Man halte einige solche Mischungen in wohlverschlossenen Probierrohren in Bereitschaft. — Wir kommen nun zu den verschiedenen Verwendungsarten des Talkums in der experimentellen Praxis. Es empfiehlt sich, beim Experimentieren einen kleinen Vorrat von Talkum in einer flachen Schachtel

stets zur Hand zu haben. Für umfangreichere Talkierungen (z. B. von ganzen Schlauchstücken) schüttet man eine größere Menge auf einen Bogen Papier.

1. Korkdurchbohrung und Glasrohr (Trichterrohr). Nach dem Herausziehen des Korkbohrers bzw. nach Behandeln mit der Korkfeile schlieÙe man die Durchbohrung bei *a* (s. Fig.) mit dem Finger, fülle *SS* mit Talkum an und erschüttere ein wenig durch Aufklopfen des Ganzen auf den Tisch, wodurch das Talkum vermöge seiner idealen Feinheit in alle beim Bohren oder Feilen entstandenen Risse und Unebenheiten eindringt. Dann lasse man das Talkum herausfallen. Führt man jetzt das Glasrohr *G* ein, so gleitet es nicht nur erheblich besser als wenn man es ohne weiteres oder mit Wasser angefeuchtet einführt, sondern es wird durch das Talkum auch eine bessere Gasabdichtung erzielt.



Zudem hat dieses Talkum noch den Vorteil, daß man später das Glasrohr leichter wieder herausziehen kann; bekanntlich bildet sich bei längeren Verweilen zwischen *G* und *SS* oft ein so starkes Anhaften aus, daß das Entfernen des Glasrohrs ohne Gefahr kaum möglich ist. Bei einem tiefer durchzusteckenden Rohr, z. B. Sicherheits-Trichterrohr, ist es außerdem nützlich, das Rohr seiner ganzen Länge nach zu talkieren.

2. Kautschukpfropfen und Glasrohr. Bei Kautschukpfropfen, die man gewöhnlich gleich durchbohrt bezieht, empfiehlt sich dasselbe Verfahren. Aus Kautschukstopfen pflegt man das Rohr nach jedesmaligem Gebrauch sogleich wieder zu entfernen. Bei wiederholtem Einführen genügt es dann, nur das untere Ende *E* des Glasrohres zu talkieren.

3. Durchbohren eines Kautschukpfropfens. Diese Operation gelingt ebenfalls mit Talkum (an Stelle von Alkalilauge oder Seifenlösung) sofern man wiederholt, unter schwachem Beiseitebiegen des Bohrers, Talkum in die Fugen nachstreut.

4. Kautschukschlauch und Glasrohr. Statt den Schlauch vor dem Überstreifen anzufeuchten, tauche man das Ende in Talkum; er gleitet dann vorzüglich über das Rohr. Wer dies einmal erprobt hat, wird das Talkum für diese vielgeübte Hantierung nicht mehr missen wollen. Es empfiehlt sich übrigens, die ganzen Kautschukschläuche zu talkieren, durch Bestreichen mit eingetauchtem weichen Baumwollappen; die Einwirkung der Atmosphärien (Hauptursache des Unbrauchbarwerdens) wird dadurch gemindert.

5. Ventile bei der Sauerstoff-Stahlflasche. Bekanntlich dürfen beim Radventil sowie beim Reduzierventil der Sauerstoff-Stahlflasche Fette wegen der Sprenggefahr nicht verwendet werden. Infolge seiner chemischen Indifferenz eignet sich zu diesem Zweck das Talkum recht gut. Man lege, um es einzubringen, die Stahlflasche wagrecht auf den Tisch.

6. Achsenlager in Holz und sonstige Führungen in Holz. Schiebetüren, von denen man allerdings mehr und mehr abkommt, haben oft eine so starke Reibung, daß man sie kaum in Bewegung setzen kann. Die Anwendung von Öl ist bei Holz nicht angebracht. Hier ist Talkum ganz besonders am Platze, zuweilen das eigentliche Rettungsmittel. Auch bei in Holz gelagerten, oft ganz lästig knarrenden Türen lassen sich alle Übelstände glatt mit Talkum beseitigen; hier läßt sich auch die oben erwähnte Mischung gut verwerten.

Auch sonst leistet das Talkum im Laboratorium noch manchen guten Dienst; z. B. wirkt es bei älteren Werkzeugen mit Drehung (Zangen, Feilkloben u. a.), ferner auch da, wo Reste unzuweckmäßigen Lackierens das Gleiten stören, oft überraschend gut. Auch bei stark beanspruchten Schraubengängen, die zuweilen vorzeitig abgenutzt (und schließlich überschraubt) werden, mindern geringe Mengen eingestreuten Talkums die Friktion und wirken so erhaltend. Dies gilt z. B. auch für Schrauben-Quetschhähne und alle verrosteten oder leicht verrostenden Stellen. Kurz, wer sich die Eigenschaften dieses unverwüßlichen Gleitstoffes öfters zunutze gemacht hat, findet allenthalben willkommene Gelegenheit, ihn zweckentsprechend zu verwenden.

Die Bestimmung der spezifischen Wärme der Luft bei konstantem Druck.

Von Prof. Ludwig Nagele in Klagenfurt.

Nächst der spezifischen Wärme des Wassers ist gewiß die der Luft am wichtigsten. Ihre Bestimmung im Schulunterricht scheidet aber daran, daß bei den gewöhnlichen Methoden sehr große Raummengen Luft notwendig sind, daß das Wärmefassungsvermögen der Kalorimeter, der Thermometer usw. in Betracht gezogen werden muß, daß größere Wärmeverluste unvermeidlich sind, alles Umstände, die einen derartigen Versuch als zeitraubend, umständlich und unübersichtlich ausschließen.

Eine ähnliche schwierige Aufgabe, die Bestimmung der Verdampfungswärme des Wassers, wurde von F. C. MÜLLER unter Zuhilfenahme von Zeitbeobachtungen in einfacher und eleganter Weise gelöst. Dies brachte mich auf den Gedanken, die spezifische Wärme der Luft ebenfalls mit Hilfe von Zeitmessungen festzustellen, oder vielmehr einen möglichst guten Näherungswert für diese wichtige Größe auf dem Wege des Schulversuches zu erhalten. Es wird vorausgesetzt, daß die spezifische Wärme des Messings schon bekannt ist, sie kann ja mit dem Weinholdschen Apparat recht genau ermittelt werden und beträgt bei der Temperatur von 15° C etwa 0,09. Soll die Aufgabe im Unterrichte durchführbar sein und nicht zu viel Zeit erfordern, so kann die verwendete Luftmenge keine große sein, daraus folgt aber wieder, daß Temperaturbestimmungen mit gewöhnlichen Thermometern nicht möglich

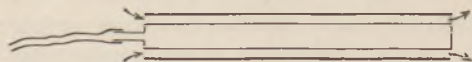


Fig. 1.

sind, da ihr Wärmefassungsvermögen zu groß ist, um außer acht gelassen, und zu schwer bestimmbar, um in den Versuch eingerechnet werden zu können. Geringe Luftmengen wieder verlangen einen Apparat von kleiner Wärmekapazität, der dabei doch die Gewähr bieten soll, daß die Luft eine bestimmte Temperatur annimmt. Der ursprüngliche Gedanke bestand darin, erwärmte Luft zwischen den Mänteln zweier Messingzylinder hindurchzuleiten (Fig. 1), den kleineren Zylinder als Thermoskop zu verwenden und die Zunahme der Wärmemenge eines derartigen Apparates zu messen. Drei Umstände erschweren die Durchführung dieses Versuches: 1. Die durchlaufende Luft muß vorher auf eine bestimmte Temperatur gebracht und ihr Rauminhalt gemessen werden, wodurch die ganze Vorrichtung umständlich und unübersichtlich wird. 2. Es treten beim Durchgang die unvermeidlichen Wärmeverluste auf, die bei geringen Luftmengen die Durchführung des Versuches überhaupt unmöglich machen. 3. Die Temperatur, die das Thermoskop annimmt, ist nicht dieselbe wie die der äußeren Hülse.

Der erste Übelstand kann behoben werden, wenn der oben abgebildete Apparat selbst auf eine gewisse Temperatur gebracht, Luft von der Zimmertemperatur durchgeleitet und seine Wärmeabgabe festgestellt wird. Damit ist aber der zweite Fehler noch nicht beseitigt und hier muß die Zeitmessung helfend in den Versuch eingreifen. Der auf eine Temperatur t_1 (z. B. 30°) gebrachte Apparat wird zuerst ganz sich selbst überlassen und die Zeit bestimmt, in welcher er sich auf eine Temperatur t_2 (20°) abkühlt. Diese Zeit sei z_1 (100 Sek.). Hierauf wird er wieder auf t_1 (30°) erwärmt, Luft durchgeleitet und die Zeit gemessen, die jetzt bis zur Abkühlung auf t_2 (20°) verstreicht: z_2 (80 Sek.). Sind die äußeren Umstände, vor allem die Zimmertemperatur, die gleichen geblieben, so muß im zweiten Falle die an die Umgebung

abgegebene Wärme $= \frac{z_2}{z_1} = \frac{80}{100}$ von der ganzen abgegebenen Wärmemenge $C \cdot (t_1 - t_2)$

betragen, wo C die Wärmekapazität der ganzen Vorrichtung bedeutet, und $\frac{z_1 - z_2}{z_1}$

$\left(= \frac{20}{100} \right)$ von $C \cdot (t_1 - t_2)$ ist die von der Luft aufgenommene Wärmemenge. Zwei

Umstände können dabei den Versuch wieder unangenehm verlängern: Das Eichen des Thermoskopes und sein Erwärmen auf eine bestimmte Temperatur t_1 . Beide Hindernisse können leicht überwunden werden. Als Temperaturzeiger wird die bekannte Vorrichtung von GRIMSEHL verwendet, die er bei der Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes benützte (Fig. 2). Sie wird durch einen guten Gummischlauch von geringer innerer Weite mit dem Thermoskop verbunden, der Zeiger auf Null eingestellt und die einzelnen Skalenteile gleich als willkürlich gewählte Grade gezählt. Es ist dies ohne weiteres zulässig, weil in der Gleichung

Abgegebene Wärme = Aufgenommene Wärme

die Temperatur beiderseits vorkommt, die Wahl ihrer Einheit also gleichgültig ist. Es soll nun gleich an dieser Stelle bemerkt werden, daß als Zeigerflüssigkeit Alkohol nicht in Betracht kommt, weil die im Thermoskop enthaltenen Alkoholdämpfe bei nur wenig höheren Temperaturen eine beträchtliche Steigerung ihrer Spannkraft zeigen, und die Temperatursteigerung mit der Einteilung nicht im Einklang bleibt, ein Übelstand, der sich auch bei der Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes bei verschiedenen Zimmertemperaturen bemerkbar

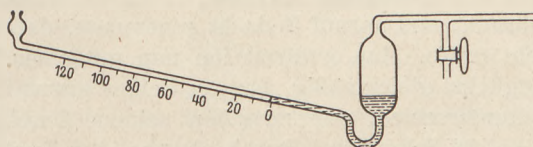


Fig. 2.

macht und jedesmal eine besondere zeitraubende Eichung erheischt. Es hat sich gezeigt, daß gefärbte konzentrierte Schwefelsäure weit bessere Dienste leistet, wenn man nicht versäumt, einige Minuten vor Beginn des Versuches den Apparat bei geöffnetem Hahn auf- und abzuschwenken. Die Säure hält das Innere des Thermoskopes trocken und bedingt dadurch ein nahezu gleichförmiges Ansteigen des Zeigers. Will man dann von einer bestimmten Temperatur t_1 , etwa 120, der willkürlich gewählten Einheit zählen, so erwärmt man das Thermoskop etwas darüber und beginnt die Zeitmessung, wenn der Zeiger infolge des Abkühlens 120 passiert.

Nun ist noch die dritte der oben erwähnten Schwierigkeiten zu beheben, die darin besteht, daß die zwischen Thermoskop und äußerer Hülse durchströmende Luft

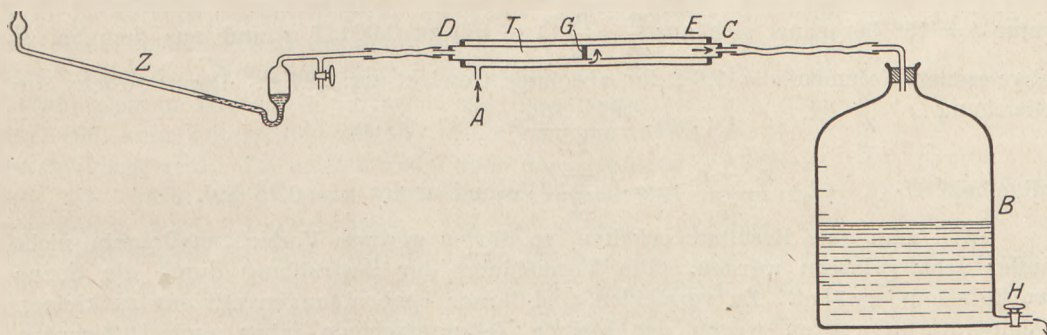


Fig. 3.

nicht genau die abgelesene Temperatur annimmt, da der äußere Teil des Apparates immer einen etwas niedrigeren Wärmegrad hat. Daher wurde der ganzen Vorrichtung folgende Form gegeben (Fig. 3):

Ein dünnwandiges Messingrohr von 19 cm Länge und 1,1 cm Durchmesser im Gewichte von 12 g ist durch einen sehr gut schließenden Gummieinsatz G in zwei Teile gesondert. Der erste bildet das Thermoskop T , durch den zweiten strömt die Luft in das mit einer auf Zehntelliter durchgeführten Teilung versehene Gefäß B ab. Bei C und D sind kurze dünnwandige Glasröhrchen luftdicht eingesetzt und durch

Schläuche (bei D , wie schon erwähnt, guter enger Gummischlauch) mit B bzw. Z verbunden. Die äußere Hülse bildet ebenfalls ein Messingrohr von 18 cm Länge, 1,5 cm lichter Weite, der Wanddicke 0,5 mm und dem Gewichte 36 g. Es hält bei C und D in gut schließenden Gummiringen das innere Rohr. Die äußere Fläche des engen und die Innenfläche des weiten Rohres sind mit Ruß geschwärzt, um einen möglichst raschen gegenseitigen Wärmeaustausch zu erzielen. Die ganze Vorrichtung besitzt ein Gewicht von 49 g, also ein Wärmefassungsvermögen $C = 49 \times 0,09 = 4,4$ Kal. Die Luft tritt bei A in den Zwischenraum der beiden Zylinder, durch die unmittelbar hinter G befindliche Öffnung (Durchmesser etwa 7 mm) in die innere Röhre und fließt bei C in das Gefäß B ab.

Ein besonderes Beispiel mag jetzt den ganzen Vorgang veranschaulichen. Der Apparat wurde einige Zeit vor seiner Benützung in das Lehrzimmer gebracht, bei seitwärts gerichteter Öffnung A an dem Ende E in einer schmalen Klemme festgeschraubt und darauf Bedacht genommen, daß ihn während des Versuches kein Sonnenlicht treffe. Man erwärmt ihn nun mit einer kleinen Bunsenflamme durch Bestreichen möglichst gleichmäßig, bis der Zeiger etwas über 120 hinausgeht und beobachtet den Zeitunterschied, der zwischen seinem Durchgang durch 120 (t_1) und 60 (t_2) liegt: $z' = 196$ Sekunden. Durch abermaliges Erwärmen wird er wieder auf die ursprüngliche Temperatur gebracht (man trachte womöglich denselben Stand über 120 zu erreichen), und beim Durchgang durch 120 (t_1) der Hahn H geöffnet, bei 60 (t_2) geschlossen. Der jetzt gefundene Zeitunterschied ist $z_2 = 166$ Sekunden. Um Fehler durch Änderung des Wärmezustandes der nächsten Umgebung möglichst zu vermeiden, wird der Apparat wieder über 120 erwärmt und nochmals wie am Anfang die Zeit zwischen dem Durchgange durch 120 und 60 bestimmt: $z'' = 198$ Sek., so daß sich als ein Mittelwert für die Zeit, in welcher die Temperatur durch bloße Abkühlung von t_1 auf t_2 sank $z_1 = 197$ Sekunden ergibt. Jetzt werden die Verbindungen mit dem Thermoskop bei D und dem Gefäß B bei C gelöst und das Gewicht bestimmt: $q = 49$ g, also $C = 4,4$ Kal. Der Apparat hat sich abgekühlt um $t_1 - t_2 = 60$ Grade, die durchströmende Luft wurde im Mittel erwärmt von 0 auf $\frac{t_1 + t_2}{2} = 90$ Grade.

Ihr spezifisches Gewicht bei dem Barometerstand von 72 cm und der Zimmertemperatur $t = 16^\circ$ berechnet sich aus $\frac{p}{s} = \frac{p_0}{s_0} (1 + \alpha t)$ zu 0,00117 g und aus dem bei B abgelesenen Volumen $v = 1,6$ l ihr absolutes Gewicht zu 1,87 g. Dann besteht die Gleichung

$$4,4 \cdot 60 \cdot \frac{197 - 166}{197} = 1,87 \cdot 90 \cdot \alpha,$$

allgemein $C \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{z_1 - z_2}{z_1} = q \cdot \frac{t_1 + t_2}{2} \cdot \alpha$ und ergibt $\alpha = 0,25$ kal.

Will man gute Resultate erhalten, so dürfen gewisse Vorsichtsmaßregeln nicht außer acht gelassen werden. Die Vermeidung der Bestrahlung durch die Sonne wurde schon erwähnt. Zu vermeiden sind ferner Beobachtungen mit gar zu kleinen Temperaturdifferenzen wegen der kleinen Zeitunterschiede, aber auch Differenzen wie etwa zwischen 120 und 20 sollen nicht in Betracht gezogen werden, weil die Durchführung des Versuches zu lange dauern und wegen der immer schwächer werdenden Wärmeabgabe leicht größere Fehler sich einschleichen könnten. Das Thermoskop muß in allen seinen Teilen, auch sein Anschluß an den Temperaturzeiger, vollkommen dicht schließen, bei den Anschlüssen ist die Verwendung von Picein sehr zu empfehlen. Die Geschwindigkeit der durchströmenden Luft darf keine zu große sein, sie kann durch Änderung der Hahnstellung am Gefäße B reguliert werden, und wenn in 200 Sekunden etwa 2 l Luft abgesaugt werden, so ist das vollkommen genug. Bei Berücksichtigung dieser Umstände erhielt ich Werte zwischen 0,22 und 0,26 gegenüber dem richtigen Wert von 0,237 Kal.

Kleine Mitteilungen.

Versuche über Luftströme mit Hilfe der Schwungmaschine.

Von J. Friedrich in Trier.

Wird ein Gegenstand durch die Schwungmaschine in Bewegung versetzt, so gerät seine Oberfläche unter den Einfluß des entstehenden Gegenwindes. An diesem lassen sich charakteristische Wirkungen rascher Luftströme in einfacher Weise sichtbar machen.

1. Saugwirkung. Man befestige einen Schenkel einer rechtwinklig gebogenen, an beiden Enden offenen Glasröhre so in der durchbohrten Achse der horizontal aufgestellten Schwungmaschine, daß das Ende des Schenkels noch unten herausragt. Dieses Ende lasse man in ein flaches Gefäß mit gefärbtem Wasser eintauchen (s. Fig. 1). Setzt man nun die Maschine in Tätigkeit, so rotiert der horizontale Schenkel um den vertikalen, und man sieht, wie in letzterem die gefärbte Flüssigkeit aufsteigt. Die Höhe wächst mit der Winkelgeschwindigkeit und der Länge des horizontalen Schenkels.

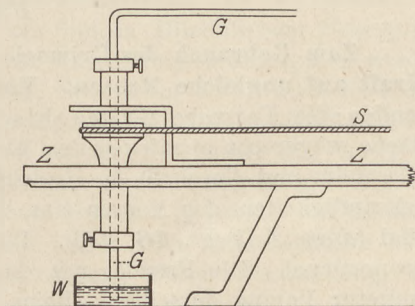


Fig. 1.

Zunächst liegt die Annahme nahe, daß die auftretende Fliehkraft den Luftdruck im Innern der Röhre vermindert und dadurch das Ansteigen der Flüssigkeit veranlaßt. Zur näheren Untersuchung wiederhole man den Versuch mit einer andern Röhre, bei der das horizontale Ende, wie Fig. 2 zeigt, etwas nach oben zurückgebogen ist, während die Größenverhältnisse sonst nicht geändert sind. Bei dem jetzigen Versuch zeigt die Steighöhe der Flüssigkeit kaum einen Unterschied gegen vorher. Dagegen muß jetzt die Wirkung der Fliehkraft auf die Luft einen ganz erheblichen Unterschied zeigen. Während beim 1. Versuch die Möglichkeit vorlag, daß sie die Luft aus der Röhre heraustrieb, ist dies beim 2. Versuch ausgeschlossen, sie kann jetzt höchstens die Luft aus den zentralen Teilen der Röhre nach dem Knie *K* hintreiben und dort verdichten. Wenn nun diese Verdichtung und die entsprechende Verdünnung im Zentrum die Ursache der Erscheinung sein soll, dann darf sich kein Unterschied zeigen, wenn jetzt die Röhre bei *A* zugeschmolzen wird. Tatsächlich bleibt aber das Ansteigen der Flüssigkeit aus, wenn der Versuch mit der so veränderten Röhre vorgenommen wird. Daraus folgt, daß bei diesen Versuchen die Fliehkraft überhaupt keine entscheidende Rolle spielt, vielmehr ist die Erscheinung auf die Saugwirkung der relativ zum Röhrende bewegten äußeren Luft zurückzuführen. Beim 1. Versuch wirkten Flieh- und Saugkraft im selben Sinne, beim 2. wirkten sie einander entgegen, beim 3. Versuch wirkte lediglich die Fliehkraft.

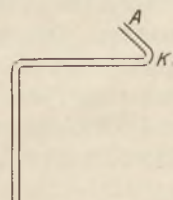


Fig. 2.

2. Drachenwirkung. Man gebraucht zum Nachweis dieser Wirkung eine horizontal auf die Achse der Schwungmaschine zu befestigende Latte, die an beiden Enden vertikale Ansatzstücke trägt. Unter dem Zubehör zur Schwungmaschine sind derartige Vorrichtungen vorhanden. An die Ansatzstücke befestigt man je 2 starke Stricknadeln in vertikaler Stellung und in etwa 2 cm Abstand. Die Nadeln sollen nachher bei der Drehung ihre Stellung nicht ändern. Weiter schneide man sich aus Papier oder dünnem Karton kleine Rechtecke, von denen man jedes längs einer Mittellinie mit 2 Löchern versieht, die etwas weiter als die Entfernung der Nadeln auseinanderliegen. Infolgedessen werden die Rechtecke, wenn man sie mit den Löchern über die Nadeln schiebt, schräg zu letzteren sich stellen. Die Öffnungen müssen so

groß sein, daß die Rechtecke reibungslos über die Nadeln sich bewegen und im Ruhezustand von selbst die tiefste Lage einnehmen. Wird jetzt die Maschine in Tätigkeit gesetzt, so daß der Gegenwind das bewegte Rechteck auf der Unterseite trifft, so steigt es an den Nadeln empor. Diese verbindet man zweckmäßig an den oberen Enden durch ein Stück Kork. Dreht man entgegengesetzt, so bleibt das Papier in seiner tiefsten Lage. War es vielleicht infolge der vorhergehenden Drehung oben festgeklemmt, so wird es bei Umkehr der Drehung sofort heruntersinken. Indem man die Größe, Schwere, schräge Stellung oder auch durch Verbiegung das Profil der Rechtecke verändert, läßt sich der Einfluß dieser Momente beurteilen.

Für die Praxis.

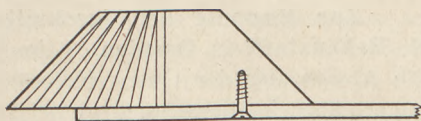
Zum Gebrauch des Grimsehl'schen Versuchsgeschützes für das Wirken einer Kraft auf ungleiche Massen. Von H. Rebenstorff in Dresden. Viele Anerkennung fanden die Versuche Grimsehl's mit dem in Höhe von 54,5 cm über der Tischfläche wagerecht abzufeuern den kleinen Versuchsgeschütz, wobei die beiden Massen (Geschütz und Geschoß) in $\frac{1}{3}$ Sekunde bis zur Tischfläche hinabgehen und die Geschwindigkeiten der Massen aus den wagerechten Wurfweiten sofort zu berechnen sind (*diese Zeitschr.* **16**, 135). Diese sind den bewegten Massen nahezu umgekehrt proportional. Die Freude, mit der die Schüler diese Versuche aufnehmen, ist ein weiterer Vorzug derselben. Beim Gebrauche des so vorzüglich durchdachten Apparates stellt sich leider der Nachteil heraus, daß wegen der Enge des Zündkanals leicht wiederholte Versager beim Abfeuern eintreten, wobei das Pulver der Zündpfanne verpufft, die Entzündung sich aber nicht auf die Geschützladung überträgt. Bemerkt sei, daß ein jedesmaliges Ausspülen des Geschützes nach dem Schuß und gutes Austrocknen — auch durch schwaches Erhitzen über der Bunsenflamme keineswegs verabsäumt worden war. Ein fast ausnahmslos wirkendes Mittel gegen das Versagen wurde darin gefunden, daß nach neuem Pulverschütten auf die Pfanne mit der Spitze einer Stecknadel Pulverkörner zerbröckelt und ins Zündloch gedrängt wurden. Das so erhaltene Mehlpulver ist bekanntlich entzündlicher als die polierten Körnchen und häuft sich, nachdem die Nadelspitze etwa ein dutzendmal in das Zündloch eingeführt war, in diesem, sowie im Innern des Geschützchens gleich darunter an. Den zündenden Glühdraht muß man etwas lose in der Hand halten, damit das Geschütz nicht von ihm ein wenig in der Bewegung zurückgehalten wird.

Zur Behandlung der Ester und Fette im Unterricht. Von Dr. W. Franck in Hamburg. Zum Nachweis der Verseifbarkeit der organischen Ester durch Wasser und Säuren mit den einfachen Mitteln des chemischen Schulunterrichts sind die gewöhnlich gebrauchten Verbindungen — Äthylacetat und die Fette — nicht gut geeignet. Der Essigsäureäthylester kann seiner Flüchtigkeit wegen nur unter dem Rückflußkühler mit dem Verseifungsmittel erhitzt werden, und bei den Fetten ist die Verseifung schlecht nachzuweisen, da die dabei entstehenden Fettsäuren in Wasser ebenfalls unlöslich sind, so daß also mit dem Auge keine Veränderungen wahrnehmbar sind. Bequemer und deutlicher gestalten sich die Versuche beim Gebrauch von Triacetin, das als Glycerintriacetat ja den Fetten sehr nahe steht. Es wird beim Erhitzen mit Wasser im Reagenzglas ziemlich schnell gespalten; dabei verschwindet vor den Augen der Schüler der in Wasser unlösliche Ester, während sich mit den Wasserdämpfen Essigsäure verflüchtigt, die durch den Geruch und durch Lackmuspapier nachweisbar ist. Schneller noch verläuft die Verseifung bei Verwendung von verdünnter Schwefelsäure.

Es läßt sich bei diesen Versuchen auch die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration der H -Ionen zeigen, wenn man die gleichen Mengen Ester (ungefähr $\frac{1}{5}$ ccm), die man am besten durch Aufsaugen in eine enge Glasröhre abmißt, auf dem Wasserbad mit je 10 ccm n-Schwefelsäure, $\frac{1}{10}$ n-Schwefelsäure und $\frac{1}{10}$ n-Oxalsäure erhitzt. Die Reaktion verläuft im ersten Fall am schnellsten, im letzten am langsamsten.

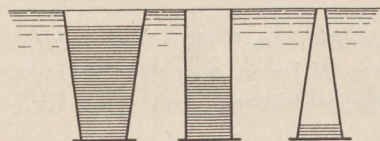
Auf entsprechende Weise läßt sich auch nachweisen, daß die Ester durch OH -Ionen schneller als durch gleich stark konzentrierte H -Ionen gespalten werden, wenn man gleichzeitig zwei Verseifungen mit $\frac{1}{10}$ n-Schwefelsäure und $\frac{1}{10}$ n-Kalilauge ausführt.

Einfacher Apparat für Brechung und totale Reflexion. Von F. Queißer in Tetschen a. E. Zur Darstellung der Brechung vom Lot in allmählichem Übergange zur totalen Reflexion sind zwar schon eine Reihe von Vorrichtungen angegeben worden (siehe z. B. FRICKS „Physikalische Technik“, II. Bd., S. 1118 u. d. f.), doch sind dieselben meist recht kostspielig und zu wenig vielseitig, als daß ihr Anschaffungspreis im richtigen Verhältnis zur Anwendungsmöglichkeit stände. Ich stellte mir daher für obigen Zweck um geringes Geld einen recht handlichen und leistungsfähigen Apparat her, der im folgenden beschrieben sei. Ähnlich wie bei dem Apparate von GRIMSEHL (siehe sein Lehrbuch 3. Aufl., Fig. 633) findet ein Kegel vom Achsenschnitte eines rechtwinklig gleichschenkligen Dreieckes mit abgestutzter Spitze Verwendung, den man sich entweder selbst herstellen oder bei einem Drechsler aus Holz um wenig Geld anfertigen lassen kann. Die Abmessungen gibt die nebenstehende Abbildung wieder. Ferner schneidet man sich aus dünnem Spiegelglase schmale Streifen von 2—3 mm Breite und kittet dieselben mit Siegelack oder Pizein in der Richtung der Seitenlinien auf dem Kegelstumpfmantel fest. An der größeren Grundfläche des Kegelstumpfes befestigt man noch eine Handhabe, um die Vorrichtung untergetaucht entweder festzuklemmen, oder auch bloß mit der Hand in gewünschter Stellung halten zu können. Paralleles Licht, das man in eine größere Wanne mit fluoreszierendem Wasser fallen läßt, kann nun in der verschiedensten Weise durch diese Vorrichtung zur Reflexion an den Spiegelstreifen und hernach zu Brechung und Totalreflexion veranlaßt werden. Interessant ist es z. B., die Totalreflexion an der Wasseroberfläche durch Aufschichten des jetzt freilich recht seltenen Petroleums aufzuheben. — Übrigens lassen sich auch andere Holzformen: Platten, Zylinder, Kegel usw. in ähnlicher Weise mit Spiegelstreifen besetzen, und man kann damit den Strahlengang in Wasser und Luft recht gut verfolgen.



Eine Denkfrage zum hydrostatischen Paradoxon. Von F. Queißer in Tetschen a. E. Wohl in jeder Sammlung befinden sich die drei bekannten Gefäße, mit denen man das hydrostatische Paradoxon zu zeigen pflegt: die beiden kegelförmigen und das Zylindergefäß von gleicher Grundfläche. Mit ihnen läßt sich folgender, sehr zum Denken anregender Versuch ausführen, den man vielleicht an die Lehre vom Schwimmen anschließen kann. Man fertigt sich noch drei Paraffinpapiere, mit denen die Bodenfläche der Gefäße bedeckt werden kann (wie überhaupt solches Papier sich bei ähnlichen Versuchen sehr gut zum Verschlusse eignet, da es sehr leicht ist und auch vom Wasser nicht benetzt wird). Man tauche nun die mit einem solchen Paraffinpapierboden versehenen Gefäße in eine größere, mit Wasser gefüllte Wanne und bringe sie durch Eingießen von etwas gefärbtem Wasser zum stabilen Schwimmen.

(Unterstützt wird dasselbe meist schon durch die Metallfassung, mit welcher die Gefäße zum Aufschrauben auf eine entsprechende Vorrichtung versehen sind.) Die vorausgestellte Denkfrage lautet nun dahin, anzugeben, bis zu welcher Höhe man wohl in die einzelnen Gefäße werde Wasser einfüllen müssen, um sie bis zum vollständigen



Eintauchen, bzw. schließlichen Untersinken zu veranlassen? Auch hier wird man häufig die eben dem Paradoxon entsprechende Antwort hören, daß wohl das schwerste Gefäß am wenigsten, das leichteste am meisten Wasser beanspruchen werde, um hinabgezogen zu werden. Genauere Überlegung zeigt dann bald, daß die richtigen

Verhältnisse durch nebenstehende Zeichnung wiedergegeben sind, in welcher die zu erreichende Endlage der drei schwimmenden Gefäße, und im gestrichelten Teile die aufzufüllende Wassermenge schematisch wiedergegeben sind. Der Versuch zeigt m. E. sehr anschaulich, wie im Falle des größeren Kegelfäßes die nach aufwärts wirkende Resultierende der Seitendrucke durch ein größeres Wassergewicht überwunden werden muß, während bei dem kleineren Kegelfäß die nach abwärts gerichtete Seitendruckresultierende im entgegengesetzten Sinne wirkt. Die Verhältnisse sind dann gleichsam nur umzukehren, um zur gewöhnlichen Darstellung und Erklärung des hydrostatischen Paradoxons zu gelangen.

Zur Messung der Quecksilberhöhe beim Torricellischen Versuch. Von **H. Rebenstorff** in Dresden. Beim Torricellischen Versuch ist es erfreulich, wenn die Abmessung der Quecksilbersäule einigermaßen mit der Angabe des guten Barometers übereinstimmt, sich vielleicht nur um den Betrag der im nicht zu weiten Rohre zu erwartenden Kapillardepression unterlegen zeigt. Von der Reinheit des Quecksilbers als Hauptbedingung für die Schönheit des Versuches soll nicht weiter die Rede sein; auch die am Glase haftenden Luftblasen sind bei reinem Metall ziemlich vereinzelt. Aber die Messung des Niveauunterschiedes fällt oft mangelhaft aus, besonders weil das Einstellen der Quecksilberfläche im unteren Gefäß erschwert ist. Mit Recht benutzt man hierbei wohl fast überall den Vertikalmeßstab WEINHOLDS (Demonstrationen, 3. Aufl. 39), dessen stählerne Schieberspitze bis zur Tischfläche als Skalenanfang herabgeschoben werden kann. Während sich nun die Einstellung an der Kuppe im langen Rohre leicht recht genau ausführen läßt, ist sie neben dem weiten Gefäß unten erschwert, besonders, wenn der kleine Napf, in dessen Metall man die gefüllte Röhre senkt, zum Reinhalten des Überschusses noch in einem weiteren Glasschälchen steht. Die Schieberspitze läßt sich dann nur nach rohem Augenmaß an ihrem wagerecht entfernten Orte in Niveauhöhe einstellen. Verf. benutzt seit langem einen genau 2 cm langen Stricknadelabschnitt, der mit etwas Plastilin oder zwei Streifen Klebband so von der Schieberspitze senkrecht herabhängend befestigt ist, daß sein oberes Ende die untere ebene Fläche hinter der Schieberspitze gerade berührt. (Auch durch Magnetisieren beider Teile könnte man dem Stahlstück Halt geben; die magnetische Kraft schwächte sich beim Aufbewahren aber sehr ab.) Bei dieser Maßnahme ist es leicht, das untere Ende des Stahlstückes auf das Niveau im Gefäß einzustellen. Oben stellt man natürlich die Schieberspitze ein.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

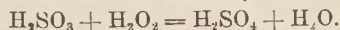
Chemische Schulversuche mit Wasserstoffsperoxyd und Graphit. In den Wiener „Vierteljahrs-Berichten“¹⁾ veröffentlicht FR. BRANDSTÄTTER eine neue Reihe wertvoller Unterrichtsversuche, aus der wir die folgenden herausheben.

1. Die erste Versuchsreihe „über die Verwendung des Wasserstoffsperoxydes als Oxydationsmittel“ ist in besonderem Maße für Schülerübungen geeignet, da das Peroxyd gegenüber den gebräuchlichen Oxydationsmitteln wie Salpetersäure, Chromsäure, Manganate, Chlorate u. a. manche Vorzüge zeigt. Die Vorgänge verlaufen schon bei Anwendung seiner verdünnten (3%) Lösung rasch und ohne störende Nebenwirkungen und sind auch stets leicht zu deuten.

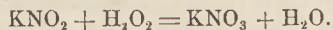
a) Zu dem üblichen Versuch der Umwandlung eines Ferrosalzes in ein Ferrisalz verwendet der Verf. eine sehr verdünnte frisch bereitete und mit Schwefelsäure angesäuerte Lösung von Eisenvitriol, von der eine Probe mit Rhodankaliumlösung keine Rotfärbung gibt. Beim Zusatz von einigen Tropfen der 3%igen Peroxydlösung zeigt sich sofort die für Ferrisalze kennzeichnende Rotfärbung. Konzentriertere gesäuerte Vitriollösungen zeigen beim Zusatz bzw. beim Erwärmen mit dem Peroxyd schon durch ihr Gelb- bis Braunwerden die Umwandlung in das Ferrisalz an, mit dem sich dann die weiteren Reaktionen ausführen lassen. Schema der Umwandlung: $2\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O}$. — Ebenso vollzieht sich an einer frisch bereiteten, mit Salzsäure angesäuerten Lösung von Stannochlorid beim Erwärmen mit H_2O_2 die Umwandlung in Stannichlorid; mit Schwefelwasserstoff erhält man nicht mehr den dunkelbraunen, sondern den die Stannisalze kennzeichnenden eigelben Niederschlag. Schema: $\text{SnCl}_2 + 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{SnCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. — Eine verdünnte, mit Salpetersäure versetzte Lösung von Merkurinitrat wird in zwei Hälften geteilt; zur einen tropft man Kaliumjodidlösung, worauf der für Merkursalze kennzeichnende gelbgrüne Niederschlag von Merkurjodid entsteht. Die andere wird mit H_2O_2 erwärmt, worauf der für Merkursalze kennzeichnende hochrote Niederschlag von Merkurijodid (Jodzinnober) entsteht: $2\text{HgNO}_3 + 2\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

b) Ebenso werden Sulfite in Sulfate, Nitrite in Nitrate, Arsenite in Arsenate übergeführt. Mit HCl versetzte Natriumsulfitlösung gibt mit

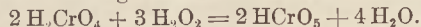
Bariumnitrat keinen Niederschlag, beim Zusatz von H_2O_2 entsteht sofort ein Niederschlag von Bariumsulfat. Schema der Oxydation:



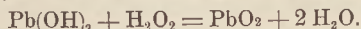
Gelöstes Kaliumnitrit gibt beim Zutropfen von H_2SO_4 sofort rotbraunes, aus NO und NO_2 bestehendes Gas, jedoch nicht, wenn man es mit H_2O_2 erwärmt.



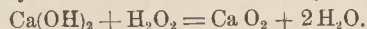
Ebenso gibt Natriumarsenit, mit H_2O_2 versetzt, mit Silbernitrat den schokoladebraunen Niederschlag von Silberarsenat. — Eine sehr verdünnte, mit einigen Tropfen H_2SO_4 versetzte Lösung von Kaliumchromat zeigt schon mit einem Tropfen der H_2O_2 -Lösung die prächtige Blaufärbung der Überchromsäure, die für H_2O_2 kennzeichnende empfindliche Reaktion. Ein Zusatz von Äthyläther, der die leicht zersetzliche Säure aus der Lösung aufnimmt, macht diese etwas beständiger.



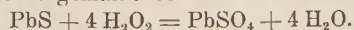
c) Der durch Füllen von Manganosalzen mit Natronlauge entstehende weiße Niederschlag, der bekanntlich schon beim Schütteln im Probierglase durch den Luftsaurestoff oxydiert wird, gibt beim Zusatz von H_2O_2 sofort das braune Manganihydroxyd. $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Mn}(\text{OH})_3$. — Eine mit Natronlauge versetzte Bleisalz-lösung gibt den weißen Niederschlag von $\text{Pb}(\text{OH})_2$, der bei weiterem Zusatz sich wieder löst. Beim Zusatz von H_2O_2 wird nunmehr das sauerstoffreichste Oxyd, das braune Bleisuperoxyd, gefällt:



Aus den Lösungen von Ca-, Ba- und Sr-Hydroxyd wurden durch H_2O_2 die entsprechenden Superoxyde als weiße Niederschläge erhalten.



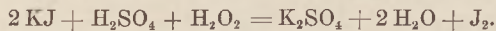
d) Ebenso gelingt die Oxydation von Sulfiden in Sulfate; so wird das aus Bleisalzlösungen mit H_2S gefällte schwarze Bleisulfid durch Erwärmen mit H_2O_2 in weißes Bleisulfat umgewandelt, worauf bekanntlich das Aufhellen alter, durch die Einwirkung schwefelwasserstoffhaltiger Atmosphären auf die Bleifarben dunkel gewordener Ölgemälde beruht.



e) Um die Abscheidung der Halogene aus ihren Wasserstoff- bzw. Metallverbindungen zu zeigen, wird Chlor aus Salzsäure, die mit H_2SO_4 versetzt ist, entwickelt; ferner wird aus einer mit H_2SO_4 angesäuerten Lösung von Natriumbromid durch H_2O_2 Brom abgeschieden, beim Erwärmen entwickeln sich reichlich Bromdämpfe;

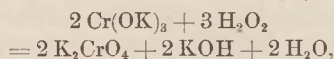
¹⁾ Jahrg. XXII S. 68/75, Wien, F. Deuticke, 1917.

ebenso wird eine Jodkaliumlösung durch H_2O_2 sofort braun und gibt, mit einigen Tropfen H_2SO_4 erwärmt, violetten Joddampf.



Hier wirkt also H_2O_2 wie sonst Mangan-superoxyd.

f) Um schließlich die Bildung von Chromaten auf nassem Wege zu zeigen, wird die Lösung eines Chromsalzes, z. B. $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ mit einem Alkalihydroxyd versetzt und der graugrüne Niederschlag von Chromhydroxyd im Überschuß des Fällungsmittels gelöst. Wird die entstandene smaragdgrüne Lösung von $\text{Cr}(\text{OK})_3$ mit H_2O_2 erwärmt, so färbt sie sich alsbald durch Bildung von Kaliumchromat zitronengelb:



2. Forschungen und Ergebnisse.

Der innere Aufbau der Sterne. In den „Naturwissenschaften“ 1919, Heft 5/6 berichtet A. Kohlschütter (Potsdam) über eine neue, von A. S. EDDINGTON¹⁾ aufgestellte Theorie betreffend die Konstitution der Himmelskörper. Wir geben daraus den folgenden Auszug.

Unter Voraussetzung einer kugelförmigen Gasmasse, deren Zustandsgrößen bloß Funktionen des Radius sind, erfordert jede Theorie zur Bestimmung der drei Zustandsgrößen, nämlich Druck, Temperatur und Dichte, drei unabhängige Gesetze. Das erste von diesen wird das Gesetz des mechanischen Gleichgewichts sein müssen, wonach der innere Gasdruck dem von außen wirkenden Gravitationsdruck das Gleichgewicht hält. Als zweites Gesetz tritt die Zustandsgleichung der Gase, und zwar im einfachsten Fall die der idealen Gase hinzu, deren Anwendbarkeit freilich nur so lange zutrifft, als die Dichte der Gase klein bleibt; diese Bedingung kann indes selbst bei hohen Drucken erfüllt sein, wenn die Temperatur hinreichend hoch ist. Als drittes Gesetz hat EDDINGTON das von Schwarzschild im Jahre 1906 aufgestellte Gesetz des Strahlungsgleichgewichts benutzt. Bei diesem wird vorausgesetzt, daß aus dem Innern eines Sterns aus unbekanntem Gründen (Radioaktivität?) ein mächtiger Energiestrom entspringt, der von den einzelnen durchsetzten Schichten teils absorbiert, teils ausgestrahlt wird. Zu der Annahme eines solchen Energiestroms sind wir durch die Tatsache gezwungen, daß von den Sternen ununterbrochen gewaltige Energiemengen in Form von Strahlung

mit welcher Lösung sich dann alle Chromatreaktionen ausführen lassen.

2. Um Graphit zu verbrennen, wird ein höchstens linsengroßes Stückchen reinen Graphites (womöglich Ceylgraphit) auf dem Siebrast eines Mekerbrenners gelegt und zu lebhaftem Glühen erhitzt. Mit der Pinzette bringt man es in ein senkrecht eingespanntes Probierglas, in welchem zwei bis drei Gramm Kaliumchlorat zum Schmelzen und bis zur beginnenden Sauerstoffabscheidung erhitzt wurden. Der Graphit verbrennt mit lebhafter Feuererscheinung, das entstehende Kohlenäuregas wird mittelst eines bereitgehaltenen Stopfens nebst U-Rohr in Kalkwasser geleitet. Auch mit Kaliumnitrat gelingt der Versuch, doch muß dieses andauernd erhitzt werden; auch ist die Feuererscheinung viel weniger lebhaft. O.

in den Weltraum abgegeben werden. Soll der Strom stationär sein, so muß ein Gesetz des Strahlungsgleichgewichts zugrunde gelegt werden, das bei EDDINGTON folgende Fassung hat: Der Energiestrom im Innern eines Sterns ist proportional dem Gradienten der Energiedichte und umgekehrt proportional der Undurchlässigkeit des Mediums.

Diese drei Gesetze erwiesen sich aber als noch unzureichend zur Gewinnung von Ergebnissen, die mit der Erfahrung im Einklang sind. Es mußte noch, wie EDDINGTON erkannte, der Strahlungsdruck berücksichtigt werden, der bekanntlich von Lebedew und anderen experimentell nachgewiesen worden ist. Der Strahlungsdruck des von innen nach außen fließenden Energiestroms muß zu dem inneren Gasdruck auf ein Massenelement hinzutreten, damit dem von außen nach innen wirkenden Gravitationsdruck das Gleichgewicht gehalten wird. Über die den Strahlungsdruck hervorrufoende Energie wird die Annahme gemacht, daß die in der Masseneinheit entstehende Energiemenge innerhalb des Sterns entweder überhaupt konstant ist, oder daß für sie wenigstens ein konstanter Durchschnittswert eingeführt werden kann. Mit dieser Vereinfachung lassen sich die in Betracht kommenden Differentialgleichungen lösen und führen zu dem fundamentalen Ergebnis, daß der Quotient p/T^4 konstant ist, d. h. daß im Innern des Sterns überall der Druck p der vierten Potenz der Temperatur T proportional ist. Zur Ermittlung der Proportionalitätskonstante dient zunächst die Zustandsgleichung der idealen Gase, $p = R/m \cdot \rho T$, worin R die Gaskonstante, ρ die Dichte, m das Molekulargewicht des Gases bedeutet. Unter Benützung der Untersuchungen von R. Emden über Gaskugeln ergibt sich dann eine einfache

¹⁾ A. S. Eddington, On the Radiative Equilibrium of the Stars. Monthly Notices of the Royal Astr. Soc. vol. 77, Nov. 1916 und Juni 1917; A. S. Eddington, The interior of a Star, Scientia vol. 23, Jan. 1918.

Beziehung zwischen der Masse M des Sterns, dem Molekulargewicht m des Gases und einer mit der Proportionalitätskonstante zusammenhängenden Konstante β gemäß der Gleichung:

$$2,91 \cdot 10^{-69} M^2 m^4 \beta^4 = 1 - \beta.$$

Man kann nun die gefundenen Beziehungen auf einen gedachten Stern geringer Dichte anwenden. EDDINGTON wählt einen solchen, dessen Masse gleich $1\frac{1}{2}$ Sonnenmasse ist, dessen mittlere Dichte 0,002 (also etwas mehr als Luftdichte) und dessen „effektive Temperatur“ 6500° beträgt. (Unter effektiver Temperatur ist diejenige zu verstehen, die eine schwarz strahlende Kugel von der Größe des Sterns haben müßte, um dieselbe Energiemenge wie der Stern auszustrahlen.) Als Molekulargewicht für die Materie des Sterns wird, wegen der anzunehmenden starken Dissoziation, der geringe Wert 2 angenommen. Für den gewählten Stern ergibt sich dann im Mittelpunkt die Dichte gleich $\frac{1}{9}$ der Dichte des Wassers, der Druck zu $2 \cdot 10^7$ Atmosphäre, die Temperatur zu $5 \cdot 10^6$ Grad. Halbwegs zwischen Mittelpunkt und Kugeloberfläche ist die Temperatur auf etwa $\frac{1}{4}$ des Mittelpunktswertes gesunken. Der Gradient der Temperatur übersteigt nirgends die Größe von $1\frac{1}{2}^\circ$ pro Kilometer.

Ein merkwürdiges Resultat läßt sich aus der angegebenen Gleichung noch ableiten. Die Größe $1 - \beta$ stellt das Verhältnis des Strahlungsdruckes zur Gravitation dar. Dies Verhältnis bleibt für geringe Massen verschwindend klein und für Massen bis 10^{33} g kleiner als $\frac{1}{20}$, steigt aber für Massen von 10^{33} bis 10^{34} g plötzlich von 0,1 bis 0,8, und für noch größere Massen langsam weiter bis zum Grenzwert 1. Nun sind alle Massen selbstleuchtender Sterne, die astronomisch haben bestimmt oder geschätzt werden können, von eben dieser Größenordnung 10^{33} bis 10^{34} g; die Masse der Sonne z. B. ist $1,9 \cdot 10^{33}$ g, die kleinste bisher bekannte Masse eines Fixsterns ist $\frac{1}{7}$ der Sonnenmasse, während Sterne von mehr als 30facher Sonnenmasse kaum vorzukommen scheinen. Diese Tatsache findet durch das Gesetz des Strahlungsgleichgewichts eine sehr einleuchtende Erklärung. Bei wachsendem Strahlungsdruck kann ein Punkt erreicht werden, wo dieser zusammen mit dem inneren Druck dem Gravitationsdruck gleichkommt, so daß ein Zustand der Instabilität eintritt und schon eine kleine Zusatzkraft ausreichen würde, den Stern auseinander zu sprengen. So erklärt sich, daß Sterne mit sehr großen Massen zwar gelegentlich vorkommen, aber sehr selten sein werden, weil schon eine geringe Rotation oder sonstige kleine Einwirkung sie instabil machen würde.

Zur Prüfung der Theorie auf ihre Richtigkeit können ferner folgende Betrachtungen dienen. Für Massen von der ungefähren Größe der Sonnen-

masse und unter Voraussetzung des Molekulargewichts 2, sowie eines konstanten Absorptionskoeffizienten erhält man die Gleichung

$$M^{4/3} \cdot \rho^{2/3} T^{-4} = \text{Konst.}$$

d. h. die effektive Temperatur des Sterns ist proportional der 3. Wurzel aus seiner Masse und der 6. Wurzel aus der Dichte. Die erste Beziehung ist astronomisch nicht greifbar, da die Massen zu wenig verschieden sind, aber die zweite läßt sich mit der Erfahrung vergleichen. Aus der Energieverteilung im Spektrum kann man auf die effektive Temperatur schließen, zumal die Sterne selbst sich auch quantitativ wie schwarze Strahler verhalten. Nun lassen sich die Sterne nach ihrem spektralen Verhalten in sechs Typen einordnen, die man mit den Buchstaben B, A, F, G, K, M bezeichnet. Die heißesten Sterne, vom Typ B (Heliumsterne), haben die effektive Temperatur von etwa 15000° , die nächsten vom Typ A (Wasserstoffsterne) haben 11000° . Beide Klassen von Sternen heißen auch weiße Sterne. Die nächsten beiden Klassen sind gelbe Sterne, die effektive Temperatur sinkt bei Klasse G auf 6000° ; die letzte Klasse M (rote Sterne) hat nur etwa 3000° . Was nun andererseits die Bestimmung der Dichte betrifft, so hat man durch statistische Methoden gefunden, daß sich die gelben und besonders die roten in zwei Gruppen, in „Riesensterne“ und „Zwergsterne“ trennen lassen; die ersteren haben geringe Dichte, daher große Oberfläche und große Leuchtkraft, die zweiten dagegen große Dichte, geringe Oberfläche und geringe Leuchtkraft. Die Dichte der Riesensterne vom Typ M ist von Russell auf $\frac{1}{250000}$ geschätzt worden, während die Sterne vom Typ A eine durchschnittliche Dichte von $\frac{1}{10}$ haben. Das Verhältnis der Dichten beider ist also 2500, die 6. Wurzel aus 2500 ist aber 3,7. Dies stimmt gut damit zusammen, daß die effektive Temperatur der M -Sterne 3000° , die der A -Sterne 11000° beträgt. Auch die zwischenliegenden Spektraltypen ordnen sich dem Gesetz gut ein.

Es folgt ferner aus der Theorie, daß die absolute Helligkeit eines Sternes nur von seiner Masse, nicht von seiner Dichte und effektiven Temperatur abhängt. Die absolute Helligkeit eines Sterns muß demnach während seines Entwicklungsganges konstant bleiben. Dies ist verständlich, da sich durch die Kontraktion die Oberfläche des Sterns vermindert, andererseits aber seine Oberflächentemperatur wächst; beide Änderungen wirken in entgegengesetztem Sinne auf die Gesamthelligkeit des Sterns und heben einander auf. Erst bei den Sternen von großer Dichte, den Zwergsterne, wo das Gasgesetz für ideale Gase nicht mehr gilt, findet eine Abweichung insofern statt, als mit wachsender Verdichtung die Helligkeit sehr schnell sinkt.

Man kann indessen die Theorie auch auf die dichten Sterne erweitern, wenschon nicht mit derselben Sicherheit, wie im vorhergehenden Fall. Man kann die von der Waalsche Zustandsgleichung benutzen, muß dann aber die zweite der hierin vorkommenden Konstanten (die „maximale Dichte“) als unbekannt einführen und sie astronomisch bestimmen. EDDINGTON berechnet ihren Wert aus den bekanntesten Daten der Sonne zu 3,9. Die Differentialgleichungen lassen sich in diesem Falle nur durch mechanische Quadratur lösen. Es ergibt sich dann, daß die effektive Temperatur mit wachsender Dichte nicht unbegrenzt steigt, sondern nur bis zu einem Maximalwert, der bei einer Dichte von 0,1 bis 0,5 erreicht wird. Der Betrag der entsprechenden Höchst-

temperatur hängt von der Masse des Sterns ab; damit ein Stern die Temperatur von 15 000° erreicht, muß seine Masse mindestens das Vierfache der Sonnenmasse sein. Bei noch größerer Dichte fällt die effektive Temperatur schnell und steil ab. Dieser Zusammenhang entspricht den Anschauungen, die auf Grund astronomischer Tatsachen schon früher allgemein anerkannt waren. Diese Anschauungen haben aber nun eine befriedigende theoretische Begründung gefunden. Auch die wenigen, etwa 12 Sterne, bei denen effektive Temperatur, mittlere Dichte und Masse bekannt sind, ordnen sich der von der Theorie geforderten Beziehung zwischen diesen drei Größen gut ein. P.

4. Unterricht und Methode.

Schülerübungen als Grundlage des Physikunterrichts in den Mittelklassen. Von F. BREMER. In der *Monatsschrift für höhere Schulen* 17, 358 (1918) macht der Verfasser eingehende Mitteilungen über die von ihm eingerichteten Schülerübungen an der Friedrichwerderschen Oberrealschule zu Berlin und die dabei leitenden Grundsätze. Er gibt für die Mittelstufe (O III und U II) den verbindlichen Übungen in gleicher Front den Vorzug, weil es sich darum handle, die physikalischen Grundbegriffe in den jugendlichen Köpfen entstehen zu lassen, wofür die eigene Betätigung bei weitem am geeignetsten sei. Er sagt: „Der Demonstrationsunterricht kann immer nur das Skelett eines physikalischen Wissens liefern. Leben wird ihm erst eingehaucht durch die vielen kleinen Bemerkungen, die der Schüler nebenher macht. Er lernt mit Handwerkszeug umgehen, . . . er bekommt Drähte aus Eisen, Kupfer, Nickel, blanke und besponnene, Stahlblech, Eisenblech, Kupfer- und Zinkblech in die Hand. Er lernt alle möglichen Gläser und ihre Eigenschaften kennen, Glasröhren biegen, ausziehen, schneiden usw. Welche Fülle physikalischer Bemerkungen lassen sich an alle diese Dinge knüpfen! Von wieviel Einzelheiten ist ferner das Gelingen und Mißlingen eines jeden Versuchs abhängig!“ Der Verfasser ist auch überzeugt, daß Grundbegriffe (z. B. Ampere und Volt, spezifische Wärme, Kalorie, Arbeit) nur durch zahlreiche eigene Versuche und Übungen so befestigt werden können, daß sie den Schülern in Fleisch und Blut übergehen; der Demonstrationsunterricht könne dies Ziel bei der Mehrzahl der Schüler nicht erreichen.

Der Verfasser legt auch den qualitativen Übungen mehr Wert bei, als es gewöhnlich geschieht, er läßt solche auch in der Lehre vom Luftdruck, von der Reibungselektrizität und im Magnetismus anstellen und schreibt ihnen eine

besonders anregende Wirkung auf die Schüler der Mittelstufe zu. Bei quantitativen Übungen legt er im allgemeinen kein Gewicht auf allzu große Genauigkeit, betont aber andererseits, daß es beispielsweise bei der Bestimmung der spezifischen Wärme nach der Mischungsmethode zwar nicht auf große Genauigkeit der Wägung, wohl aber auf möglichst große Genauigkeit der Temperaturmessung ankomme. In diese und ähnliche Dinge selbst Einblick gewinnen, alle Beobachtungen verfolgen, das erst sei wahre Physik.

Als einen großen Vorteil dieser Art von Übungen betrachtet es der Verfasser, daß die Schüler veranlaßt werden, darüber in freiem Vortrag zu sprechen, und die Scheu vor zusammenhängender Rede verlieren. Bei den Wiederholungen dieser Art entsteht auch für die Schüler die weitere Aufgabe, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen und nur das erstere zu berichten, das Unwesentliche aber wegzulassen.

In der Regel ist eine wöchentliche Stunde für die Übungen, eine für die Wiederholung und die Weiterführung des Pensums angesetzt worden. Bei größerer Schülerzahl wurde die Klasse in zwei Abteilungen geteilt, die zu verschiedenen Zeiten übten. Die erforderlichen Apparate waren von einfachster Art und erforderten (nach Friedenspreis) bei sechsfacher Anschaffung rund etwa 800 M.

Der Verfasser hat seinem Aufsatz auch eine interessante Lehrprobe über Elektrizitätsgrad und Potential eingefügt, die wir leider wegen des derzeitigen Raummangels nicht wiedergeben können. Man vergleiche dazu Bremers Leitfaden der Physik, I. Teil (Leipzig, B. G. Teubner) S. 72. Wir teilen aber noch die folgenden Lehrsätze mit, die von ihm gelegentlich eines in Berlin gehaltenen Vortrags aufgestellt worden sind.

1. Die physikalischen Grundbegriffe werden am besten durch unmittelbare Anschauung, d. h.

durch Schülerübungen eingeführt und befestigt. — 2. Das ganze Pensum der Unterstufe läßt sich auf der Grundlage von Schülerübungen aufbauen. — 3. Jede zusammenhängende Übungsgruppe muß in einer Kurzstunde erledigt werden können. Abfragen und längere theoretische Erörterungen sind in der Übungsstunde zu vermeiden. — 4. In der zweiten wöchentlichen Physikstunde haben die Schüler über ihre Ergebnisse in zusammenhängendem Vortrag Bericht zu erstatten. Hieran knüpfen sich weitere theoretische Besprechungen, Wiederholungen und ergänzende Demonstrationsversuche. — 5. Es ist zweckmäßig, den Schülern ein diesem Unterricht genau angepaßtes Lehrbuch in die Hand zu geben. — 6. Das Hauptziel des Unterrichts auf der Oberstufe der Oberrealschulen ist die Erkenntnis der großen Zusammenhänge in der Natur. Hierzu gehören: das absolute Maßsystem, das Gesetz von der Erhaltung der Energie, die mechanische Wärmetheorie, die Lehre von den Licht- und elektrischen Wellen usw. — 7. Dieses Pensum läßt sich auf Übungen „in gleicher Front“ nicht aufbauen. — 8. Gegen verbindliche frontale Schülerübungen spricht auch der Umstand, daß die Interessen der Schüler in den oberen Klassen bereits zu stark differenziert sind. —

9. Die Übungen auf der Oberstufe sind wahlfrei und werden mit möglichster Freiheit gehandhabt. — 10. Es empfiehlt sich, den Schülern gedruckte Übungsanweisungen in die Hand zu geben. —

Wir erblicken in den Vorschlägen des Verfassers einen wertvollen Beitrag zur weiteren Lösung des Problems der Schülerübungen, wie überhaupt zur Didaktik des physikalischen Unterrichts, und sehen einen wesentlichen Vorzug darin, daß sein Verfahren in hohem Grade das Interesse der Schüler zu reizen und sie zur Selbsttätigkeit und zum Nachdenken anzuregen vermag. Nur durch Beachtung der vielen kleinen Probleme, die sich beim Selbstarbeiten beständig aufdrängen, werden die Schüler dazu geführt werden, auch den größeren Problemen der Physik und den Versuchen zu ihrer Lösung das rechte Verständnis entgegenzubringen.

Es stellt sich aber auch bei dieser Art des Betriebes heraus, daß Übungen in gleicher Front nicht ohne genaue Vorschrift und ohne ein das Tempo regelndes Kommando des Leiters ausführbar sind; auch darf die Zeit nicht zu knapp bemessen sein, wenn eine volle Auswertung der Versuche in dem vom Verfasser beabsichtigten Sinne stattfinden soll. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Die Grenzen der Kraftübertragung durch Wechselströme. Von M. DOLIVO-DORROWOLSKY. Der hervorragende Elektrotechniker behandelte in einem Vortrage vor der Elektrotechnischen Gesellschaft (abgedruckt in *E. T. Z. 1919 Heft 1*) die Frage, ob das System des hochgespannten Drehstroms für alle künftigen Kraftübertragungen auch auf sehr große Entfernungen noch zur Verwendung geeignet bleiben wird. Man hat in Betracht zu ziehen, daß das Bedürfnis der Kraftübertragung nicht bei den heutigen Abmessungen stehen bleiben, sondern sich auf Entfernungen bis 500 oder gar 1500 km ausdehnen wird; der Kraftverbrauch in Industrie und Landwirtschaft wird dazu zwingen, weit entfernte, namentlich in Form von Wasserkraft vorhandene Energiequellen für diesen Zweck nutzbar zu machen. Man wird bei großen Entfernungen, z. B. 1000 km daran denken, die Spannung zu erhöhen, die schon jetzt manchenorts bis 100 000 Volt reicht. Indessen wächst bei vermehrter Leitungslänge auch der „Ladestrom“, d. h. die bei jedem Stromwechsel in der Leitung aufgespeicherte Ladungsenergie; der Ladestrom führt einen beträchtlichen Energieverlust herbei, derart, daß die Verminderung des Wirkungsgrades auch durch Erhöhung der Spannung nicht mehr ausgeglichen werden kann. Denn für jede gegebene Hochspannungsleitung gibt es eine theoretische Spannungsgrenze, bei der die kalorischen Leitungsverluste ihr Minimum haben;

bei zu niedriger Spannung ist der Wattstrom zu groß, bei zu hoher der Ladestrom. Das bekannte Grundgesetz der elektrischen Kraftübertragung, daß die Verluste in einer gegebenen Leitung in umgekehrtem Verhältnis zum Quadrat der Spannung heruntergehen, ist bei Wechselströmen nicht mehr ohne weiteres gültig, bei sehr langen Leitungen und sehr hoher Spannung ist es geradezu falsch. Je höher die Kapazität der Leitung, desto niedriger ist die Spannungsgrenze¹⁾. Man könnte zwar daran denken, den Ladungsstrom durch quer zur Leitung geschaltete Drosselspulen (wie die Pupinschen Spulen bei Telephonfernleitungen) zu kompensieren, doch sind solche Drosseln sehr groß und bringen besonders bei sehr hohen Spannungen eine Reihe neuer Störquellen mit sich. Auch die eigene Induktivität der Leitung kann hier nicht helfen, sondern erzeugt nur lästige Kombinationsspannungen. Die kombinierte Wirkung von Kapazität und Induktivität der Leitung kann eine Gegenspannung erzeugen, die höher ist als die Spannung am Elektrizitätswerk und überdies wegen ihrer Abhängigkeit von der Belastung zu sehr großen Spannungsschwankungen von verheerender Wirkung führt. Nach der Ansicht des Vortragenden stellen daher Entfernungen von einigen hundert Kilometern bei Span-

¹⁾ Weitere Ausführungen hierüber findet man a. a. O., S. 2.

nungen bis etwa 200000 Volt die ungefähre Grenze dar, bis zu der man, äußerstenfalls mit Wechselströmen der üblichen Frequenz, bei Freileitungen gehen kann.

Andererseits haben sich bei anderen Fernübertragungen, beim Telegraphen- und Telephonverkehr, die Kabel vorteilhafter als die Freileitungen erwiesen. Auch die Kraftübertragung wird mehr und mehr zur Verwendung von Kabeln übergehen müssen. Bei dieser liegt aber die Grenze für die Benutzung von Wechselströmen noch bedeutend niedriger als bei Luftleitungen. Dagegen hat bei Kabelleitungen der Gleichstrom außerordentliche Vorzüge vor dem Wechselstrom, und zwar um so mehr, je höher die Spannung ist. Es kommt hier in Betracht die viel günstigere dauernde Ladung des Dielektrikums und die Abwesenheit

der durch Stromwechsel erzielten Glühlichterscheinungen, die die Haltbarkeit der Isolation beeinträchtigen, weswegen die Isolierschicht bei Gleichstrom bedeutend dünner gehalten werden kann, was wieder eine größere Biegsamkeit und leichtere Verlegung des Kabels gestattet. Drosselspulen und Kondensatoren verursachen nicht die Störungen, die leicht bei Wechselströmen auftreten.

Aus solchen Gründen sagt der Verfasser für die Zukunft hochgespannte Gleichstrom- und Kabelleitungen als Grundlage für die Fernübertragung elektrischer Energie voraus und stellt damit die Elektrotechnik vor eine neue bedeutsame Aufgabe, deren Lösung er nicht nur für lohnend, sondern auch für notwendig und unvermeidlich hält.

P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Vorlesungen über technische Mechanik von A. FÖPPL. Zweiter Band. Graphische Statik. Vierte Auflage. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1918. 406 Seiten. Geb. Mk. 16,— + Teuerungszuschlag.

Es erübrigt sich, an dieser Stelle auf die wissenschaftlichen Eigenschaften und Vorzüge des Föppl'schen Werkes hinzuweisen. Es ist allgemein bekannt und liegt nunmehr in der vierten Auflage vor. Wenn der Schulmann das Wort „technisch“ in dem Titel eines Werkes liest, wird er leicht geneigt sein, es als zu speziell beiseite zu legen. Wir möchten darauf hinweisen, daß die Physiker und Mathematiker unserer höheren Schulen aus diesem Buche reiche Anregung schöpfen können. Besonders das Parallelogramm der Kräfte in seinen Anwendungen beim Brückenbau, bei der Konstruktion der Fachwerke, ferner die Elastizität, Gleichgewichtsbedingungen und andere Gebiete liefern Aufgaben in Menge, die dem Schüler interessant sind und ihn lehren, die ihm auf Schritt und Tritt begegnenden Baukonstruktionen mit wissenden Augen zu betrachten.

Albert Rohrberg, Berlin-Treptow.

Sumpf-Hartensteins Grundriß der Physik.

Ausgabe A. 14. Auflage. Bearbeitet von H. Hartenstein. Mit 675 Abbildungen und 1 Spektraltafel. August Lax, Hildesheim und Leipzig, 1918. 407 S. M. 4,50.

Diese Auflage ist ebenso wie die von Ausgabe B (vgl. das vorige Heft S. 66) durch eine große Reihe von Neuzeichnungen und eine recht ansehnliche Zahl von neuen Abbildungen von der vorhergehenden verschieden. Eine Erweiterung hat namentlich die Wellentheorie des Lichtes und ihre Anwendung auf Doppelbrechung erfahren,

obwohl es dem Unterricht wohl zumeist an Zeit fehlen wird, hierauf näher einzugehen.

P.

Lehrgang der Chemie und Mineralogie. Ein Lehr- und Arbeitsbuch für höhere Schulen. Von Prof. Dr. FRANZ KÜSPERT. Unterstufe I mit 152 Abbildungen. Nürnberg, Carl Koch, 1918. IV u. 120 S.

Seiner „Vorstufe“ für den in der 4. Klasse der bayerischen Realschulen beginnenden Unterricht in Chemie und Mineralogie — vgl. d. Zschr., 30 (1917), S. 301 — hat der Verf. diesen für die 5., der preußischen Obertertia entsprechende Klasse bestimmten Teil folgen lassen. Der Inhalt steht mit den 1914 für Bayern erlassenen Vorschriften im Einklang und beginnt mit einer „allgemeinen Lehre vom Stoff“, in der Kristallographie, Trennung von Stoffgemischen und Abbau wie Aufbau von Verbindungen behandelt werden. Dieser Abschnitt führt zum Verständnis des Begriffs „Element“ sowie der chemischen Grundgesetze (Gewichtsverhältnisse, Raumverhältnisse bei Gasen und Gesetz der Arbeit bei chemischen Vorgängen). Den zweiten Abschnitt bildet die „Beschreibung wichtiger Elemente“ (Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel, Halogene). Eingeschaltet ist die Atomlehre und ein Kapitel über Säuren, Basen, Salze, Elektrolyte, Ionen. Den Schluß bildet eine Inhaltsübersicht und eine Angabe der benützten Literatur sowie der Quellen für Abbildungen und Versuchsanordnungen. Das Buch trägt den Charakter neuerer Lehrbücher von der Art der Ostwaldschen, d. h. die Entwicklung der allgemeinen Begriffe und der Gesetze ist Hauptzweck und die naturhistorische Behandlung der Stoffe tritt zurück. Man kann verschiedener Meinung darüber sein, ob dies der richtige Standpunkt für eine Vorstufe ist. Er

hat jedenfalls zur Folge, daß an das Verständnis der Schüler — beispielsweise bei der Umrechnung eines Gasvolumens auf den Normalzustand oder bei der Besprechung der Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Konzentration und Temperatur — recht hohe Anforderungen gestellt werden müssen. Auf die Bedeutung der Elektrolyse weisen zahlreiche Versuche hin. Die chemische Zeichensprache wird nach sorgfältiger Vorbereitung erst gegen Ende des Lehrgangs ein-

geführt. Für die Atomgewichte dient der Wasserstoff als Einheitselement, was ja für den Anfangsunterricht seine Vorteile hat. Zu loben sind die zahlreichen guten Abbildungen, auch die das geschichtliche Interesse anregenden über metallurgische Arbeiten in älterer Zeit, ferner die sorgfältige Berücksichtigung neuerer Ergebnisse und vor allem der umfangreiche Übungsstoff, der an passenden Stellen in Form von „Fragen und Anleitungen zu Schülerübungen“ hinzugefügt ist. *J. Schiff.*

Vereine und Versammlungen.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

Sitzung am 19. Januar 1917. Herr HEYNE sprach über die für die Schule am meisten geeigneten Luftpumpen und hob die Vorzüge der Gaedesch'schen Kolbenluftpumpe besonders hervor. — Derselbe sprach über die städtischen Veranstaltungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, deren Weiterbestehen, wenn auch in geringerem Umfang, vorgesehen sei.

Sitzung am 12. Juni 1917. Die Physikräume und Sammlungen des Schmargendorfer Realgymnasiums wurden besichtigt. Herr KISSE zeigte: 1. Glasschienen auf einer schiefen Ebene für Fallversuche mit Stahlkugeln, 2. eine Anordnung zur Demonstration des Projektionssatzes, 3. einen Apparat zur Messung des Boden- und Seitendruckes der Flüssigkeiten, 4. Versuche über Belastung und Geschwindigkeit von Fallschirmen.

Sitzung am 14. September 1917. Herr FRANZ sprach über die sogenannte Elektrolyse des Wassers, die gewöhnlich nach Daniell als ein indirekter Vorgang dargestellt würde, bei der aber die Zersetzung der zugefügten Schwefelsäure die primäre sei. Der Vortragende hielt diese Erklärung nicht für haltbar und entwickelte 1. energetische, 2. rein chemische Gründe gegen jene Auffassung, so daß der Schwefelsäure nur katalytische Funktionen zukämen und somit doch eine direkte Wasserzersetzung eintrete.

Sitzung am 21. Juni 1918. Herr HEYNE widmete einen Nachruf dem verstorbenen langjährigen Vereinsmitgliede Geh.-Rat Reichel, der

durch die von ihm konstruierten mechanischen Apparate und viele fruchtbare Gedanken namentlich in früheren Jahren im Verein wertvolle Anregungen gegeben habe. — Der Verein beschloß Herrn F. C. G. Müller aus Anlaß seines 70. Geburtstages zum Ehrenmitgliede zu ernennen. — Herr HEYNE sprach über die Zweckmäßigkeit einer „Kartei“ für physikalische Sammlungen. Zu jedem Apparat sollte ein Zettel gehören, auf dem nicht nur Angaben über die Anschaffung, sondern auch die Konstanten des Apparates, seine Eigentümlichkeiten usw. zu verzeichnen seien. — Herr KISSE sprach über den neuen Stern und sein Spektrum.

Sitzung am 20. September 1918. Herr HEYNE sprach über die für physikalische Sammlungen angeordnete Metallbeschlagnahme, die nicht zu weit gehen dürfe. Herr HAHN forderte auf, historisch bedeutungsvolle Apparate der Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu übergeben. — Derselbe berichtete über das von der Kommission des Vereins hergestellte Musterverzeichnis physikalischer Einrichtungen und Apparate, das in dem ersten Heft der „Mitteilungen“ der Hauptstelle abgedruckt ist. — Derselbe machte auf die für den Winter von der Hauptstelle vorbereiteten Lehrgänge aufmerksam.

Sitzung am 14. Dezember 1918. Herr KISSE zeigte einige Schulversuche: 1. Eine Vorrichtung für stereoskopisches Sehen, bei der die beiden Bilder durch Spiegel entworfen werden, 2. eine Vorrichtung zur Demonstration der Wirkung eines Segels, 3. einen Versuch über die Absorption der Wärmestrahlen durch wasserdampfthaltige Luft. *Schk.*

Korrespondenz.

Die in diesem Heft beschriebenen Apparate von Dr. G. LOOSER für Versuche mit schwimmenden Magneten werden von der Firma Leybold Söhne in Köln geliefert, die Kapseln von der Firma Reininghaus in Essen (Ruhr) Herkulesstraße.

Der in Heft 2 d. Jahrgangs S. 57 von J. ZAHRADNÍČEK Herrn W. Volkmann zugeschriebene Interferenzversuch rührt nicht von diesem her, sondern wurde von mir in *ds. Zeitschr.* 16,

30 beschrieben, auch in meinem *Experimentierbuch II*, 80 mit lehrreichen Abänderungen mitgeteilt. Auch bei der von ZAHRADNÍČEK beschriebenen Aufstellung (... „und die Zinken senkrecht zu der Achse des anderen Rohres zu stehen kommen“), sind zwei Wirkungen möglich: Aufhebung des Tons in der Stellung der Gabel wie in der Figur, sowie Verstärkung des Tons, wenn die Gabelzinken in die Horizontale nebeneinander gebracht werden. *H. Rebenstorff.*

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1919.

12h = Mittag, 0h und 24h = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ - 0,1h.)

MEZ 12h	Juni						Juli						
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	
♃ {	AR	4h 18m	5.4	5.51	6.38	7.21	7.59	8.32	9.0	9.23	9.41	9.54	9.59
	D	21 ^o	24	25	25	24	22	20	18	15	13	11	9
♀ {	AR	7h 57m	8.20	8.42	9.3	9.24	9.43	10.1	10.19	10.35	10.50	11.3	11.15
	D	23 ^o	22	20	19	17	15	13	11	9	7	5	3
☉ {	AR	4h 49m	5.10	5.31	5.52	6.12	6.33	6.54	7.14	7.35	7.55	8.15	8.34
	D	22,5 ^o	22,9	23,3	23,4	23,4	23,2	22,9	22,3	21,7	20,8	19,8	18,7
♂ {	AR	4h 21m	4.36	4.51	5.6	5.21	5.35	5.50	6.5	6.20	6.34	6.49	7.3
	D	22 ^o	22	23	23	24	24	24	24	24	24	24	23
♃ {	AR		7h 20m		7.29		7.38		7.48		7.57		8.6
	D		22 ^o		22		22		21		21		21
♃ {	AR	9h 43m						9.53					
	D	15 ^o						14					
Sternzeit ¹⁾	4h 51m 17 ^s	5.11.0	5.30.43	5.50.25	6.10.8	6.29.51	6.49.34	7.9.17	7.28.59	7.48.42	8.8.25	8.28.8	
Zeitgl.	- 1m 53 ^s	- 0.59	+ 0.2	1.6	2.11	3.14	4.11	5.0	5.39	6.5	6.19	6.18	

Breite von Berlin. Ortszeit

☉ Aufg. ²⁾	3h 43m	3.40	3.39	3.39	3.40	3.42	3.46	3.50	3.56	4.2	4.9	4.17
	20h 14m	20.18	20.21	20.24	20.24	20.24	20.22	20.19	20.15	20.9	20.2	19.55
☾ Aufg. ²⁾	11h 51m	17.24	21.32	23.31	1.27	7.3	13.1	18.8	20.56	22.51	2.7	8.24
	—	1.37	5.16	11.14	17.49	21.37	23.18	1.20	6.33	12.56	18.29	20.43

¹⁾ Im Stargarder Meridian. ²⁾ Für den Mittelpunkt der Scheibe.

Sommersanfang. MEZ. Juni 22, 13h.

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Mai 29, 14h 12m	Juni 5, 13h 22m	Juni 13, 17h 28m	Juni 21, 6h 33m	Juni 27, 21h 53m	Juli 5, 4h 17m	Juli 13, 7h 2m
	Juli 27, 6h 21m	Aug. 3, 21h 12m						

Der Mond tritt an folgenden Tagen (MEZ) in die abgerundeten Sternbilder des Tierkreises:

Länge	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs	
	25 ^o	55 ^o	85 ^o	115 ^o	145 ^o	175 ^o	205 ^o	235 ^o	265 ^o	295 ^o	325 ^o	355 ^o	
Mai			30	1	4	6	8	11	14	16	18	20	Juni
Juni	23	25	27	29	1	3	6	8	11	13	16	18	Juli
Juli	20	22	24	26	28	31	2						August

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Ortszeit. Breite von Berlin.

Tag	♀ Abendstern		♂ (Zwillinge)		♃ (Zwillinge)		♄ (Krebs, Löwe)	
	nachm.	vorm.	vorm.	nachm.	nachm.	vorm.	nachm. (nachm.)	
V 21	D 8,8h	U 11,5h			D 9,4	U 11,5	D 9,6	U 1,3
VI 10	D 9,3h	U 11,3h			D 9,8	U 10,4	D 10,2	U 0,0
VI 30	D 9,4h	U 10,7h			(VI 18, 10,0)		D 10,3	U (10,7)
VII 20	D 9,0h	U 9,7h		2,3			(VII 8, 10,2)	
VIII 9		8,4h	A 2,1	D 3,1	3,2	vorm.		

Berichtigung zur Planeten-Tafel im ersten Heft. Die Bahn des Neptun ist um 20^o Länge nach links zu verschieben. M. Koppe.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.