Physikalische Übungen.

Ein Leitfaden für die Hand des Schülers.

Von

Walther Masche,
Oberlehrer.

Erster Teil.

(Beilage zum Jahresbericht des Königlichen Kaiser Wilhelms-Realgymnasiums in Berlin, Ostern 1910.)

1910. Progr. Nr. 110.

Nicht an die Fachgenossen, sondern an unsere Schüler wende ich mich auf den folgenden Seiten. Eine für die Hand der Schüler bestimmte Anleitung muß notwendigerweise auf den dem Schüler vor Augen stehenden Apparat eingehen, kann also, wenn sie Nutzen bringen soll, nicht so allgemein gehalten werden, daß sie auf jede Versuchsanordnung und auf jeden Apparat paßt.

Ursprünglich hatte ich den Text der einzelnen Aufgaben zu meiner eigenen Vorbereitung verfaßt; dann, als der Andrang zu den Übungen größer wurde, gab ich die weiter ausgeführten Anleitungen den Schülern in die Hand, wodurch sich bei der Benutzung durch die Schüler noch die Notwendigkeit einiger Änderungen im Wortlaut herausstellte, zuweilen auf Vorschlag der Schüler selbst.

Von einer Beschreibung der Apparate, von denen wir übrigens eine ganze Anzahl selbst gebaut haben, und der nötigen Einrichtungen ist fast durchgängig Abstand genommen, da diese für unsere Benutzer der Apparate eben unnötig ist. Daher ist es wohl möglich — und ich mache hierauf besonders aufmerksam —, daß an manchen Stellen der Wortlaut für einen Fernstehenden auf den ersten Blick nicht verständlich erscheint. Ein Blick auf den Apparat oder die Abbildung genügt aber, das Rätsel zu lösen.

Es lag zunächst nicht in meiner Absicht, die einzelnen Anleitungen im Druck erscheinen zu lassen, vielmehr hatte ich schon begonnen, sie zu meiner Erleichterung auf mechanischem Wege zu vervielfältigen. Erst von befreundeter Seite habe ich mich dazu überreden lassen, sie der Öffentlichkeit zu übergeben.

Angaben über die Apparate habe ich nachträglich in einem Anhang zusammengestellt, auf den die kleinen Zahlen im Text hinweisen.

Die Aufgaben über die übrigen Gebiete der Physik hoffe ich in kurzer Zeit vorlegen zu können. — Das Ganze wird dann einen

Lehrgang vorstellen, den jeder Schüler, der an den Übungen teilnimmt, gänzlich durcharbeiten kann und bei uns auch durchführt.

Gibt man den Schülern geeignete Anleitungen zu den einzelnen Versuchen in die Hand, so bemerkt man bald, daß die Sicherheit, mit der gearbeitet wird, stetig wächst, daß also die Selbständigkeit der Schüler erhöht wird, ein Ziel, das wir ja auch sonst überall zu erstreben versuchen. In der ersten Zeit, in der ich anfing, die Anleitungen versuchsweise niederzuschreiben, war die Nachfrage nach den „Zetteln" so groß, daß ich nicht alle Wünsche befriedigen konnte.

Bei einzelnen Aufgaben befindet sich ein vollständig durchgerechnetes Zahlenbeispiel. Man findet dies sonst kaum. Wenn aber Bücher wie Kohlrausch Beispiele für die Studierenden für nützlich halten, so gilt dies für unsere Anfänger in erhöhtem Maße. Denn die Abneigung gegen das Zahlenrechnen ist groß.

Sollte der eine oder der andere Verfasser ähnlicher Schriften mitunter einen Satz aus seinen Worten finden, so bitte ich, daraus zu entnehmen, daß an dieser Stelle und in diesem Zusammenhange nichts Besseres geboten werden kann.

Den Demonstrationsunterricht mit den Übungen zu verbinden, wird sich wohl nie durchführen lassen, da die einzelnen Gebiete der Physik sich nicht in gleicher Weise, einzelne gar nicht zu Übungen eignen, es auch vermessen wäre, anzunehmen, daß alle Gesetze, deren Erschließung oft ungeheure Geisteskräfte erforderte, sich von unseren Schülern nachentdecken ließen. Ein ganz falscher Weg!

Dagegen ist die gleichzeitige Inangriffnahme der gleichen Arbeit durch alle Schüler ein wohl zu erreichendes Ziel, wenn es auch zu Bedenken Anlaß gibt, die einzelnen Teile des Gesetzes in getrennten Gruppen erarbeiten zu lassen, wird ja doch dadurch der leitende Gesichtspunkt geradezu wieder totgeschlagen. — Augenblicklich scheitert aber die Ausführung überhaupt an dem Geldmangel.

Mögen diese anspruchslosen Blätter manchen von Euch, meine jungen Freunde, im Beobachten schärfen und Euch den Wert exakter Arbeit vor Augen führen. Dann haben sie, auch wenn Ihr die speziellen Kenntnisse, die Ihr hier erwerbt, später einmal nicht verwertet, Euch doch unschätzbaren Nutzen geleistet.

Inhalt.

I. Messen und Wägen.

Seite

1. Bestimmung des Volumens einer Kugel 7
2. Bestimmung des Gewichts eines Körpers mit der Wage 9
3. Bestimmung des spezifischen Gewichts eines Körpers aus Gewicht und Volumen 10
4. Das spezifische Gewicht eines festen Körpers mit Hilfe des Archimedischen Prinzips zu bestimmen 11
5. Das spezifische Gewicht von Paraffin zu bestimmen 12
6. Das spezifische Gewicht einer Kupfersulfatlösung mit dem Pyknometer zu bestimmen 13
7. Das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit mit dem Senkkörper zu bestimmen 14
8. Das spezifische Gewicht einer körnigen Substanz (z. B. von Glasschrot) zu bestimmen 15
9. Die Dicke eines Drahtes durch Wägung zu bestimmen 16
10. Bestimmung des inneren Querschnitts einer Kapillare durch Wägung eines Quecksilberfadens 17
11. Wie ändert sich das spezifische Gewicht einer Salzlösung mit dem Salzgehalt? (Westphalsche Wage) 18
12. Das spezifische Gewicht einer Kupfersulfatlösung aus Steighöhen zu bestimmen 20
13. Jollys Federwage 23
14. Das Sphärometer 26

II. Wärme.

1. Vergleichung zweier Thermometer zwischen 0° und 100° 29
2. Bestimmung des Schmelzpunktes eines festen Körpers 30
3. Bestimmung der Schmelz- und Erstarrungskurve von Fixiernatron 31
4. Die Ausdehnungskoeffizienten von Stäben verschiedenen Stoffes zu bestimmen 33
5. Wie ändert sich der Siedepunkt einer Salzlösung mit dem Salzgehalt? 35
6. Bestimmung des Siedepunktes einer Flüssigkeit 36
7. Bestimmung der spezifischen Wärme von Glas 38
8. Bestimmung der Schmelzwärme des Eises 41
9. Bestimmung der Dampfwärme des Wassers 42

Erste Abteilung:

Messen und Wägen.

1. Bestimmung des Volumens einer Kugel.

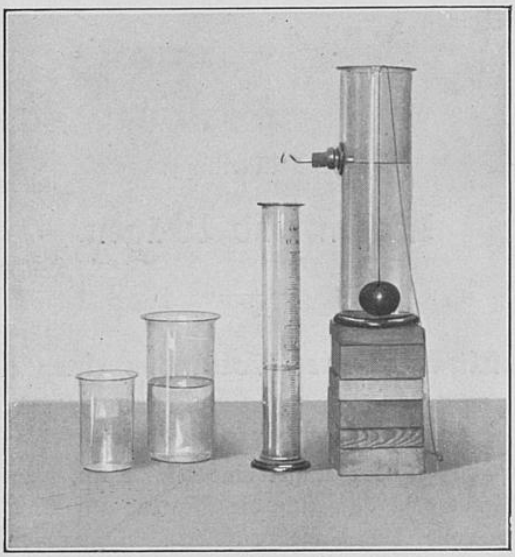
a) Methode des Abrollens.

Man bringe auf der Kugel eine Marke an, lege die Kugel so auf einen Maßstab[1]), daß sich die Marke auf dem Teilstrich 0 befindet, und rolle die Kugel auf dem Maßstab entlang, wobei man darauf zu achten hat, daß sich ein größter Kugelkreis, der die Marke enthält, auf dem Maßstabe abwickelt. Man nütze fast die ganze Länge des Meterstabes durch mehrmalige Umdrehungen aus und stelle dieses Abrollen über den ganzen Stab fünfmal an. Man berechne daraus den Umfang der Kugel, ihren Radius und ihr Volumen.

b) Methode der Wasserverdrängung.

Man befestige an der Kugel einen langen dünnen Faden, den man am besten mit dem Bruchstücke eines Streichholzes in das vorhandene Loch einkeilt. Das Loch wird mit etwas Wachs verschlossen. Dann fülle man das Überlaufgefäß[2]) mit Hilfe eines Becherglases so weit mit Wasser, daß dieses auszulaufen beginnt (Luftblasen in der Ausflußröhre vermeiden!), und fange den Überschuß in einem andern Becherglase auf. Stellt man dann einen Meßzylinder unter das Überlaufgefäß und senkt die Kugel an ihrem Faden bis auf den Boden des Gefäßes, so fließt ein dem Volumen der Kugel gleiches Wasservolumen aus. Nachdem man die Kugel

wieder entfernt, sie abgetrocknet und mit Hilfe der beiden Bechergläser das Überlaufgefäß gefüllt hat, läßt man wiederum durch Einsenken der Kugel das gleiche Volumen Wasser zu dem schon in



dem Meßzylinder befindlichen fließen. Der Versuch wird so oft wiederholt, als es der Zylinder erlaubt. Indem man dann das abgelesene Volumen durch die Anzahl der Versuche dividiert, erhält man direkt das gesuchte Volumen der Kugel.

c) Mit der Schublehre.

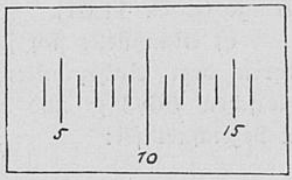
Man bestimme mit der Schublehre[3]) den Durchmesser an fünf Stellen, nehme hieraus das Mittel und berechne aus dem Radius der Kugel ihr Volumen.

Nimm aus den so erhaltenen drei Werten für das Volumen das Mittel.

Zubehör: a) Kugel, Maßstab; b) Faden, Wachs, Überlaufgefäß, 2 Gläser, Meßzylinder, Tuch; c) Noniusmodell, Schublehre.

2. Bestimmung des Gewichts eines Körpers mit der Wage.

a) Bevor man eine Wägung ausführt, hat man sich davon zu überzeugen, ob die Zunge der Wage[4]) auf dem mit 10 bezeichneten mittelsten Teilstrich der Skala (s. Figur) steht oder zu ihm symmetrisch schwingt. Sollte es nicht der Fall sein, so erreicht man es leicht durch Auflegen von Schrot und Papierstückchen. Dabei können Unterschiede bis zu einem halben Teilstrich vernachlässigt werden.



b) Der wahre Nullpunkt der Wage ist dann auf folgende Weise zu bestimmen: Bei schwingender Wage beobachtet man 7 aufeinander folgende Umkehrpunkte der Zunge, links 4, rechts 3, indem man die Zehntel der Skalenteile schätzt; z. B.:

	links	rechts
	7,8	12,0
	8,1	11,9
	8,5	11,7
	8,9	
Summe	33,3	35,6
	: 4	: 3
Mittel	8,33	11,87

Nullpunkt $(8{,}33 + 11{,}87) : 2 = 10{,}10$.

Das Mittel der vier Ablesungen links (8,33) und das Mittel der drei Ablesungen rechts (11,87) wird zu einem neuen Mittel (10,10), dem wahren Nullpunkte (N.-P.) der Wage, zusammengefaßt. An dieser Stelle würde also die Zunge der Wage zur Ruhe kommen.

c) Nunmehr legt man den zu wiegenden Körper auf die rechte Schale und auf die linke Schale ein Gewichtsstück nach dem andern, genau nach ihrer stetig abnehmenden Größe im Gewichtskasten. Bleibt die Zunge links von 10, so fügt man das nächste Gewichtsstück hinzu, geht der Zeiger dauernd nach rechts, so entfernt man das letzte Gewichtsstück und benutzt das nächste, ohne eins zu überspringen. So fährt man fort, bis schon ein Zufügen von 100 mg

die Zunge nach rechts bringt; z. B. stelle man fest, daß das Gewicht des Körpers zwischen 56,3 g und 56,4 g liege.

d) Dann bestimmt man auf die oben (b) beschriebene Weise aus je 7 Umkehrpunkten den Ruhepunkt der mit 56,3 g (also mit zu wenig Gewicht) belasteten Wage (z. B. 8,63) und ebenso den Ruhepunkt der mit 56,4 g (also mit zu viel Gewicht) belasteten Wage (z. B. 11,01).

e) Man stelle sich jetzt in einer Tabelle die drei Gewichte mit ihren drei Ruhepunkten zusammen, wobei das unbekannte, aber zwischen 56,3 g und 56,4 g liegende Gewicht des Körpers mit x bezeichnet sei:

Gewichte	Ruhepunkte
56,3 g	8,63
x g	10,10
56,4 g	11,01

Da sich nun die Differenzen zwischen den Gewichten ebenso verhalten wie die entsprechenden Differenzen zwischen den Ruhepunkten, so erhält man die Proportion $\frac{x - 56{,}3}{56{,}4 - 56{,}3} = \frac{10{,}10 - 8{,}63}{11{,}01 - 8{,}63}$, oder wenn man $x - 56{,}3 = y$ setzt und die Differenzen ausrechnet, $y = 0{,}1 \cdot \frac{1{,}47}{2{,}38} = 0{,}062$ g. Da aber $y = x - 56{,}3$ ist, so erhält man das gesuchte Gewicht x, indem man y zu 56,3 g addiert. Also $x = 56{,}362$ g.

Zubehör: Wage, Gewichtssatz, ein zu wiegender Körper, Schrot.

3. Bestimmung des spezifischen Gewichts eines Würfels aus Gewicht und Volumen.

a) Das Gewicht des Würfels wird nach der vorigen Aufgabe mit Hilfe der Wage bestimmt.

b) Mit Hilfe der Schublehre mißt man die vier senkrechten Kanten (a_1, a_2, a_3, a_4) des Würfels und betrachtet das Mittel aus diesen als seine Höhe.

Ebenso bestimmt man aus je vier Messungen der entsprechenden Kanten seine Breite (b) und seine Länge (c). Das Produkt aus Länge, Breite und Höhe gibt das Volumen.

c) Aus dem Gewicht des Würfels und seinem Volumen erhält man das spezifische Gewicht durch Division.

Zubehör: Würfel, Schublehre, Wage, Gewichtssatz.

Beispiel: a) Gewicht 86,234 g.

b) Höhe:	$a_1 = 2{,}24$ cm	Breite $b_1 = 2{,}20$ cm	Länge $c_1 = 2{,}20$ cm
	$a_2 = 2{,}23$ „	$b_2 = 2{,}21$ „	$c_2 = 2{,}18$ „
	$a_3 = 2{,}19$ „	$b_3 = 2{,}24$ „	$c_3 = 2{,}17$ „
	$a_4 = 2{,}20$ „	$b_4 = 2{,}22$ „	$c_4 = 2{,}18$ „
Summe:	8,86 cm	8,87 cm	8,73 cm
Mittel:	$a = 2{,}22$ cm	$b = 2{,}22$ cm	$c = 2{,}18$ cm

Volumen $a \cdot b \cdot c = 10{,}74$ ccm.

c) Spezifisches Gewicht $s = 86{,}234 : 10{,}74 = 8{,}03$.

4. Das spezifische Gewicht eines festen Körpers mit Hilfe des Archimedischen Prinzips zu bestimmen.

(Archimedisches Prinzip: Ein vollständig von Flüssigkeit umgebener Körper verliert so viel von seinem Gewicht, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt.)

Statt der langen Schale hängt man an die rechte Seite des Wagebalkens die kurze Schale, die auf der Unterseite einen Haken trägt, und untersucht, ob die Zunge der Wage (annähernd) symmetrisch zu Teilstrich 10 schwingt. Man erreicht dies sonst leicht durch einige aufzulegende Schrotkörner oder Papierstückchen (siehe Aufgabe 2).

Zunächst bestimmt man den Nullpunkt der Wage. Dann befestigt man den zu wägenden Körper mit einem leichten Faden an dem Haken der kurzen Schale und stellt sein Gewicht in Luft fest.

Nun wird ein mit destilliertem Wasser gefülltes Becherglas so aufgestellt, daß der Körper auch bei schwingender Wage vollständig unter Wasser bleibt. Da, wo der Faden die Wasseroberfläche schneidet, darf er nur einfach genommen sein. Luftblasen, die

vielleicht dem Körper anhaften, sind sorgfältig zu entfernen. Jetzt wird wieder gewogen.

Das Gewicht des Körpers in Luft (sein „Luftgewicht") und das Gewicht des Körpers unter Wasser (sein „Wassergewicht") geben als Differenz den Gewichtsverlust (in g) oder nach dem Archimedischen Prinzip des verdrängten Wassers Gewicht (in g) oder sein Volumen (in ccm).

Durch Division des absoluten Gewichts und des Volumens erhält man das gesuchte spezifische Gewicht.

Die Ergebnisse werden in folgender Weise aufgeschrieben:

Gewicht in Luft:	g
Gewicht in Wasser:	g
Gewichtsverlust:	g
Volumen:	ccm
Spezifisches Gewicht:	

Zubehör: Wage mit kurzer Schale, Gewichtssatz, zu wiegender Körper, Faden, Becherglas, destilliertes Wasser, Holzklötze oder verstellbares Tischchen.

5. Das spezifische Gewicht von Paraffin zu bestimmen.

Das spezifische Gewicht eines festen Körpers bestimmt man, indem man ihn a) in der Luft, b) unter Wasser wiegt.

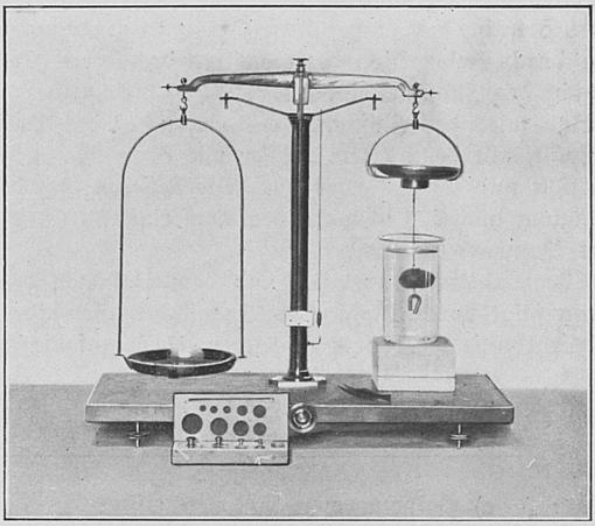
a) Die Wägung in Luft (an einem Faden unter der kurzen Schale) bietet keine Schwierigkeit.

b) Da aber Paraffin auf Wasser schwimmt, muß man es, um es unter Wasser wiegen zu können, mit einem Ballast (Messingbügel) beschweren.

c) Drittens muß man das „Wassergewicht" des Ballastes bestimmen, ihn also unter Wasser wiegen, um aus der zweiten und dritten Wägung durch Subtraktion das „Wassergewicht" des Paraffins zu erhalten.

Aus dem Gewicht in Luft und dem „Wassergewicht" des Paraffins folgt der Gewichtsverlust (in g) Da dieser gleich dem

Volumen des Paraffins (in ccm) ist, folgt das spezifische Gewicht des Paraffins aus seinem absoluten Gewicht und Volumen durch Division.



Die Ergebnisse werden in folgender Weise aufgeschrieben:

a) Gewicht in Luft:
b) Gewicht mit Ballast unter Wasser:
c) Gewicht des Ballastes unter Wasser:

Gewicht des Paraffins unter Wasser:

Gewichtsverlust:
Spezifisches Gewicht:

Zubehör: Wage mit kurzer Schale, Gewichtssatz, Paraffinstück, Messingbügel, Faden, Becherglas, Holzklötze.

6. Das spezifische Gewicht einer Kupfersulfatlösung mit dem Pyknometer zu bestimmen.

a) Zunächst wird nach Bestimmung des Nullpunktes der Wage das Pyknometer[5]) leer gewogen.

b) Dann füllt man es über einer Glasschale mit Kupfer-

sulfatlösung, setzt den Röhrenstöpsel unter Vermeidung von Luftblasen auf, saugt mit Fließpapier die Flüssigkeit bis zu einer beliebigen Marke aus, trocknet sorgfältig überall außen ab und verschließt das Fläschchen. Zur Vermeidung von schädlichen Erwärmungen darf das Pyknometer nur am Halse angefaßt werden. Wird das Gewicht des so gefüllten Pyknometers bestimmt, so erhält man durch Subtraktion des Gewichts des leeren Pyknometers das Gewicht des Flüssigkeitsinhalts.

c) Nun wird das Fläschchen entleert, unter der Wasserleitung gut abgespült, mit destilliertem Wasser wie oben bis zu derselben Marke gefüllt und wieder gewogen. Die Differenz der dritten und ersten Wägung gibt das Gewicht des Wasserinhalts (in g) und zugleich das Volumen (in ccm).

Aus dem absoluten Gewicht und dem Volumen der Kupfersulfatlösung folgt durch Division ihr spezifisches Gewicht.

Die Ergebnisse werden in folgender Weise aufgeschrieben:

a) Pyknometer wiegt leer:
b) Pyknometer wiegt mit Lösung:

Die Lösung wiegt:
c) Pyknometer wiegt mit Wasser:

Das Wasser wiegt:
Spezifisches Gewicht der Lösung:

Zubehör: Wage, Gewichtssatz, Pyknometer, Glasschale, Kupfersulfatlösung, destilliertes Wasser, Fließpapier.

7. Das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit mit dem Senkkörper zu bestimmen.

a) und b) Wiegt man einen Glaskörper, der mit einem Faden an dem Haken der kurzen Schale (rechts) befestigt ist, erst in Luft und dann in einer Flüssigkeit (Zinksulfatlösung), so gibt der Gewichtsverlust nach dem Archimedischen Prinzip das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge (in g) an, d. h. der Flüssigkeitsmenge, die gleich dem Volumen des Senkkörpers ist.

c) Wiegt man nun den Senkkörper unter Wasser, so gibt sein jetziger Gewichtsverlust (gegen das Gewicht in Luft) das Gewicht des verdrängten Wassers (in g) oder sein Volumen (in ccm) an.

Aus Gewicht und Volumen der verdrängten Flüssigkeit folgt ihr spezifisches Gewicht durch Division.

Die Ergebnisse werden in folgender Weise aufgeschrieben:

a) Gewicht in Luft: . . . . . g
b) Gewicht in der Flüssigkeit: . . . . . g
c) Gewicht in Wasser: . . . . . g

Gewicht der verdrängten Flüssigkeit: . . . . . g
{ Gewicht des verdrängten Wassers: . . . . . g
{ Volumen der verdrängten Flüssigkeit: . . . . . ccm

Spezifisches Gewicht der Flüssigkeit:

Zubehör: Wage mit kurzer Schale, Gewichtssatz, Becherglas, Holzklötze oder verstellbares Tischchen, Glaskörper, Faden, Zinksulfatlösung, destilliertes Wasser.

8. Das spezifische Gewicht einer körnigen Substanz (z. B. von Glasschrot) zu bestimmen.

Kleine Körper sind schwierig an einem Faden zu befestigen, um sie unter Wasser zu wiegen. Man benutzt daher das Pyknometer in folgender Weise.

a) u. b) Zuerst wird das Pyknometer leer, zweitens mit Glasschrot[6]) gefüllt gewogen. Die Differenz beider Gewichte gibt das Gewicht des Glasschrotes P.

c) Dann entfernt man das Glasschrot aus dem Pyknometer, verwahrt ersteres sorgfältig für später, füllt das Pyknometer mit destilliertem Wasser und wiegt wieder. Gewicht Q.

d) Trägt man jetzt das Glasschrot in das mit Wasser gefüllte Pyknometer ein, so steigt sein Gewicht um das bekannte Gewicht des Glasschrotes P und nimmt ab um das unbekannte Gewicht W des verdrängten Wassers, nimmt also in Wirklichkeit zu um P—W. Findet man also jetzt das Gewicht R, so läßt sich leicht eine Gleichung bilden, in der nur W unbekannt ist. W, das Gewicht des verdrängten Wassers (in g), ist aber gleich dem Volumen des Glasschrotes (in ccm).

Aus dem absoluten Gewicht des Glasschrotes P und seinem Volumen W folgt das spezifische Gewicht des Glasschrotes durch Division.

Beispiel:	a) Pyknometer leer:	66,472 g
	b) Pykn. mit Schrot:	127,206 g
	Gewicht des Schrotes P: . .	60,734 g
	c) Pykn. mit Wasser Q:	116,477 g
	d) Pykn. mit Wasser u. Schrot R:	154,623 g
	Gewicht d. verdrängten Wassers W:	22,588 g
	Spezif. Gewicht des Schrotes P: W =	2,689

Zubehör: Wage, Gewichtssatz, Glasschrot, destilliertes Wasser, Glasschale, Fließpapier, Sieb, Tuch.

9. Die Dicke eines Drahtes durch Wägung zu bestimmen.

a) Ein Draht von ungefähr 1 m Länge wird mit Hilfe von zwei Flachzangen an den Enden gefaßt und durch zwei Personen gerade gezogen, ohne ihn jedoch merklich zu verlängern. Nachdem die in den Zangen gewesenen Enden abgeschnitten und die Endflächen eben gefeilt sind, wird er auf einen Maßstab gelegt und seine Länge möglichst genau gemessen, indem jeder Beobachter je ein Ende abliest. Die Differenz der Ablesungen gibt die Länge. Unter Vertauschung der Plätze machen beide Beobachter eine zweite Ablesung an einer anderen Stelle des Maßstabes. Aus beiden Längen wird das Mittel genommen.

b) Das Volumen des Drahtes wird auf folgende Weise durch Wägung unter Wasser bestimmt: Man wickelt den Draht auf kleinen Raum zusammen, befestigt ihn an einem dünnen Faden und hängt ihn auf der linken Seite der Wage an dem Haken der kurzen Schale auf. Dann bringt man auf die rechte Schale so viel Belastung (Schrotkörner und zuletzt Papierstückchen), daß die Zunge der Wage annähernd symmetrisch zu 10 schwingt, und bestimmt den Nullpunkt.

Läßt man dann den an dem Faden hängenden Draht in ein mit destilliertem Wasser gefülltes Becherglas tauchen (Luftblasen zwischen den Windungen entfernen!!), so muß man auf die linke Schale so viel Gewicht legen, wie der Gewichtsverlust beträgt. Dies bestimmt man durch zwei Schwingungsversuche. Der Gewichtsverlust (in g) stellt zugleich das Volumen des Drahtes (in ccm) vor.

Aus der Länge und dem Volumen des Drahtzylinders berechnet man seine Dicke (seinen Durchmesser).

Beispiel: a) I. links 2,45 cm, rechts 98,34 cm, Länge 95,89 cm
II. links 3,16 cm, rechts 99,09 cm, Länge 95,93 cm

Mittel der Länge $l = 95{,}91$ cm

b) Gewichtsverlust = 0,634 g
Volumen = $r^2 \pi l = 0{,}634$ ccm

Radius = 0,0459 cm
Durchmesser = 0,918 mm.

Zubehör: Draht, 2 Flachzangen, Drahtzange, Feile, Maßstab, Wage mit kurzer Schale, Gewichtssatz, Faden, Holzklötze oder verstellbares Tischchen, Becherglas, destilliertes Wasser.

10. Bestimmung des inneren Querschnitts einer Kapillare durch Wägung eines Quecksilberfadens.

Über einer Schale füllt man die senkrecht zu haltende Kapillare mit Quecksilber, indem man sie am unteren Ende mit Schlauch und Quetschhahn fest verschließt und am oberen Ende in ein Trichterchen, das durch ein zweites Schlauchstückchen mit der Röhre verbunden ist, Quecksilber gießt. Öffnet man vorsichtig den Quetschhahn, so fließt das Quecksilber in die Kapillare. Sobald diese gefüllt ist, verschließt man den Quetschhahn, gießt das noch im Trichter vorhandene Quecksilber zurück, entfernt über der Schale den Trichter mit Schlauch, verschließt die obere Öffnung der Kapillare fest mit dem Finger, bringt sie in wagerechte Stellung, entfernt über der Schale auch den zweiten Schlauch mit dem Quetschhahn und legt die gefüllte Kapillare behutsam auf den Tisch. Luftblasen darf der Quecksilberfaden, der fast die ganze Länge der Röhre einnehmen soll, nicht enthalten.

a) Um die Länge des Fadens zu bestimmen, legt man die Röhre vorsichtig auf eine Millimeterskala, liest mit Hilfe zweier Spiegel beide Enden ab und bildet die Differenz aus beiden Ablesungen. Die Röhre legt man nun noch an vier andere Stellen der Skala, bestimmt jedesmal die Fadenlänge und nimmt aus diesen fünf Beobachtungen das Mittel.

b) Das Gewicht des Quecksilbers wird auf folgende Weise bestimmt (Tariermethode): Das Quecksilber in der Kapillare wird in ein leichtes Glasfläschchen (Wiegegläschen) gebracht, wobei man darauf zu achten hat, daß nichts in der Kapillare zurückbleibt.

Dies Fläschchen legt man auf die linke Schale einer Wage, bringt auf die andere Wagschale so viel Belastung (Schrot und zuletzt Papierstückchen), daß die Zunge der Wage annähernd symmetrisch zu 10 schwingt und bestimmt den Nullpunkt. Dann schüttet man das Quecksilber vollständig zurück, bringt das leere Fläschchen wieder auf die linke Wagschale und bestimmt durch zwei Schwingungsversuche, durch wieviel Gewicht das Gewicht des Quecksilbers zu ersetzen ist.

c) Das Gewicht g des Quecksilberzylinders in der Kapillare ist gleich dem Produkt aus Volumen und spezifischem Gewicht des Quecksilbers ($s = 13{,}55$ bei Zimmertemperatur). Das Volumen des Zylinders ist aber gleich dem Produkt aus seinem Querschnitt (Grundfläche) q und seiner Länge l. Da g, s und l bekannt sind, enthält die leicht zu bildende Gleichung die einzige Unbekannte q. — Aus q ist noch der Durchmesser der Kapillare zu berechnen.

Beispiel: a)

	links	rechts	Differenz
1.	2,34 cm	23,45 cm	21,11 cm
2.	11,44 „	32,58 „	21,14 „
3.	20,47 „	41,62 „	21,15 „
4.	29,60 „	50,74 „	21,14 „
5.	37,09 „	58,24 „	21,15 „
		Mittel	$l = 21{,}14$ cm

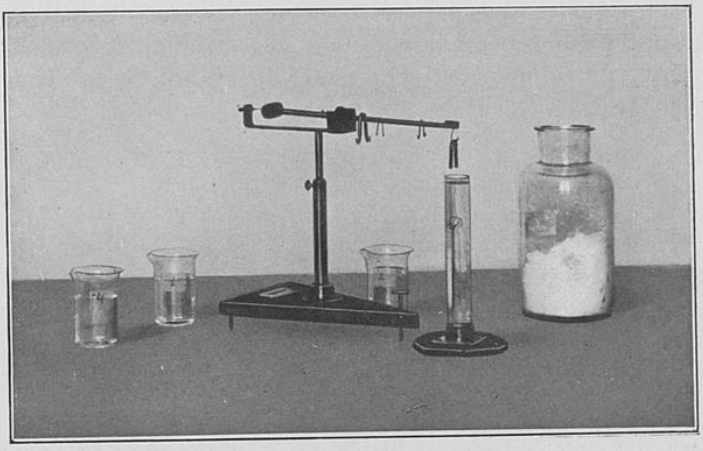
b) $g = 4{,}321$ g
c) $q = 1{,}51$ qmm
$d = 1{,}39$ mm

Zubehör: Kapillare, Schale, Trichter, Quetschhahn, 2 Schlauchstückchen, Quecksilber, Maßstab, 2 Spiegel, Wiegegläschen, Schrot, Wage, Gewichtssatz.

11. Wie ändert sich das spezifische Gewicht einer Salzlösung mit dem Salzgehalt?
(Westphalsche Wage.)

a) Stelle eine 10, 20, 30, 40, 50 und 60-prozentige Lösung von Zinksulfat her. Gib zu diesem Zwecke in je eins von sechs Bechergläsern 10, 20, 30, 40, 50 und 60 g Zinksulfat und füge der

Reihe nach 90, 80, 70, 60, 50 und 40 g destilliertes Wasser hinzu. Zur Beschleunigung der Lösung kann man umrühren oder ein wenig erwärmen; doch muß man die erwärmten Lösungen durch Einstellen in kaltes Wasser wieder abkühlen. Warum?



b) Hänge an die Westphalsche Wage [7]) den Glaskörper und bewirke durch Drehen an der Fußschraube, daß die Spitze am Ende des Wagebalkens in gleicher Höhe mit den beiden ihr gegenüberliegenden Spitzen einspielt. Gieße die 10-prozentige Lösung in den trockenen Glaszylinder, entferne den Glaskörper, stelle den gefüllten Glaszylinder unter die Wage und hänge den Glaskörper wieder so an, daß er in die Flüssigkeit taucht. Stelle das gestörte Gleichgewicht dadurch her, daß du die vier Reiter auf einige der 10 Teilstriche des Balkens verteilst; verfahre dabei in folgender Weise: Da der erste der Reiter genau soviel wiegt, wie der Gewichtsverlust des Glaskörpers in Wasser beträgt, so müßte man ihn, wenn die Flüssigkeit Wasser wäre (also das spezifische Gewicht 1 besäße), auf den Teilstrich 10 hängen, um Gleichgewicht zu erhalten. Bringen wir ihn dort an, so sehen wir, daß dies noch nicht genügt. Wir benutzen daher weiter den zweiten Reiter, der (trotz anderer Gestalt) genau dasselbe Gewicht wie der erste hat, und suchen diejenige Stelle des Balkens, auf dem er Gleichgewicht hervorbringt. Liegt sie z. B. zwischen dem vierten und fünften Zehntel des Balkens, so würde daraus folgen, daß das spezifische Gewicht der Flüssigkeit

zwischen 1,4 und 1,5 liegt. Wir bringen ihn daher auf Teilstrich 4 und benutzen weiter den dritten Reiter, der genau ein Zehntel von jedem der ersten beiden Reiter wiegt. Dieser bringe zwischen dem ersten und zweiten Teilstrich Gleichgewicht hervor. Wir setzen ihn auf 1 und wissen nun, daß das spezifische Gewicht zwischen 1,41 und 1,42 liegt. Mit dem vierten Reiter, der wieder ein Zehntel des dritten Reiters wiegt, verfahren wir ebenso. Bringt er auf Teilstrich 7 Gleichgewicht hervor, so ist das spezifische Gewicht 1,417.

Trage diese und die noch zu bestimmenden Zahlen im Heft in folgende Tabelle ein:

Gehalt:	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %
Spezif. Gewicht:	1,000						

Entferne die Reiter und den Glaskörper von der Wage, reinige und trockne letzteren und gieße die 10-prozentige Lösung in das Becherglas zurück. Spüle den Glaszylinder nicht mit Wasser aus, sondern nur zweimal mit ein wenig der 20-prozentigen Lösung über, fülle mit ihr den Zylinder, stelle ihn unter die Wage, hänge den Glaskörper wieder an und bestimme wie vorhin das spezifische Gewicht der Lösung.

Verfahre ebenso mit den vier übrigen Lösungen.

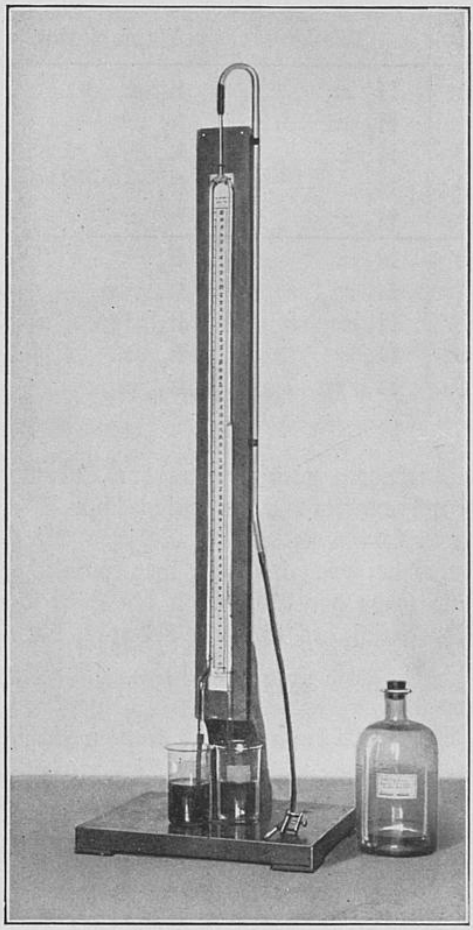
c) Die Ergebnisse werden auf Millimeterpapier (2 mm)*) graphisch dargestellt, der Prozentgehalt als Abszissen (1 % als 2 mm), die spezifischen Gewichte als Ordinaten (0,1 als 2 cm). Auf die Rückseite des Blattes wird obige Tabelle geschrieben.

Zubehör: 6 Bechergläser, Zinksulfat, destilliertes Wasser, Löffel, Pipette, Wage, Gewichtssatz, Glasstab, Dreifuß, Drahtnetz, Westphalsche Wage, Millimeterpapier (2 mm).

12. Das spezifische Gewicht einer Kupfersulfatlösung aus Steighöhen zu bestimmen.

a) Stelle unter die unteren Öffnungen der langen Schenkel je ein Becherglas, fülle das linke mit destilliertem Wasser und das rechte mit Kupfersulfatlösung gleich hoch, bringe an dem am

Apparate befindlichen Gummischlauch einen Quetschhahn an und sauge vorsichtig an der offenen Röhre. Schließe den Quetschhahn, wenn das Wasser ungefähr bei 59 steht. Vermeide dabei auf



das sorgfältigste, daß Wasser in die andere Röhre übertritt.

Lies die Höhen beider Flüssigkeitssäulen ab. Das Ablesen

geschieht durch die Flüssigkeit hindurch am unteren Rande des konkaven Meniskus. Um genaue Ablesungen zu erhalten, bedient man sich wie in Nr. 10a eines Spiegelchens.

Trage diese und die noch abzulesenden Zahlen in folgende Tabelle ein.

	Wasser	Kupfersulfat
1.	$H_1 =$	$h_1 =$
2.	$H_2 =$	$h_2 =$
3.	$H_3 =$	$h_3 =$
4.	$H_4 =$	$h_4 =$
5.	$H_5 =$	$h_5 =$
6.	$H_6 =$	$h_6 =$
7.	$H_7 =$	$h_7 =$
8.	$H_8 =$	$h_8 =$
9.	$H_9 =$	$h_9 =$
10.	$H_{10} =$	$h_{10} =$

Setze dies Verfahren noch neunmal fort, indem du die Wassersäule jedesmal um ungefähr 6 cm sinken läßt.

b) Da sich in kommunizierenden Gefäßen die Steighöhen von Flüssigkeiten umgekehrt verhalten wie ihre spezifischen Gewichte, so gilt, wenn H die Höhe des Wassers, h die Höhe der Kupfersulfatlösung und s ihr spezifisches Gewicht bedeutet, die Gleichung

$$H : h = s : 1.$$

Weil aber in dieser Gleichung H und h vom Flüssigkeitsspiegel im Becherglase aus gerechnet ist, und die Teilung des Apparates dort nicht beginnen kann, so muß diese Gleichung erst folgendermaßen verändert werden.

Wir nehmen zunächst die erste und sechste Ablesung zusammen. Aus $\frac{H_1}{h_1} = s$ und $\frac{H_6}{h_6} = s$ folgt $\frac{H_1}{h_1} = \frac{H_6}{h_6}$. Vertauscht man die Innenglieder, subtrahiert auf beiden Seiten 1, bringt die linke und die rechte Seite je auf denselben Nenner, vertauscht wieder die Innenglieder und setzt für die rechte Seite ihren Wert aus einer früheren Gleichung ein, so erhält man für s eine Gleichung, in der nur die Höhenunterschiede der ersten und sechsten Ablesung

vorkommen, auf die es ja keinen Einfluß hat, wo die Zählung mit Null beginnt.

Durch Kombination der Werte mit den Indizes 2 u. 7, 3 u. 8, 4 u. 9, 5 u. 10 erhält man noch vier andere Gleichungen für s, so daß man zum Schluß aus den fünf erhaltenen Werten das Mittel nehmen kann.

Zubehör: Apparat für Steighöhen[9]), Quetschhahn, Gummischlauch, 2 Bechergläser, Kupfersulfatlösung, destilliertes Wasser, Spiegel.

13. Jollys Federwage.

A. Theorie.

a) An der am oberen Teil des Apparates[10]) befindlichen Klemmschraube befestigt man ein ungefähr 1,5 m langes Lot und stellt mit seiner Hilfe und den Fußschrauben den Apparat senkrecht.

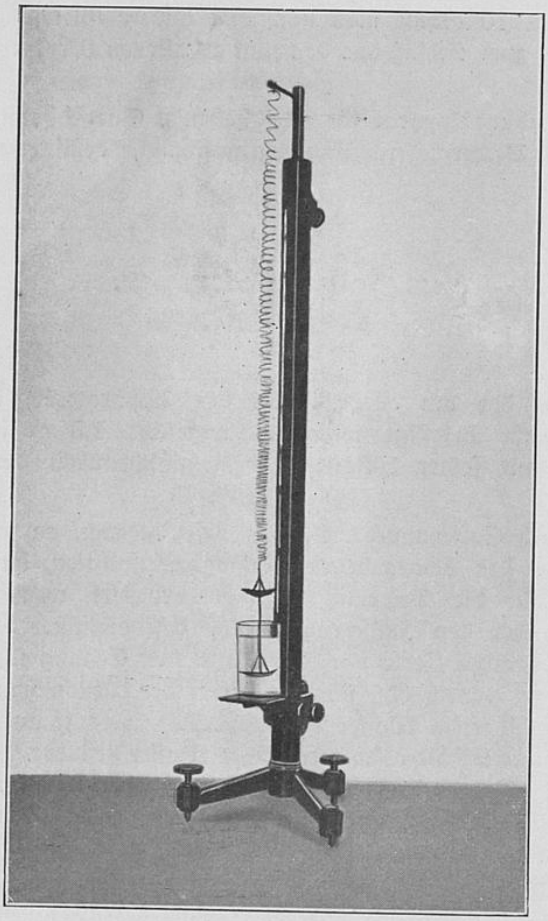
b) Nach Entfernung des Lotes befestigt man an seiner Stelle die dünnste der beigegebenen Messingdrahtspiralen, hängt an ihr unteres Ende die Doppelschale und verbessert, wenn nötig, die Einstellung an den Fußschrauben so, daß die über der Doppelschale angebrachte Perle vor der Mitte der Teilung schwebt. Es ist darauf zu achten, daß sich nicht zwei der Windungen berühren. Ein mit destilliertem Wasser gefülltes Glas wird so aufgestellt, daß sich die untere Schale vollständig unter Wasser befindet. (Luftblasen entfernen!) Der Spiralenhalter wird so hoch geschoben, daß, wenn die obere Schale mit 1 g belastet wird, eine freie Einstellung noch möglich ist.

Die Ablesungen geschehen in der Weise, daß man ein Auge (das andere schließen!) so vor die Perle bringt, daß

1. der obere Rand der Perle,
2. das Spiegelbild des oberen Perlenrandes,
3. das Spiegelbild der Pupillenmitte des beobachtenden Auges zusammenzufallen scheinen. Zehntel Millimeter sind dabei zu schätzen, auch achte man darauf, daß die Zahlen des Spiegelmaßstabes von oben nach unten fortschreiten.

c) Die erste Ablesung geschieht bei unbelasteter Wage; die zweite, indem man auf die obere Schale 0,1 g legt; die dritte bei

einer Belastung von 0,2 g u. s. f.; die elfte bei einer Belastung von 1 g. Diese elf Beobachtungen werden in einer Tabelle zusammen-



gestellt und aus je zwei benachbarten die Differenzen gebildet. Was folgt aus den so erhaltenen Zahlen?

B. Bestimmung des spezifischen Gewichts eines festen Körpers.

Ohne Gewichtsstücke zu benutzen, läßt sich mit der Federwage das spezifische Gewicht eines festen Körpers folgendermaßen bestimmen:

a) Zunächst liest man die Einstellung der unbelasteten Wage ab: . . . . . Einstellung a,
dann legt man den Körper (Glasstäbchen) auf die obere Schale, liest wieder ab: . Einstellung b,
legt ihn auf die untere Schale und macht die dritte Ablesung: . . . . . Einstellung c.

b) 1. Aus der ersten und zweiten Ablesung sowie der konstanten Größe ε (Senkung für 0,1 g Belastung) folgt das Gewicht des Körpers in Luft.

2. Aus der ersten und dritten Ablesung und ε läßt sich das Gewicht des Körpers unter Wasser berechnen.

3. Die Differenz beider Gewichte ist der Gewichtsverlust (in g) oder sein Volumen (in ccm).

4. Aus dem absoluten Gewicht (1) und dem Volumen (3) folgt das spezifische Gewicht durch Division.

Anmerkung: Die vier letzten Rechnungen unter b) sind erst allgemein mit a, b, c u. ε anzustellen; erst dann sind die oben gewonnenen Zahlenwerte einzusetzen.

C. Bestimmung des spezifischen Gewichtes einer Flüssigkeit.

a) Statt der Doppelschale wird der mit Quecksilber beschwerte Glaskörper angehängt, der ebenfalls am oberen Ende eine Perle für die Ablesung trägt.

1. Zunächst macht man eine Ablesung, während sich der Glaskörper in Luft befindet: . . . Einstellung a,
2. dann läßt man ihn in der Flüssigkeit schweben, deren spezifisches Gewicht man bestimmen will, und liest ab: . . . . . Einstellung b,
3. bestimmt man, nachdem man ihn gereinigt hat, seine Einstellung in destilliertem Wasser: . Einstellung c,
4. schließlich fügt man in Gedanken diejenige Ablesung hinzu, die man erhalten hätte, wenn die Spiralfeder unbelastet gewesen wäre, d. h. nur die Perle, aber nicht den Glaskörper getragen hätte: . . . . . Einstellung d.

b) (1) Aus d, a und ε folgt das Gewicht des Körpers in Luft,
(2) aus d, b und ε sein Gewicht in der Flüssigkeit,
(3) aus d, c und ε sein Gewicht unter Wasser.

(4) Aus (1) und (2) folgt der Gewichtsverlust des Senkkörpers in der Flüssigkeit oder nach dem Archimedischen Prinzip das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge (in g), d. h. der Flüssigkeitsmenge, die gleich dem Volumen des Senkkörpers ist.

(5) Aus (1) und (3) folgt der Gewichtsverlust in Wasser oder das Gewicht des verdrängten Wassers (in g) oder sein Volumen (in ccm).

(6) Aus Gewicht (4) und Volumen (5) der verdrängten Flüssigkeit folgt ihr spezifisches Gewicht durch Division.

Anmerkung: Auch hier sind die 6 Rechnungen unter b) erst allgemein mit a, b, c, d und ε anzustellen; erst dann sind die oben gewonnenen Zahlenwerte einzusetzen.

Zubehör: A. Federwage mit Nebenteilen, Lot, destilliertes Wasser, Gewichtsstücke bis 1 g, elektrische Lampe. B. Glasstäbchen. C. Mehrere Flüssigkeiten.

14. Das Sphärometer.

1. Beschreibung.

Das Sphärometer[11]) besitzt drei feststehende Spitzen, die ein gleichseitiges Dreieck bilden. In der Mitte des durch die drei Spitzen gebildeten Dreiecks befindet sich eine vierte Spitze, die durch eine flachgängige Schraube gehoben und gesenkt werden kann. Ihre Ganghöhe beträgt 0,5 mm, und da der Umfang einer mit ihr fest verbundenen Scheibe in 100 gleiche Teile geteilt ist, so bedeutet das Weiterdrehen um einen Skalenteil ein Heben oder Senken der vierten Spitze um 0,005 mm.

2. Anwendung des Sphärometers als Dickenmesser.

a) Auf einer völlig ebenen Glasscheibe schraube man die vierte Spitze langsam so weit herab, bis sie sich in der Ebene der drei festen Spitzen befindet. Man erkennt dies leicht an dem jetzt eintretenden Wackeln oder Drehen des Sphärometers, wenn man die vierte Spitze auch nur ein wenig zu weit herabschraubt. (Nicht auf die geteilte Kreisscheibe fassen!) Man notiere sich, welcher Teilstrich der Randmarke gegenübersteht.

b) Nun schiebe man unter Hebung der vierten Spitze ein dünnes Gläschen unter sie, um dann wieder eine genaue Einstellung vor-

zunehmen. Aus beiden Einstellungen läßt sich die Dicke des untergeschobenen Objekts bestimmen.

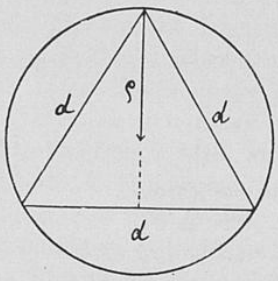
c) Dasselbe wiederhole man mit einem dickeren Glase, dessen Dicke man an drei Stellen (an den Enden und in der Mitte) mißt, um aus den drei Messungen das Mittel zu nehmen.

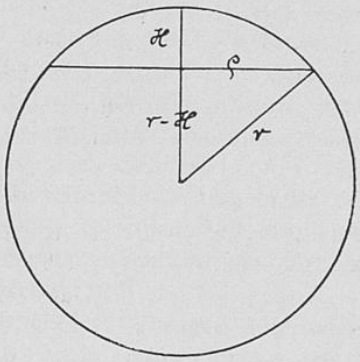
3. Anwendung des Sphärometers zur Bestimmung eines Kugelradius.

a) Man setze das Sphärometer, nachdem man seine Mittelspitze genügend hoch geschraubt hat, auf die Oberfläche einer Kugel von unbekanntem Radius, stelle auch die mittlere Spitze auf die Oberfläche der Kugel ein und lese an der Randmarke den geteilten Kreis ab.

b) Dann bringe man das Sphärometer wieder auf die Glasebene und drehe die mittlere Spitze langsam herunter, wobei man sorgfältig die ganzen Umdrehungen und schließlich die Hundertstel Umdrehungen zählt, die nötig sind, die vier Spitzen wieder in eine Ebene zu bringen.

c) Aus der Umdrehungsanzahl berechne man die Höhe H der durch die drei festen Spitzen auf der Kugeloberfläche bestimmten Kalotte.





d) Schließlich bestimmt man noch die Seite d des durch die drei festen Spitzen gebildeten gleichseitigen Dreiecks, indem man das Sphärometer mit seinen drei Spitzen vorsichtig in Papier eindrückt.

e) Der Grundkreisradius ϱ der erwähnten Kalotte läßt sich aus der Höhe h des gleichseitigen Dreiecks mit der Seite d finden. H und ϱ liefern den Kugelradius.

Anmerkung: Erst die allgemeine Formel aufstellen, dann d und H einsetzen!

f) Auf dieselbe Weise ist der Radius eines Hohlspiegels zu bestimmen.

Zubehör: Sphärometer, Glasebene, Deckgläschen, kleine Glasscheibe, Kugel, Maßstab, Hohlspiegel.

Zweite Abteilung:

Wärme.

1. Vergleichung zweier Thermometer zwischen 0° und 100°.

a) Man füllt den Topf mit Wasser, das man durch Hinzufügen von Eis oder Schnee bis nahe an 0° abgekühlt hat, und setzt ihn auf den Dreifuß. Dann verbindet man die beiden zu vergleichenden Thermometer durch 2 übergestreifte schmale Gummiringe so, daß die Mitten der Quecksilbergefäße in gleicher Höhe liegen und die Skalen (bei zwei Beobachtern) nach entgegengesetzten Seiten oder (bei einem Beobachter) nach derselben Seite gerichtet sind, und hängt sie vermittelst des Stativs so tief in das Bad, daß man gerade noch beide Thermometer ablesen kann.

Beide Beobachter setzen sich einander gegenüber. Derjenige, der das zu prüfende Thermometer abliest, gibt ein Zeichen, wann jedesmal beide Thermometer zu gleicher Zeit abgelesen werden sollen. Jeder notiert unter fortlaufender Bezifferung nur seine eigene Beobachtung. (Bei nur einem Beobachter muß dieser versuchen, beide Thermometer zu möglichst derselben Zeit abzulesen.)

b) Hat sich das Wasser fast bis 0° abgekühlt, so wird die erste Beobachtung gemacht und notiert.

Das überflüssige Eis wird entfernt, der Brenner untergesetzt, das Bad um ungefähr 4° erwärmt, der Brenner fortgenommen, das Bad gehörig umgerührt und die zweite Ablesung auf ein Zeichen hin ausgeführt und notiert.

In dieser Weise fährt man von ungefähr 4° zu 4° fort, die Thermometer allmählich immer tiefer in das Bad senkend. Die

letzte Vergleichung erfolgt in siedendem Wasser bei voll brennender Flamme.

c) Die beiderseitigen Ablesungen werden nun in einer Tabelle vereinigt, die in der ersten Spalte die fortlaufende Nummer der Beobachtung, in der zweiten die wahre Temperatur des richtigen Thermometers, in der dritten die zugehörige Temperatur des zu prüfenden Thermometers und in der vierten die Differenz der Zahlen der zweiten und dritten Spalte enthält. (Vorzeichen beachten!)

d) Die Ergebnisse werden auf Koordinatenpapier (2 mm) graphisch dargestellt, die Angaben des zu prüfenden Thermometers als Abszissen (1° als 2 mm), die Differenzen als Ordinaten (0,1° als 2 mm).

Zubehör: Topf, Dreifuß, Eis oder Schnee, Brenner, genaues Thermometer, zu prüfendes Thermometer, Rührer, Stativ mit Halter, Koordinatenpapier (2 mm).

2. Bestimmung des Schmelzpunktes eines festen Körpers.

a) Ein Schmelzpunktröhrchen[12]) wird einseitig zugeschmolzen, indem man, es in senkrechter Lage zwischen Daumen und Zeigefinger drehend, sein oberes Ende dem Saume einer wagerecht gehaltenen Bunsenflamme nähert. Nach dem Erkalten taucht man das offene Ende des Röhrchens in feingepulvertes Naphthalin ein und bewirkt durch vorsichtiges Klopfen, daß die in dem oberen Teile befindliche Substanz auf den Boden des Röhrchens fällt. Mit Hilfe eines dünnen Drahtes drückt man sie zusammen. Ihre Höhe darf höchstens 5 mm betragen.

b) Mit Hilfe zweier schmaler Gummiringe wird das Röhrchen so an einem Thermometer befestigt, daß die Mitte der Substanz in gleicher Höhe mit der Mitte des Quecksilbergefäßes liegt. An einem Stativ wird dann das Thermometer in ein mit ausgekochtem, kaltem Wasser gefülltes, auf Dreifuß und Netz stehendes Becherglas gehängt, daß das Quecksilbergefäß bis in die Mitte des Wassers reicht.

c) Erwärmt man nun das Wasser, so bemerkt man bei einer bestimmten Temperatur, daß die vorher undurchsichtige Substanz plötzlich durchsichtig wird und schmilzt. Dieser erste Versuch dient

nur zur Orientierung, an welcher Stelle ungefähr der Schmelzpunkt liegt.

d) Beim zweiten Versuche, zu dem man ein neues Röhrchen mit Substanz beschickt, erwärme man zunächst schnell bis ungefähr 10° unter den vermeintlichen Schmelzpunkt und dann langsam mit kleiner Flamme, so daß man von Grad zu Grad die Veränderung der Substanz beobachten kann. Die Schmelztemperatur wird notiert.

e) Man entfernt die Flamme und achtet auf den Augenblick, in dem bei der jetzt vor sich gehenden Abkühlung am Boden des Röhrchens die erste Trübung und Kristallbildung sich zeigt. Auch diese Erstarrungstemperatur wird notiert, und aus ihr und der beobachteten Schmelztemperatur das Mittel genommen.

f) Zur Kontrolle wird der Versuch noch zweimal wiederholt und das Mittel aus den drei letzten genauen Messungen als der wahre Schmelzpunkt angesehen.

g) Bestimme ebenso den Schmelzpunkt von Diphenylamin. Darf man auch hier das Mittel aus der Schmelz- und der Erstarrungstemperatur nehmen?

Zubehör: Schmelzpunktröhrchen, Brenner, Naphthalin, Diphenylamin, dünner Draht, Gummiringe, Thermometer, Stativ mit Halter, Dreifuß, Drahtnetz, Becherglas, ausgekochtes Wasser.

3. Bestimmung der Schmelz- und Erstarrungskurve von Fixiernatron.

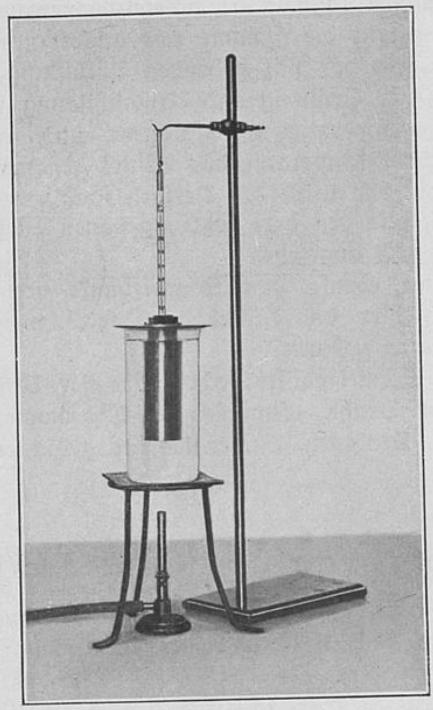
A. Die Schmelzkurve.

a) Man fülle durch das Loch im Messingdeckel[13]) das Becherglas bis 1,5 cm vom Rande mit Wasser, werfe einige Drahtstückchen hinein, entferne das innere Rohr mit dem es haltenden Korken, setze das Becherglas auf Dreifuß und Drahtnetz und bringe das Wasser zum ruhigen, nicht stürmischen Sieden.

b) Inzwischen setze man das Thermometer in das herausgenommene Rohr und fülle in den Raum zwischen Thermometer und Rohrwand bis zum Rande Fixiernatron. Durch öfteres leises Aufstoßen auf den Tisch bewirkt man ein Zusammensintern der kleinen Kristalle. Das obere Ende des Quecksilberfadens muß gerade noch herausragen.

c) Wenn das Wasser im Glase ruhig siedet, wird kurz vor

einem Minutensignal der Beobachtungsuhr die Temperatur abgelesen und notiert und auf das Signal selbst hin das Rohr in das weitere Rohr des Wasserbades gesenkt. Von Minute zu Minute wird die Temperatur des Salzes notiert. Während der ersten



Minuten hat man noch genügend Zeit, das Thermometer mit einem Faden in richtiger Höhe an einem Stativ zu befestigen, damit es, während später das Salz schmilzt, nicht herabsinkt. Die Ablesungen werden fortgesetzt, bis die Temperatur 65° beträgt.

d) Schließlich werden die Beobachtungen graphisch dargestellt, die Zeiten als Abszissen (1 Minute als 2 mm) und die Temperaturen als Ordinaten (1° als 2 mm). Der Schmelzpunkt ist leicht zu erkennen.

Zubehör: Apparat, Dreifuß, Netz, Brenner, Thermometer, Fixiernatron, Uhr, Stativ mit Halter, Koordinatenpapier (2 mm).

B. Die Erstarrungskurve.

a) Man fülle durch das Loch im Messingdeckel das Becherglas fast bis zum Rande mit möglichst kaltem Wasser und setze es diesmal auf den Tisch selbst.

b) Man entferne das innere Rohr mit dem es haltenden Korken, fülle es mit Fixiersalzkristallen und bringe diese durch Eintauchen des Rohres in heißes Wasser von ungefähr 80° zum Schmelzen. Die Schmelze soll das Rohr beinahe ganz füllen und nur noch Raum für das Thermometer lassen. Erst wenn alles geschmolzen ist, bringt man dieses hinein, geschützt durch ein mit Wasser gefülltes enges Röhrchen, auf dessen Grund sich so viel Watte befindet, daß die Temperatur 30° gerade noch abzulesen ist.

c) Nun wird das Rohr aus dem heißen Wasser genommen, schnell außen abgetrocknet und mittels des Korkes in dem weiten Rohre des Wasserbades befestigt.

d) Sobald das Thermometer auf 65° gefallen ist, wird von Minute zu Minute die Temperatur beobachtet.

e) Ist das Thermometer auf 32° gesunken, wird, ohne daß man das Notieren der Temperaturen von Minute zu Minute aussetzt, die Kristallisation eingeleitet, indem man einige Kristalle Fixiernatron in die Schmelze wirft und etwas umrührt.

f) Die Temperatur wird jetzt noch mindestens 30 Minuten lang abgelesen.

g) Sämtliche Beobachtungen werden auf demselben Blatte als Fortsetzung der unter A gezeichneten Kurve graphisch dargestellt. Der Schmelzpunkt (Erstarrungspunkt) ist wieder leicht zu erkennen.

Zubehör: Apparat, Fixiernatron, heißes Wasser, Tuch, Thermometer, Uhr, Watte, Koordinatenpapier (2 mm).

4. Die Ausdehnungskoeffizienten von Stäben verschiedenen Stoffes zu bestimmen.

a) Die Länge des Stabes, dessen Ausdehnungskoeffizient bestimmt werden soll, wird mit Hilfe eines Maßstabes gemessen.

b) Dann wird der Stab äußerst vorsichtig auf die im unteren Teile des Apparates[14]) befindlichen Schneiden so gelegt, daß er zunächst mit keinem seiner beiden Enden anstößt. Man füllt das Wasserbad so weit mit kaltem Wasser, daß der Stab gut davon be-

deckt ist, verbindet den Brenner des Wasserbades (vermittelst eines Dreiwegstückes und drei Gasschläuchen) mit zwei Gasauslässen, bringt zwei Thermometer in das Wasser, rührt gut um, stellt mit Hilfe der an dem einen Ende des Apparates befindlichen großen Schraube das Mikrometer (auf die Glasplatte klopfen!) auf Null oder eine andere zu notierende Stellung, wobei die Schraube nicht zurückgedreht werden darf, liest beide Thermometer ab (das Mittel der Ablesungen ist die Anfangstemperatur t_1) und zündet den Brenner an.

c) Siedet das Wasser, so rührt man gut um, liest beide Thermometer ab (das Mittel der Ablesungen ist die Endtemperatur t_2) und gleichzeitig die Zeigerstellung des Mikrometers (klopfen!), um durch Subtraktion der ursprünglichen Stellung von der jetzigen festzustellen, wieviel Grade der Zeiger weitergewandert ist. — Schließe den Gashahn.

d) Stelle die Beobachtungen in folgender Tabelle zusammen:

	Länge des Stabes	l =
Thermometer	Anfangstemperatur	t_1 =
	Endtemperatur	t_2 =
Mikrometer	Anfangsstellung	n_1 =
	Endstellung	n_2 =

e) Das heiße Wasser wird durch den Hahn abgelassen, die große Schraube zurückgedreht, der Stab mit einem Tuche herausgenommen, unter der Leitung gekühlt und getrocknet. Der Apparat ist dadurch für einen zweiten Versuch vorbereitet.

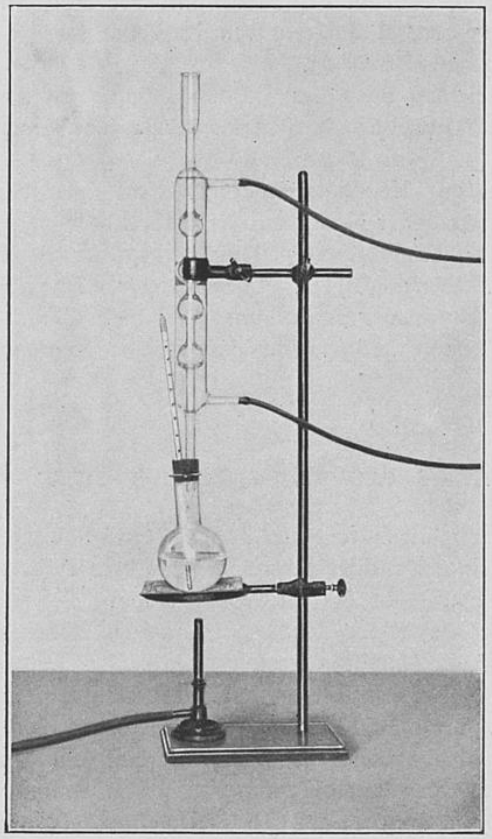
f) Ein Grad des Mikrometers bedeutet $^1/_{100}$ mm. Ist daher der Zeiger n Grade während des Versuches vorgerückt, so beträgt die Verlängerung des Stabes $^n/_{100}$ mm.

Bedeutet andrerseits l die gemessene Länge des Stabes, so ist seine Verlängerung für 1 Grad $\alpha \cdot l$, wenn α sein Ausdehnungskoeffizient ist. Da aber der Stab um $(t_2 - t_1)^0$ erwärmt ist, so erhält man leicht einen zweiten Ausdruck für seine Verlängerung. — Setzt man beide Werte einander gleich, so enthält die entstehende Gleichung die einzige Unbekannte α. Füge diese Größe obiger Tabelle zu.

Zubehör: Apparat, sechs Stäbe, zwei Thermometer, Rührer, Tuch, Dreiwegstück, Maßstab, Topf.

5. Wie ändert sich der Siedepunkt einer Salzlösung mit dem Salzgehalt?

a) Gib in einen Rundkolben[15]) 200 g destilliertes Wasser und einige Glasperlen, verschließe ihn durch einen doppeltdurchbohrten Kork, der einen Rückflußkühler[16]) und ein bis in das Wasser ein-



tauchendes Thermometer trägt, setze den Kolben auf Drahtnetz und Dreifuß, verbinde den Rückflußkühler mit der Wasserleitung, laß das Wasser mäßig fließen und erhitze den Inhalt des Kolbens

durch einen untergestellten Brenner zum Sieden. Lies, wenn das Wasser ungefähr zwei Minuten im Kochen gewesen ist und das Thermometer nicht mehr steigt, die Temperatur ab und notiere sie.

b) Nimm den Brenner fort, schließe den Wasserhahn, laß den Kolben abkühlen und schütte seinen Inhalt bis auf die Perlen fort.

c) Beschicke den Kolben jetzt mit einer fünfprozentigen Kochsalzlösung. Wiege zu diesem Zweck 10 g Kochsalz ab, bringe sie vollständig in den Kolben und gib 190 g Wasser und einige trockene Glasperlen hinzu. Setze den Apparat wieder zusammen und bestimme wie vorhin den Siedepunkt der Salzlösung.

d) Wende dasselbe Verfahren auf eine 10, 15, 20 und 25-prozentige Kochsalzlösung an.

e) Zum Schluß wird der Zusammenhang zwischen Salzgehalt und Siedepunkt graphisch dargestellt, indem man den Prozentgehalt als Abszissen (1 % als 2 mm) und die Temperatur als Ordinaten (1 ° als 2 cm) auf Koordinatenpapier (2 mm) aufträgt. Schreibe auf die Rückseite dieser Zeichnung die Tabelle der sechs Siedepunkte.

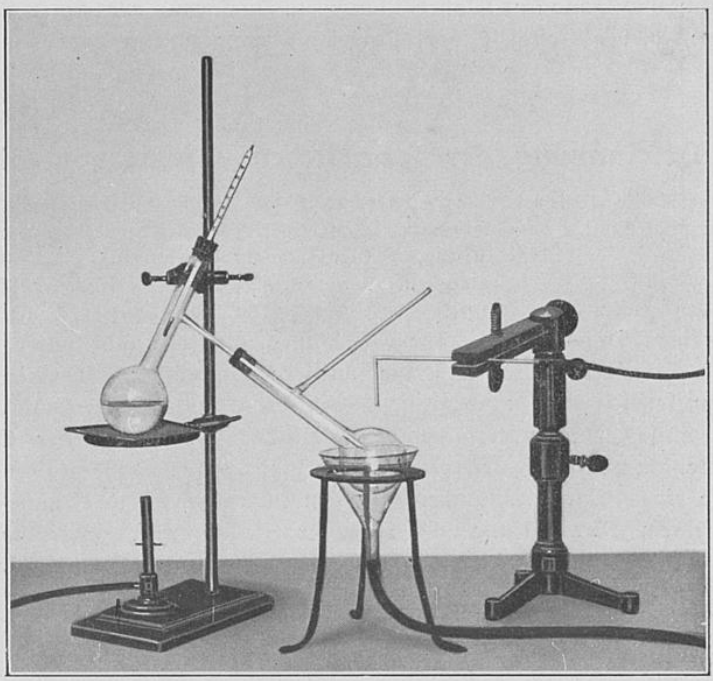
Zubehör: Rundkolben, Mensur, destilliertes Wasser, Glasperlen, Kork, Rückflußkühler, Thermometer, Dreifuß, Drahtnetz, 2 Schläuche, Brenner, Stativ mit Klemme, Tuch, Sieb, Wage, Gewichtssatz, Kochsalz, Löffel, Glanzpapier, Koordinatenpapier (2 mm).

6. Bestimmung des Siedepunktes einer Flüssigkeit.

a) Befestige mit Hilfe eines passend durchbohrten Korkens die Auslaßröhre eines Destillierkolbens [17]) so in dem Halse eines zweiten, daß ihr Ende bis in die Mitte der Kugel des zweiten Kolbens reicht und bei aufrechter Stellung des ersten Kolbens die Auslaßröhre des zweiten seitwärts gerichtet ist.

b) Fülle den ersten Kolben halb voll Wasser, füge einige Glasperlen hinzu, verschließe ihn mit einem Korken, der ein Thermometer trägt, schiebe dieses so weit vor, daß sein Quecksilbergefäß wenig unterhalb der Auslaßöffnung zu stehen kommt, und klemme die ganze Vorrichtung oberhalb dieser Auslaßöffnung an einem Stativ fest. Befestige an demselben Stativ unter dem aufrecht stehenden Kolben einen Ring mit Drahtnetz und Brenner, setze unter den zweiten einen Trichter, der bequem die Kugel des Kolbens faßt, und führe vom Trichterrohr einen Schlauch zum Wasserleitungsbecken.

c) Schiebe einen zweiten Schlauch über den Wasserleitungshahn, setze am andern Ende des Schlauches ein knieförmig gebogenes Glasrohr an und befestige dieses so über der im Trichter liegenden Kolbenkugel, daß, wenn der Wasserleitungshahn geöffnet wird, das Wasser gleichmäßig über die ganze Kugel spült und durch Trichter und Schlauch wieder abfließt.



d) Zünde den Brenner an. Lies, sobald das Wasser ein bis zwei Minuten im Sieden gewesen und das Thermometer zum Stillstand gekommen ist, die Temperatur der Wasserdämpfe ab und notiere sie.

e) Lösche den Brenner aus, laß den Apparat abkühlen, nimm ihn auseinander, schütte das Wasser bis auf die Glasperlen fort und spüle die Kolben zweimal mit wenig Alkohol aus.

f) Bestimme auf dieselbe Weise den Siedepunkt von Alkohol.

g) Soll der Siedepunkt von Äther bestimmt werden, so darf

man nicht mit der Flamme erhitzen, sondern nur dadurch, daß man nach Entfernung des Ringes eine Schale mit heißem Wasser unter den Kolben bringt und ihn durch Heben der Schale in das Wasser eintaucht. Um den Siedeverzug zu verhindern, empfiehlt es sich in diesem Falle, den Kolben mit einem Bleistift oder dergl. vorsichtig zu klopfen.

Zubehör: Zwei Destillationskolben, Glasperlen, Thermometer, Stativ mit Klemme und Ring, Drahtnetz, Brenner, Trichter mit Stativ und Schlauch, Wasserschlauch mit knieförmig gebogener Glasröhre, Sieb, Alkohol, Äther, Porzellanschale, Dreifuß.

7. Bestimmung der spezifischen Wärme von Glas.

(Spezifische Wärme eines Stoffes heißt die Anzahl Kalorien [cal.], die nötig sind, um 1 g des Stoffes um 1° zu erwärmen, oder umgekehrt, die 1 g des Stoffes abgibt, wenn es sich um 1° abkühlt.)

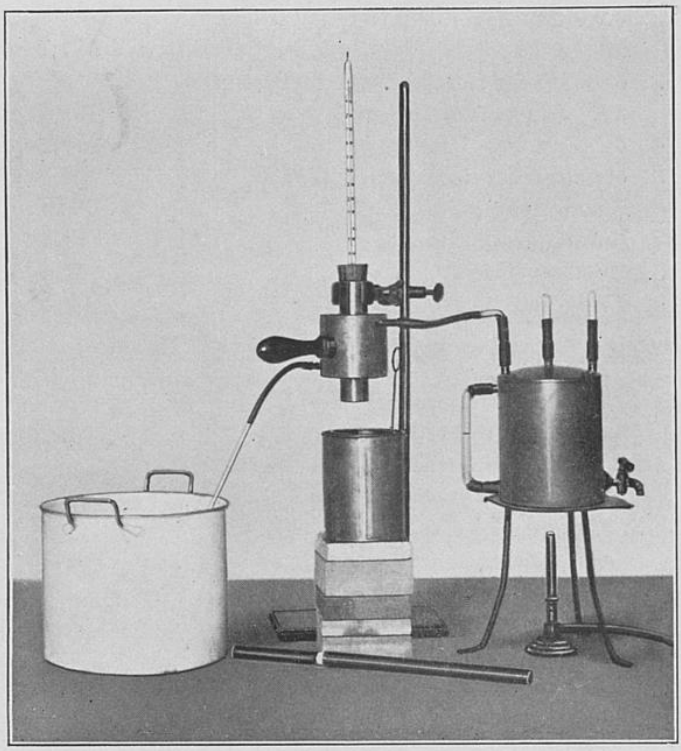
a) Fülle den Dampfkessel[18]) dreiviertel voll Wasser, setze ihn auf einen Dreifuß mit großem Drahtnetz und entzünde unter ihm einen Bunsenbrenner. Laß die mittlere Öffnung im Deckel des Dampfkessels zunächst noch offen. Entferne aus dem Heizmantel[19]) den Einsatz und untersuche durch Hindurchblasen, ob der Heizmantel auch nicht verstopft ist. Verbinde seine obere Röhre mit Hilfe eines Gummischlauches mit dem Dampfkessel und klemme ihn an seinem oberen Halse in senkrechter Stellung fest. Befestige an der unteren Röhre des Heizmantels einen zweiten Gummischlauch und hieran eine Glasröhre. Verschließe, sobald das Wasser im Kessel siedet, die Öffnung in seinem Deckel. Damit sich der aus dem Glasrohr heftig ausströmende Dampf nicht im Zimmer verbreite, kondensiere man ihn durch Einleiten in einen mit kaltem Wasser gefüllten Topf. (Nie die Flamme unter dem Kessel entfernen, wenn das Glasrohr sich im Wasser befindet!)

b) Bringe jetzt den Einsatz wieder in den Heizmantel zurück, drehe ersteren so weit wie möglich nach rechts herum, um die Bodenöffnung zu verschließen, schütte die Glasperlen in den Einsatz, verschließe ihn auch oben mit dem das Thermometer tragenden Korken und schiebe das Thermometer äußerst vorsichtig bis mitten zwischen die Glasperlen hinab. Man hüte sich, hierbei den Einsatz links herum zu drehen.

c) Nimm das Kalorimeter[20]) aus seiner Schutzhülle und wiege

es mitsamt dem Rührer. Gib ungefähr 250 ccm Wasser hinein, dessen Temperatur ungefähr 2° unter der des Zimmers liegt, wiege wieder und bringe das Kalorimeter in die Schutzhülle zurück.

d) Ist alles so vorbereitet und zeigt das Thermometer in den Glasperlen eine Temperatur zwischen 95° und 100°, so liest der



eine Beobachter an einem in das Kalorimeter eingebrachten Thermometer die Temperatur bis auf Zehntel Grade ab (sie muß ungefähr 2° unter der Zimmertemperatur liegen!) und hält das Kalorimeter, vor der Ausstrahlung des Dampfkessels durch einen Schirm aus Pappe geschützt, dicht unter den Heizmantel, während der zweite Beobachter die genaue Temperatur der Glasperlen abliest und den Einsatz, ihn am Korke fassend, linksherum dreht, so daß die Glasperlen, ohne Wasser zu verspritzen, in das Kalorimeter fallen.

Dieses wird sofort wieder entfernt, und unter fortwährendem Bewegen des Rührers die höchste Temperatur, die das Thermometer nach einiger Zeit angibt, beobachtet und notiert. Zum Schluß wird das Kalorimeter mit Inhalt (ohne Thermometer!) gewogen.

e) Die Ergebnisse werden in folgender Weise ins Heft eingetragen:

	Beispiel.
1. Gewicht des Kalorimeters $m =$	133,2 g
2. Gewicht des Kalorimeters mit Wasser $m + w =$	371,4 g
3. Gewicht des Kalorimeters mit Wasser und Glasperlen $m + w + p =$	462,7 g
4. Gewicht des Wassers $w =$	238,2 g
5. Gewicht der Glasperlen $p =$	91,3 g
6. Zimmertemperatur $t =$	19°
7. Anfangstemperatur $t_1 =$	17,1°
8. Endtemperatur $t_2 =$	21,4°
9. Temperatur der Glasperlen $T =$	98,5°

Stelle im ganzen drei solcher Versuche an.

f) 1. Um wieviel Grad ist das Wasser erwärmt worden?	4,3°
2. Wieviel Kalorien hat es hierbei aufgenommen?	$238{,}2 \cdot 4{,}3$ cal.
3. Um wieviel Grad ist das Messingkalorimeter erwärmt worden?	4,3°
4. Wieviel Grad hat das Kalorimeter hierbei aufgenommen, wenn die spezifische Wärme des Messings $s = 0{,}093$ ist?	$133{,}2 \cdot 0{,}093 \cdot 4{,}3$ cal.
5. Um wieviel Grad sind die Glasperlen abgekühlt worden?	77,1°
6. Wieviel Kalorien hat das Glas hierbei abgegeben, wenn die spezifische Wärme des Glases mit x bezeichnet wird?	$91{,}3 \cdot 77{,}1 \cdot x$ cal.
7. Welche Gleichung entsteht, wenn die aufgenommenen und abgegebenen Kalorien einander gleichgesetzt werden?	$4{,}3 \cdot (238{,}2 + 133{,}2 \cdot 0{,}093) = 91{,}3 \cdot 77{,}1 \cdot x$
8. Berechne daraus x.	$x = 0{,}153$ cal.

9. Berechne x aus allen drei Messungen und nimm das Mittel.

Zubehör: Dampfkessel, Dreifuß, Drahtnetz, Brenner, Heizmantel, 2 Thermometer, 2 Gummischläuche, Glasrohr, Topf, Stativ mit Klemme, Glasperlen, Kalorimeter, Schirm, Wage, Gewichtssatz, Sieb.

8. Bestimmung der Schmelzwärme des Eises.

(Schmelzwärme des Eises heißt die Anzahl von Kalorien [cal.], die nötig ist, um 1 g Eis von 0° zu Wasser von 0° zu schmelzen.)

a) Nimm das Kalorimeter aus der Schutzhülle und wiege es mitsamt dem Rührer. Fülle es mit ungefähr 250 ccm Wasser, dessen Temperatur annähernd 6° bis 7° über der Zimmertemperatur liegt, und wiege wieder. Stelle das Kalorimeter in seine Schutzhülle zurück.

b) Während nun der eine Beobachter an einem eingebrachten Thermometer die Wassertemperatur auf Zehntel Grade abliest und den Rührer anhebt, läßt der andere ein vermittelst eines Handtuches sehr sorgfältig abgetrocknetes Stück Eis von der doppelten Größe einer Walnuß unmittelbar aus dem Tuche in das Wasser des Kalorimeters unter den Rührer gleiten, ohne dabei Wasser zu verspritzen.

c) Beobachte unter fortwährendem, langsamem Bewegen des Rührers die tiefste Temperatur, die das Wasser im Kalorimeter annimmt. Entferne das Thermometer. Nimm das Kalorimeter aus der Schutzhülle und wiege es nochmals mit seinem Inhalt.

d) Schreibe die Beobachtungsergebnisse in folgender Form im Heft nieder:

	Beispiel.
1. Gewicht des Kalorimeters $m =$	122,5 g
2. Gew. d. Kal. mit Wasser $m + w =$	353,7 g
3. Gew. d. Kalorim. mit Wasser u. Eis $m + w + e =$	383,2 g
4. Gewicht des Wassers $m =$	231,2 g
5. Gewicht des Eises $e =$	29,5 g
6. Zimmertemperatur $t =$	22°
7. Anfangstemperatur d. Wassers $t_1 =$	31,2°
8. Endtemperatur des Wassers $t_2 =$	19,2°

e) Stelle im ganzen vier solcher Versuche an. Richte es bei den folgenden Versuchen so ein, daß die Anfangstemperatur eben-

soviel über der Zimmertemperatur liegt wie die Endtemperatur darunter, daß also angenähert $t_1 - t = t - t_2$ ist.

f) 1. Um wieviel Grad ist das Wasser abgekühlt worden?	12,0 °
2. Wieviel Kalorien hat es dabei abgegeben?	12,0 · 231,2 cal.
3. Um wieviel Grad ist das Messingkalorimeter abgekühlt worden?	12,0 °
4. Wieviel Kalorien hat es hierbei abgegeben, wenn die spezifische Wärme des Messings s = 0,093 ist?	12,0 · 122,5 · 0,093 cal.
5. Wieviel Kalorien hat die angewandte Menge Eis, um zu schmelzen, aufgenommen, wenn die Schmelzwärme (siehe oben) mit x bezeichnet wird?	29,5 · x cal.
6. Um wieviel Grad ist aber dieses Schmelzwasser von 0° noch erwärmt worden?	19,2 °
7. Wieviel Kalorien hat es hierbei noch aufgenommen?	19,2 · 29,5 cal.
8. Welche Gleichung entsteht, wenn man die abgegebenen und die aufgenommenen Wärmemengen einander gleichsetzt?	12,0(231,2 + 122,5 · 0,093) = 29,5 (x + 19,2).
9. Berechne daraus x.	x = 79,5 cal.

10. Berechne x aus allen vier Messungen und nimm das Mittel.

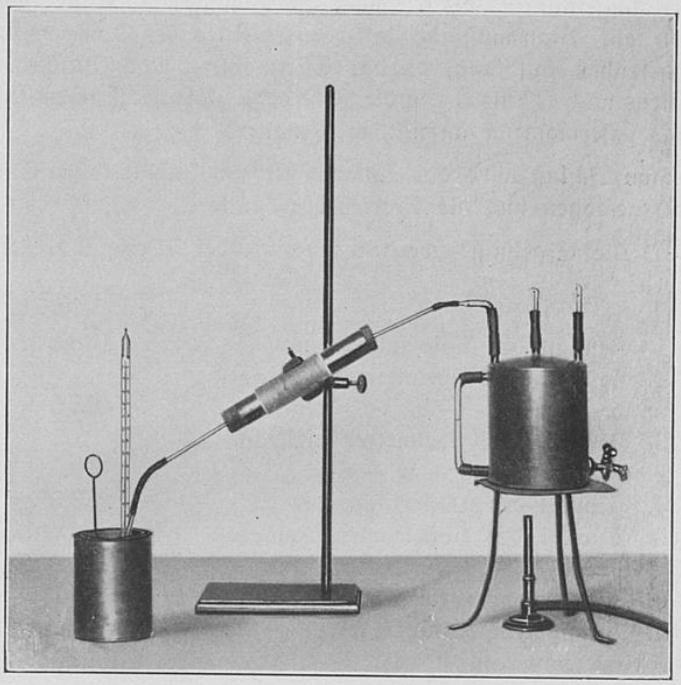
Zubehör: Kalorimeter, Thermometer, heißes Wasser[21]), Handtuch, Eis, Wage, Gewichtssatz.

9. Bestimmung der Dampfwärme des Wassers.

(Dampfwärme des Wasser heißt die Anzahl von Kalorien [cal.], die man einem Gramm Wasser von 100° zuführen muß, um es in Dampf von 100° zu verwandeln, oder umgekehrt, die 1 g Dampf von 100° abgibt, wenn es sich in Wasser von 100° verwandelt.)

a) Fülle den Dampfkessel dreiviertel voll Wasser, setze ihn auf einen Dreifuß mit großem Drahtnetz und entzünde unter ihm einen Bunsenbrenner. Laß die mittelste Öffnung im Deckel des Dampfkessels zunächst noch offen. Untersuche durch Hindurchblasen, ob

das Trockenrohr[22]) auch nicht verstopft ist. Verbinde es mit Hilfe eines kurzen Gummischlauches mit dem Dampfkessel und klemme es in etwas schräger Lage fest. Befestige am andern Ende des Trockenrohres einen zweiten kurzen Gummischlauch und hieran eine ungefähr 15 cm lange Glasröhre. Verschließe, sobald das Wasser im Kessel siedet, die Öffnung in seinem Deckel und laß den Dampf durch das Trockenrohr streichen. Damit sich der aus dem Glasrohr heftig



ausströmende Dampf nicht im Zimmer verbreite, kondensiere man ihn durch Einleiten in einen mit kaltem Wasser gefüllten Topf.

b) Nimm das Kalorimeter inzwischen aus seiner Schutzhülle und wiege es mitsamt dem Rührer. Gib ungefähr 250 ccm Wasser hinein, dessen Temperatur 6° bis 7° unter der des Zimmers liegt, wiege wieder und bringe das Kalorimeter in die Schutzhülle zurück. Vor der Ausstrahlung des Dampfkessels schützt ein Schirm aus Pappe.

c) Ist alles so vorbereitet, und ist der Dampf mindestens fünf Minuten durch das Trockenrohr gegangen, so wird die Flamme unter dem Dampfkessel so weit verkleinert, daß nur ein mäßiger Dampfstrom entweicht. Dann liest man an einem in das Wasser des Kalorimeters eingebrachten Thermometer die Temperatur bis auf Zehntel Grade ab, nimmt sofort das Glasrohr aus dem Wasser, spritzt es kurz ab und bringt es in das Wasser des Kalorimeters ungefähr 2 cm tief hinein. Unter fortwährendem Bewegen des Rührers beobachtet man das Steigen des Thermometers, da das Wasser ungefähr 6° bis 7° über die Zimmertemperatur erwärmt werden soll. Man muß aber mit dem Einleiten des Dampfes bereits etwas früher aufhören, da das Thermometer nach Aufhören des Einleitens noch 2° bis 3° in die Höhe geht. Die höchste Temperatur, die das Thermometer anzeigt, wird notiert.

Zum Schluß wird das Kalorimeter mit Inhalt (ohne Thermometer!) gewogen und die Trockenröhre entleert.

d) Die Ergebnisse werden in folgender Weise ins Heft geschrieben:

	Beispiel:
1. Gewicht des Kalorimeters $m =$	136,5 g
2. Gewicht des Kalorimeters mit Wasser $m + w =$	405,5 g
3. Gewicht des Kalorimeters mit Wasser und Dampf $m + w + d =$	410,7 g
4. Gewicht der Wasserfüllung $w =$	269,0 g
5. Gewicht des eingeleiteten Dampfes $d =$	5,2 g
6. Zimmertemperatur $t =$	20°
7. Anfangstemperatur $t_1 =$	14,4°
8. Endtemperatur $t_2 =$	25,6°

Stelle im ganzen drei solcher Versuche an.

e) 1. Um wieviel Grad ist das Wasser erwärmt worden?	11,2°
2. Wieviel Kalorien hat es hierbei aufgenommen?	269,0 · 11,2 cal.
3. Um wieviel Grad ist das Messingkalorimeter erwärmt worden?	11,2°

4. Wieviel Kalorien hat es hierbei aufgenommen, wenn die spezifische Wärme des Messings $s = 0{,}093$ ist?	$136{,}5 \cdot 0{,}093 \cdot 11{,}2$ cal.
5. Wieviel Kalorien hat die angewandte Menge Dampf bei ihrer Kondensation abgegeben, wenn die Dampfwärme des Wassers mit x bezeichnet wird?	$5{,}2 \cdot x$ cal.
6. Um wieviel Grad ist aber dieses Kondensationswasser von 100° noch abgekühlt worden?	74,4°
7. Wieviel Kalorien hat es hierbei abgegeben?	$5{,}2 \cdot 74{,}4$ cal.
8. Welche Gleichung entsteht, wenn die aufgenommenen und abgegebenen Kalorien einander gleichgesetzt werden?	$11{,}2 \cdot (269{,}0 + 136{,}5 \cdot 0{,}093) = 5{,}2 \cdot (x + 74{,}4)$
9. Berechne daraus x.	$x = 532$ cal.

10. Berechne x aus allen drei Messungen und nimm das Mittel.

Zubehör: Dampfkessel, Dreifuß, Drahtnetz, Brenner, Trockenrohr, zwei kurze Gummischläuche, Glasrohr, Stativ mit Klemme, Topf, Kalorimeter, Wage, Gewichtssatz, Thermometer, Schirm, Eis (im Sommer).

Anhang.

1. Maßstab 100 cm lang, Wichmann, Berlin, Karlstr. 13, Katalog-Nr. 526½, auf eichene Latte geklebt, besser als ein Holzmaßstab.
2. Überlaufgefäß, Leybold, Köln. Nr. 751. S. Abbildung bei I 1. Seite 8.
3. Schublehre „Kolumbus", Mädler, Berlin, Köpenicker Str. 64. Nr. 170.
4. Wage (zugleich mit kurzer Schale), Leybold, Köln. Nr. 10 672. S. Abbildung bei I 5. Seite 13.
5. Pyknometer, Eberhard vormals Nippe, Berlin, Platz v. d. neuen Tor 1a. Nr. 3306.
6. Glasschrot, erhältlich in jeder Schreibwarenhandlung.
7. Westphalsche Wage. Die Wage ist nach meinen Angaben von einem Schüler angefertigt worden; sonst Münke, Berlin, Luisenstr. 58. Nr. 4067. S. Abbildung bei I 11. Seite 19.
8. Millimeterpapier, Teilung 2 mm, Wichmann, Berlin, Karlstr. 13. Nr 103. Das gewöhnliche Millimeterpapier (Teilung 1 mm) eignet sich nicht für alle Zwecke.
9. Apparat für Steighöhen ist selbst angefertigt; sonst Leybold, Köln. Nr. 10 690. S. Abbildung bei I 12. Seite 21.
10. Jollys Federwage, Leybold, Köln. Nr. 538. S. Abbildung bei I 13. Seite 24.
11. Sphärometer, Leybold, Köln 1851.
12. Schmelzpunktröhrchen s. Gattermann, Die Praxis des organischen Chemikers, 5. Aufl., S. 62. 1000 Stück, von jedem Glasbläser zu beziehen, reichen viele Jahre.
13. Der Apparat ist selbst angefertigt worden; sonst Leybold, Köln. Nr. 10 806. S. Abbildung bei II 3. Seite 32.
14. Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten. Max Kohl, Chemnitz. Nr. 24 622. Sehr bequem, aber viel zu teuer. Der Apparat wird nur benutzt, weil er eben in der Sammlung vorhanden war.
15. Rundkolben. Stehkolben springen leicht. S. Abbildung bei II 5. Seite 35.
16. Rückflußkühler, Eberhard vormals Nippe, Berlin, Platz v. d. neuen Tor 1a. Nr. 2196. S. Abbildung bei II 5. Seite 35.

17. Destillierkolben, ebenda. Nr. 848. S. Abbildung bei II 6. Seite 37.
18. Dampfkessel aus Messing. Es empfiehlt sich nicht, den Wasserdampf aus einem Glasgefäße zu entwickeln, da es in den Übungen durchaus erforderlich ist, Glasapparate auf die notwendigsten zu beschränken. Leybold, Köln. Nr. 9517. S. Abbildung bei II 7 und II 9. Seite 39 u. 43.
19. Heizmantel. Leybold, Köln. Nr. 9565. S. Abbildung bei II 7. Seite 39.
20. Kalorimeter. Ebenda. Nr. 9562. S. Abbildung bei II 7 und II 9. Seite 39 u. 43.
21. Heißes Wasser ist bereit zu halten in einem gewöhnlichen kleinen emaillierten Teekessel, wie er in der Küche benutzt wird.
22. Trockenrohr aus Messing, selbst gefertigt, oder Leybold, Köln. Nr. 9567. S. Abbildung bei II 9. Seite 43.

Druck von A. W. Hayn's Erben, Berlin SW 68.

17. Destillierko I 6. Seite 37.

18. Dampfkesse Wasserdampf aus einem G gen durchaus erforderlich beschränken. Leybold, Kö 9. Seite 39 u. 43.

19. Heizmantel ei II 7. Seite 39.

20. Kalorimete ei II 7 und II 9. Seite 39

21. Heißes Wa en kleinen emaillierten T

22. Trockenroh Köln. Nr. 9567. S. Abbil