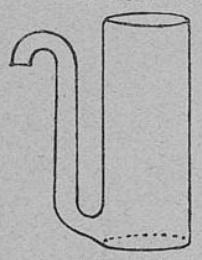
A. Volumenbestimmung. Bestimmung des spezifischen Gewichts.

I. Bestimmung des Volumens eines Körpers durch Flüssigkeitsverdrängung.

1. Mit dem Meßzylinder.

Man fülle einen Meßzylinder bis zu einer bestimmten Marke mit Wasser, Alkohol oder Benzin und bringe dann den zu untersuchenden Körper hinein. Der Unterschied der beiden Ablesungen ergibt das Volumen des Körpers. Man wiederhole den Versuch dreimal und nehme aus den erhaltenen drei Werten das Mittel.

2. Mit dem Überlaufgefäß.



Man fülle das Überlaufgefäß soweit mit der Verdrängungsflüssigkeit, daß diese auszulaufen beginnt, und stelle einen Meßzylinder unter das Überlaufgefäß. Senkt man dann den am besten an einem Faden befestigten Körper bis auf den Boden des Überlaufgefäßes, so fließt ein dem Volumen des Körpers gleiches Flüssigkeitsvolumen aus. Nachdem der Körper wieder entfernt und abgetrocknet, das Überlaufgefäß wieder gefüllt ist, senke man den zu untersuchenden Körper wieder ein und wiederhole den Versuch noch mehrere Male. Indem man nun das abgelesene Volumen durch die Anzahl der Versuche dividiert, erhält man das gesuchte Volumen des Körpers.

II. Bestimmung des Gewichts eines Körpers mit der Wage.

Besitzt die Wage eine Arretierung, so muß man die Gewichte bei arretierter Wage auflegen und fortnehmen. Die Gewichte und die zu wägenden Körper darf man nicht mit den Fingern, sondern nur mit der Pinzette anfassen. Mit Hilfe der Wasserwage und der Stellschraube stelle man die Wage senkrecht.

Soll man eine Wägung ausführen, so überzeuge man sich zunächst ob die Zunge der Wage auf dem Nullpunkt steht oder symmetrisch zu ihm schwingt. Ist das nicht der Fall, so suche man es durch Auflegen von Schrot oder Tariergranaten zu bewerkstelligen. Bei genaueren Wägungen ist es aber notwendig, den wahren Nullpunkt zu bestimmen. Das geschieht durch Schwingungsbeobachtungen. Man bezeichne am besten den mittelsten Teilstrich mit 10 und beobachte nun bei schwingender Wage 5 aufeinander folgende Umkehrpunkte, 3 links und 2 rechts von der Gleichgewichtslage. Addiert man die 3 Umkehrpunkte links und die 2 Umkehrpunkte rechts, bildet dann aus jeder Summe das Mittel und aus beiden Mitteln wieder das Mittel, so erhält man den Nullpunkt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Beispiel:

	Umkehrpunkte			Mittel	Nullpunkt
links . .	7,7	8,1	8,6	8,13	9,96
rechts . .	11,9	11,7		11,8	

Ist nun der Nullpunkt bestimmt, so lege man auf die eine Schale den zu wägenden Körper und auf die andere mit den größten Stücken des Gewichtsatzes beginnend ein Gewicht nach dem andern, bis man ein Stück gefunden, das etwas leichter, und eines, das etwas schwerer als der Körper ist. Nun lege man ein Gewicht auf, das in der Mitte zwischen den gefundenen beiden Gewichten liegt, und halbiere, zu immer kleineren Gewichten übergehend, die Differenz zwischen den zu großen und zu kleinen Gewichten.

III. Bestimmung des spezifischen Gewichts einer Flüssigkeit.

1. Mit dem Meßzylinder.

Man wäge einen Meßzylinder, lege dann zu den Gewichten noch 20 g hinzu und gieße solange die zu untersuchende Flüssigkeit in den Zylinder bis die Zunge der Wage symmetrisch zu dem nach der vorigen Aufgabe bestimmten Nullpunkte schwingt. Das Zugießen geschieht am besten mit einer Pipette. Die an der Glaswand sitzenden Tropfen beseitige man mit Fließpapier. Das Volumen der Flüssigkeit wird unter Benutzung eines Spiegels möglichst genau abgelesen. Die Differenz der ersten und zweiten Wägung ist das Gewicht der gemessenen Flüssigkeitsmenge. Ist V das Volumen der Flüssigkeit, p das Gewicht derselben, so ist $\frac{p}{V}$ = das spezifische Gewicht*).

2. Mit dem Pyknometer.

Das Pyknometer, ein enghalsiges Gläschen, reinige man sorgfältig, wiege es leer. Dann fülle man das Pyknometer mit der Flüssigkeit, setze den Stöpsel ein, trockne es außen ab und wiege es wieder. Der Unterschied der ersten und zweiten Lösung gibt das Gewicht der Flüssigkeit. Nun entleere man das Pyknometer, spüle und trockne es sorgfältig aus, fülle es mit destilliertem Wasser und wiege wieder. Aus der Differenz der ersten und dritten Wägung ergibt sich das Volumen der Flüssigkeit und aus dem absoluten Gewicht und dem Volumen das spezifische Gewicht der Flüssigkeit.

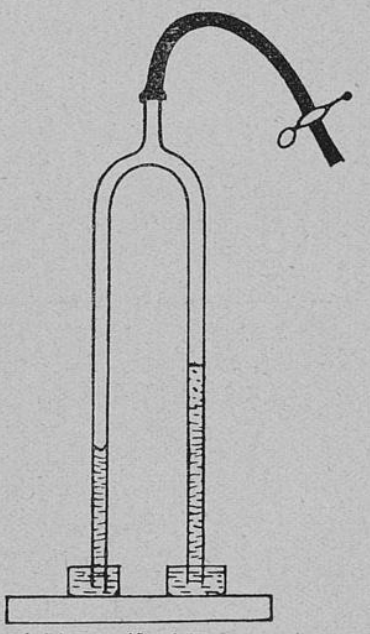
3. Aus Steighöhen mit dem Hydrometer.

Man befestige das Hydrometer, ein Doppelrohr von umstehender Form möglichst senkrecht an einem Stativ und stelle zwei Glasschalen, die eine mit Wasser, die andere mit der Flüssigkeit, deren spezifisches Gewicht bestimmt werden soll, unter. Man sauge nun vorsichtig an

*) Unter dem spezifischen Gewicht eines Körpers versteht man die Zahl, welche angibt, wieviel mal schwerer der Körper ist, als der gleiche Rauminhalt Wasser von 4° C. Das spezifische Gewicht ist also die Anzahl der Gramme, welche ein Kubikzentimeter des Körpers wiegt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dem Gummischlauch und schließe den Quetschhahn, wenn das Wasser möglichst hochsteht. Nun lese man den Stand der beiden Flüssigkeitssäulen über dem Flüssigkeitsspiegel in den Schalen ab. Da sich die Steighöhen umgekehrt wie ihre spezifischen Gewichte verhalten, so ist das spezifische Gewicht der Flüssigkeit, wenn H die Höhe des Wassers, h die Höhe der zu untersuchenden Flüssigkeit ist, gleich $\frac{H}{h}$. Man wiederhole den Versuch 5 mal und nehme aus den einzelnen Werten der spezifischen Gewichte das Mittel.



IV. Bestimmung des spezifischen Gewichts fester Körper mit der hydrostatischen Wage.

1. Der Körper ist schwerer als Wasser, aber im Wasser unlöslich.

Nachdem der Nullpunkt der Wage bestimmt ist, hänge man den zu wägenden Körper mit einem feinen Draht (Lamettafaden) an die kurze Wagschale und lege auf die andere Wagschale Gewichte, bis die Wage wieder im Gleichgewicht ist. So erhält man das absolute Gewicht P_1. Nun hebe man unter dem Körper ein Gefäß mit destilliertem Wasser empor, so daß der Körper auch bei schwingender Wage vollständig unter Wasser bleibt, und lege auf die kurze Schale Gewichte, bis die Schale bei völligem Eintauchen des Körpers wieder im Gleichgewicht ist. Das Gewicht des Körpers in der Flüssigkeit ist P_2. Die Differenz der ersten und zweiten Wägung $P_1 - P_2$ gibt das Volumen des Körpers. Durch Division des absoluten Gewichts und des Volumens erhält man das spezifische Gewicht $= \frac{P_1}{P_1 - P_2}$.

2. Der Körper ist spezifisch leichter als Wasser.

Schwimmt der Körper, so beschwere man ihn, um ihn unter Wasser wiegen zu können, durch Umwickeln mit Bleidraht oder durch Anhängen einer Blei- oder Messingkugel. Man bestimme nun den Auftrieb des Körpers mit dem Bleidraht, hierauf den des Bleidrahts allein und subtrahiere. Das übrige ergibt sich aus der vorigen Aufgabe.

3. Der Körper ist im Wasser löslich.

Löst sich der Körper im Wasser auf, so benutze man statt dessen eine Flüssigkeit von bekanntem spezifischen Gewicht, in der er sich nicht auflöst. (Alkohol, Petroleum). Ist dann s das spezifische Gewicht dieser Flüssigkeit, P das absolute Gewicht des Körpers, V das Volumen des Körpers, so ist sein spezifisches Gewicht $= \frac{P}{V} s$.

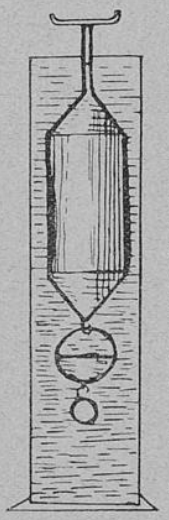
Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

V. Bestimmung des spezifischen Gewichts einer Flüssigkeit mit der hydrostatischen Wage.

Man hänge den Senkkörper (ein kleiner mit Quecksilber oder Schrot beschwerter Glaskörper) mit einem dünnen Draht oder Lametta an die kurze Schale einer hydrostatischen Wage und bestimme zunächst das Gewicht des Körpers an der Luft (P) und dann im Wasser (P_1). Sein Gewichtsverlust (p_1) gibt sein Volumen in ccm an. Nun wäge man den gleichen vorher gut getrockneten Senkkörper in der zu untersuchenden Flüssigkeit. Sein jetziger Gewichtsverlust (p) gibt das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge an, deren Volumen schon bestimmt ist. Das spezifische Gewicht ist dann $= \frac{p}{p_1}$.

VI. Bestimmung des spezifischen Gewichts von körnigen Substanzen mit dem Pyknometer.

Man wiege von der zu untersuchenden Substanz p Gramm ab und bringe sie und ein mit destilliertem Wasser gefülltes Pyknometer auf die Wage und tariere die Wage, d. h. man lege soviel Schrotkörner oder Tariergranaten auf die andere Wagschale, daß die Zunge einspielt. Man entleere nun das Pyknometer, schütte die Substanz hinein und gieße Wasser nach Nun wiege man wieder und bestimme das Gewicht p_1 des von der Substanz verdrängten Wassers. Das spezifische Gewicht ist dann $= \frac{p}{p_1}$.



VII. Bestimmung des spezifischen Gewichts eines Körpers mit der Nicholsonschen Senkwage.

Man lege den zu untersuchenden Körper auf die obere Schale der Nicholsonschen Senkwage, die aus einem zylindrischen Hohlkörper besteht, dessen unterer Teil mit Blei oder Quecksilber beschwert ist, und lege soviel Tariergranaten oder Schrotkörner hinzu, daß die Senkwage bis zu der an dem engen Halse befindlichen Marke eintaucht. Man sorge durch Drahtbügel dafür, daß die Wage nicht untertaucht. Dann ersetze man den Körper durch Gewichte p, sodaß die Wage wieder bis zur Marke eintaucht. Nun nehme man die Gewichte ab, lege den Körper in die untere Schale und auf die obere Schale soviel Gewichtsstücke p_1, daß die Senkwage wieder bis zur Marke eintaucht. Dann ist das spezifische Gewicht $\frac{p}{p_1}$.

VIII. Wie ändert sich das spezifische Gewicht einer Kochsalzlösung mit dem Prozentgehalt?

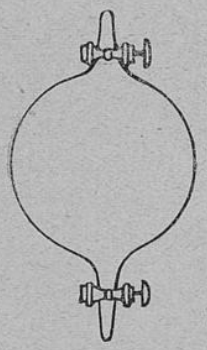
Man stelle eine 10, 20, 30, 40, 50 und 60 prozentige Kochsalzlösung her. Zu diesem Zwecke wäge man 10, 20, 30, 40, 50 und 60 g

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Kochsalz ab und füge der Reihe nach 90, 80, 70, 60, 50 und 40 g destilliertes Wasser hinzu. Die einzelnen Bechergläser etikettiere man und bestimme das spezifische Gewicht der Lösung mittels des Skalenaräometers Man trage die Ergebnisse in eine Tabelle ein. Ebenso stelle man sie graphisch dar, den Prozentgehalt als Abscissen, das spezifische Gewicht als Ordinaten.

B. Die Dichte der Gase und Dämpfe. Die Gasgesetze.

I. Bestimmung des Gewichts der atmosphärischen Luft.



Man benutze den in der Figur abgebildeten, mit 2 Glashähnen versehenen Glasballon. Man trockne den Ballon zunächst sorgfältig durch Hindurchsaugen von Luft und wiege ihn auf einer empfindlichen Wage. Nun evakuiere man soviel als möglich mit einer Wasserstrahlluftpumpe und wiege wieder. Schließlich tauche man den einen Hahn des Ballons in eine Schale mit Wasser und öffne ihn, Den Inhalt des Ballons messe man dann in einem Meßzylinder oder durch Auswiegen. Während des Versuchs beobachte man die Zimmertemperatur und den Barometerstand. Man berechne das Gewicht eines Liters Luft. Wie groß ist die absolute Dichte der Luft?

II. Bestimmungen der Dichte des Leuchtgases.

Man benutze denselben Glasballon, der bei der vorigen Aufgabe benutzt wurde, trockne ihn, wiege ihn leer, leite dann längere Zeit Leuchtgas von unten hindurch (Abzug) und wiege wieder. Man bestimme Zimmertemperatur und Barometerstand und berechne das spezifische Gewicht des Leuchtgases in Bezug auf Luft.

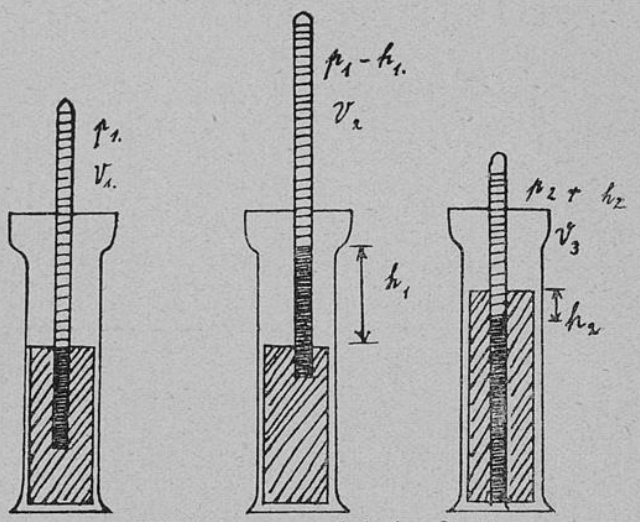
Beispiel: Setzt man die Dichte der Luft = 1, so berechnet sich die relative Dichte, z. B. des Wasserstoffes, nach der Proportion:

$$\text{Luft}: H = 1 : x$$
$$0{,}001\,293 : 0{,}000\,090 = 1 : x$$
$$x = 0{,}069\,6.$$

III. Das Boyle-Mariottesche Gesetz.

Man fülle ein möglichst langes Gasmeßrohr einmal zur Hälfte mit Luft, ein zweites Mal mit Sauerstoff über Quecksilber. Man verändere durch Herausziehen und Hinunterdrücken Druck und Volumen und bilde für beide Gase die jedesmaligen Produkte p v. Damit die Wärme der Hand keinen Einfluß ausüben kann, umwickle man das obere Ende des Gasmeßrohres mit Watte oder schiebe einen dicken Kork über das Ende des Rohres. (Abbildung auf umstehender Seite.)

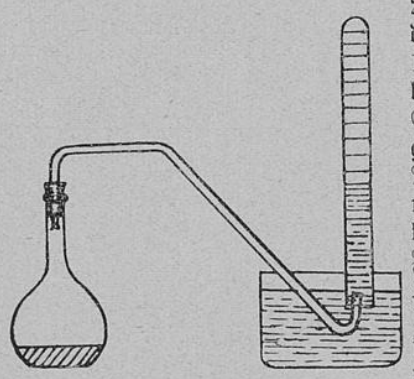
Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf



(Abbildung zum umstehenden Text.)

IV. Gay-Lussac'sches Gesetz.

Man bestimme durch Auswiegen den Inhalt V einer etwa 300 ccm fassenden Kochflasche und schließe in dieser bei Atmosphärendruck und 0° 273 ccm Luft ab. Man erreicht dies durch Eingießen von (V—273) 13,6 g Quecksilber. Den Flaschenhals verschließe man durch einen Stopfen, durch den ein 4mal umgebogenes Gasableitungsrohr geht. Die Flasche umgebe man zunächst mit Eis, bis die Luft auf 0° abgekühlt ist. Dann erwärme man die Flasche im Wasserbad zunächst auf Zimmertemperatur und schließlich auf 100 Grad. Die entweichende Luft fange man in einem Gasmeßrohr über Wasser auf. Um wieviel hat sich also 1 ccm der Luft bei der Erwärmung um 1° ausgedehnt?

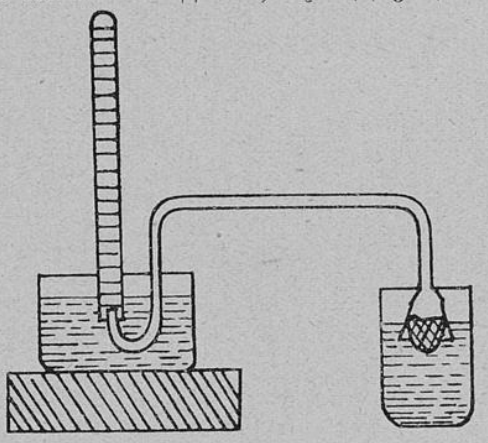


V. Avogadro'sches Gesetz.

In verdünnter Salzsäure löse man 1 g Marmor auf und fange das sich entwickelnde Gas über gesättigter Natriumchloridlösung auf, da Kohlendioxydgas teilweise von Wasser absorbiert wird. Man stelle denselben Versuch mit 0,65 g ($^1/_{100}$ Grammol) Zink dar. Das sich entwickelnde Wasserstoffgas fange man über Wasser auf. Man vergleiche die Volumen beider Gase. Um den Versuch auszuführen, benutze man eine Vorrichtung, wie sie das umstehende Bild zeigt. Sie besteht aus einem

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Glastrichter, dessen Ansatzrohr mehrere Male gebogen ist, und in dem der feste Körper mit einem Kupferdrahtnetz befestigt ist.



VI. Bestimmung der Dampfdichte nach Dumas.

Man wiege eine mit einer Spitze versehene Glaskugel (von etwa 200 ccm Inhalt) voll Luft, voll Dampf und dann voll Wasser. Die ersten beiden Wägungen führe man auf einer feinen Wage aus, für die Wägungen mit Wasser benutze man eine gröbere Wage.

Zur Füllung der Glaskugel mit der zu untersuchenden Flüssigkeit tauche man die Spitze in ein mit der Flüssigkeit gefülltes Becherglas und erwärme mit der Hand, sodaß Luftblasen austreten. Beim Abkühlen tritt dann die Flüssigkeit in den Ballon hinein. Nun bringe man die Glaskugel in ein Wasserbad und sorge dafür, daß nur die Spitze der Kugel aus dem Wasserbad herausreicht. Man befestige zu diesem Zwecke die Kugel in einem Drahtgestell oder klemme die Spitze in den durchlochten Deckel des Wasserbades fest. Nun bringe man das Bad zum Sieden und schmelze, wenn alle Flüssigkeit verdampft ist, während sich die Kugel noch im Bade befindet, die Spitze mit einer Stichflamme zu. Um jede Kondensation zu vermeiden, erwärme man die Spitze vorher ein wenig. Man untersuche, ob die Kugel wirklich zugeschmolzen ist, indem man die Kugel umdreht und beobachtet, ob ein regelmäßiger Luftstrom durch die an der Spitze befindliche, durch Kondensation entstandene Flüssigkeit perlt. Ist das der Fall, so ist es ein Zeichen, daß der Versuch mißlungen ist.

Man trockne nun den abgekühlten Ballon und wiege ihn, feile dann die Spitze mit einer scharfen Feile unter Wasser an und knicke die Spitze ab. Das Wasser, welches ausgekocht sein muß, strömt dann in den Ballon. Dann wiege man wieder (auch die Spitze mit). Ist nicht alle Luft durch den Dampf ausgetrieben, so fülle man den Ballon vollständig mit Wasser und wiege dann.

Beispiel: Liebig hat 1835 die Dampfdichte des von ihm entdeckten Acetaldehyd aus folgendem Versuch ermittelt: Ein Ballon, dessen Inhalt V = 289,5 ccm betrug (Gewicht des Ballons mit Wasser minus dem Gewicht des leeren

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ballons) wog mit Luft gefüllt 48,332 g, mit Acetaldehyddampf bei der Temperatur t = 53,5° und dem Barometerstand p = 751 mm 48,771 g. Die Temperatur während der Wägung war 12,8°. Es ist nun das Gewicht der von dem Ballon verdrängten Luft, da die Wägung bei 12,8° und 751 mm Druck vorgenommen wurde, folgendes:

$$V_0 = \frac{v \; p \; T_0}{p_0 \; T}$$

$$V_0 = \frac{289{,}5 \times 751 \times 272}{760 \times 285{,}8}$$

$$V_v = 273{,}1 \text{ ccm.}$$

Die 273,1 ccm entsprechen 273,1 : 0,001 29 = 0,352 3 g.

Das Gewicht des Aldehyddampfes D ist dann

$$D = 48{,}823\,3 - 48{,}332$$

$$D = 0{,}491\,3 \text{ g}$$

Dieses Gewicht nimmt bei 35,5° und 751 ccm Druck einen Raum von 289,5 ccm ein. Auf normalen Druck und normale Temperatur reduziert, beträgt dieselbe:

$$V_0 = \frac{v \; p \; T_0}{p_0 \; T}$$

$$V_0 = \frac{289{,}5 \times 751 \times 273}{760 \times 326{,}5}$$

$$V_0 = 239{,}3 \text{ ccm.}$$

Die auf Sauerstoff bezogene Dampfdichte ergibt sich dann aus der Proportion

$$\frac{0{,}001\,429 : 0{,}491\,3}{239{,}3} = 16 : x$$

$$x = 46.$$

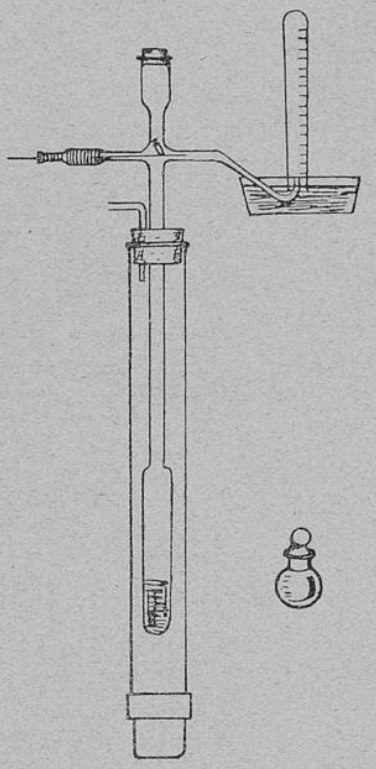
VI. Dampfdichtebestimmung durch Luftverdrängung nach Victor Meyer.

Der Apparat besteht aus einem langen Glasrohre, welches unten stark erweitert ist und oben durch einen Stopfen geschlossen werden kann. Unterhalb des oberen Endes trägt es ein seitliches enges Gasableitungsrohr. Das Ganze ist in ein weites Mantelrohr eingesenkt, welches die Heizflüssigkeit aufnimmt, deren Siedepunkt etwas höher liegen muß, als der bekannte Verdampfungspunkt der Flüssigkeit im engeren Rohr. Man tauche das Gasableitungsrohr in einen mit Wasser gefüllten Trog und erhitze solange, bis keine Luftblasen mehr entweichen, d. h. bis die Luft im inneren Gefäße die Temperatur des Dampfes angenommen hat. Dann schiebe man das Rohr unter ein mit Wasser gefülltes Gasmeßrohr, öffne den Stopfen, werfe rasch die in einem Gläschen abgewogene Substanz (ungefähr 0,1 g) in den Apparat, schließe das Rohr sofort wieder und warte bis keine Blasen im Zylinder mehr aufsteigen. Etwas Glas- oder Asbestwolle verhindern die Zertrümmerung des Gläschens. Besser ist es, die aus der Figur ersichtliche Fallvorrichtung zu benutzen.

Die Flüssigkeit verdampft nun und verdrängt ein ihrem Dampfvolumen gleiches Volumen erhitzter Luft, die sich in dem Gasmeßrohr ansammelt und auf die Temperatur t des Wassers abkühlt. Man lese das Volumen ab und gleichzeitig den Barometerstand, denn es steht unter dem Drucke des zu beobachtenden Barometerstandes, vermindert um

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

die in cm Quecksilber auszudrückende Höhe H der Wassersäule im Meßrohr und dem Dampfdruck des Wassers bei t°. Man berechne das Volumen V_0 im Normalzustand.



Beispiel: Bei der Verdampfung von 0,156 g Chloroform ergab sich folgendes: Das aufgefangene Luftvolumen bei t = 18° und p = 755 mm Druck war v = 33,1 cm. Die Höhe der Wassersäule im Meßzylinder H = 274 mm oder h = 20,1 mm Quecksilber $\left(h = \frac{H}{13,6}\right)$, die Dampfspannung des Wassers bei 18° f = 15,9 mm. Das gesuchte Volumen V_0 bei 0° und 760 mm Druck ergibt sich aus der Gleichung

$$p\,v = \frac{p_0 \; V_0 \; T}{T_0}$$

$$V\,v = \frac{p \; v \; T_0}{p_0 \; T} =$$

$$V_0 = \frac{(p - h - f) \; v \; T_0}{p_0 \; T}$$

$$V_0 = \frac{(755 - 20,1 - 15,3) \,.\, 33,1 \,.\, 273}{760 \,.\, 291}$$

$$V_0 = 29,4 \text{ cm.}$$

Die auf Sauerstoff = 16 bezogene Dampfdichte berechne man dann aus der Proportion:

$$0,001429 : \frac{0,156}{29,4} = 16 : x$$

$$x = 50,41.$$

C. Wärmelehre. Thermochemie.

I. Messung der von einem Bunsenbrenner gelieferten Wärme.

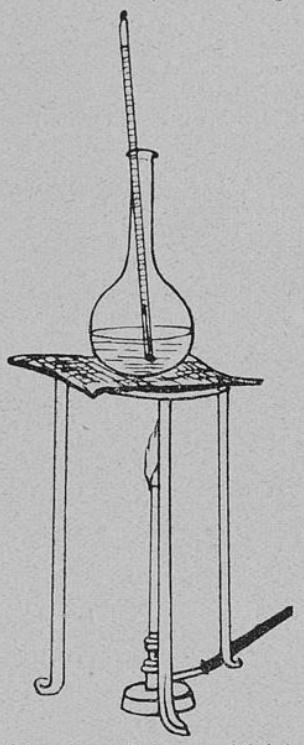
Man erhitze in einer Kochflasche zunächst 250 g destilliertes Wasser, dann 500 g 10 Minuten lang mittels einer Bunsenflamme (mit leuchtender und nicht leuchtender Flamme) und berechne aus der Anfangs- und Endtemperatur die Wärmemenge*), welche die Flamme in der Minute liefert. Man erwärme 250 ccm Glyzerin und dann 250 ccm Paraffinöl auf demselben Brenner. Welche Temperatursteigerung beobachtet man? Wieviel Kalorien sind also nötig zur Erwärmung von 1 g Glyzerin und Paraffinöl um 1°?

Beispiel: Um 250 g Wasser von 20° C auf 70° C zu erwärmen, waren 10 Minuten nötig, folglich gab der Brenner in jeder Minute (250×50) : 10 Kalorien = 1 250 Kalorien aus.

*) Die Einheit der Wärmemenge ist die Kalorie. Man versteht unter einer g-Kalorie diejenige Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 g Wasser in seiner Temperatur um 1° C zu erhöhen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

II. Bestimmung der Dampfwärme von Wasser.



Nachdem man durch den vorigen Versuch die Wärme, die ein Bunsenbrenner liefert, bestimmt hat, führe man folgenden Versuch aus. Man fülle eine Kochflasche mit 250 g Wasser, bringe das Wasser zum Sieden und unterhalte von da ab 10 Minuten lang das Sieden. Nachdem die Kochflasche abgekühlt ist, stelle man den Gewichtsverlust fest und berechne, wieviel Kalorien nötig waren, um 1 g Wasser von 100° in Dampf zu verwandeln.

Beispiel: Die Wägung ergab, daß der Kolben um 25 g leichter geworden war. Es waren also, um 1 g Wasser von 100° in Dampf zu verwandeln, wenn der Brenner (unter Berücksichtigung des vorigen Versuches) in der Minute 1250 cal. liefert, $1250 \times 10 : 25 = 500$ cal. nötig. [Genaue Messungen ergaben 537 cal.]

III. Übertragung latenter Wärme.

Man fülle zwei Erlenmeyerkolben mit je 100 g Wasser und setze ein Uförmig gebogenes Glasrohr in den durchbohrten Stöpsel des einen Kolbens ein. Das freie Ende des U-Rohres tauche man in das Wasser des anderen Erlenmeyers. Nun bringe man den ersten Erlenmeyer zum Sieden und leite den sich entwickelnden Dampf solange in den zweiten Kolben ein, bis auch dessen Inhalt siedet. Man stelle die Zeit vom Sieden des ersten Erlenmeyers bis zum Sieden des zweiten fest und bestimme gewichtsmäßig die Zunahme des Inhalts des zweiten und die Abnahme des Inhalts des ersten Kolbens.

IV. Bestimmung der Dampfwärme des Wassers.

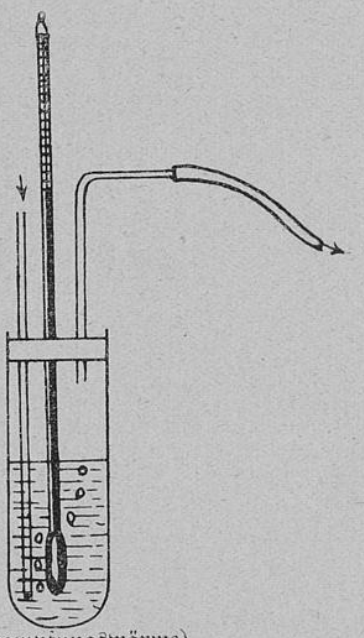
Man wiege ein Kalorimetergefäß erst leer, dann mit etwa 200 g Wasser und bestimme dessen Gewicht und Temperatur. Dann schicke man etwa 2 Minuten lang einen trockenen Dampfstrom in das Wasser und lese die Endtemperatur ab. Man wiege wieder, um das Gewicht der kondensierten Wassermenge festzustellen und berechne die von der gewogenen Wassermenge aufgenommene und von der kondensierten abgegebene Wärmemenge. Man berechne die Dampfwärme des Wassers x nach der im Beispiel angegebenen Formel. Den Dampf erzeuge man in einer großen Kochflasche (besser in einem Dampfapparat) und leite ihn durch einen Dampftrockner, eine Röhre durch deren Stopfen je ein bis an das gegenüberliegende Ende der Röhre reichendes Gasrohr geht.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Beispiel: Das Kalorimeter wog leer 200 g, mit Wasser von t^0 (18,2°) 550 g. Es befanden sich also 350 g Wasser im Kalorimeter. Nachdem 2 Minuten Dampf eingeleitet war, betrug die Temperatur des Wassers t_1 35°. Das Gewicht des Wassers hatte um 10 g (q) zugenommen. Die 10 g Dampf haben aber bei der Kondensation q x Kalorien und bei der Temperaturerniedrigung auf t_1° weitere q $[100-t_1]$ Kalorien abgegeben. Die p Gramm Wasser haben dagegen p $[t_1-t]$ Kalorien aufgenommen. Es ergibt sich nun für die Verdampfungswärme des Wassers x.

$$q\ (x+100-t_1) = p\ (t_1-t)$$
$$10\,(x+100-35) = 350\,(35-18{,}2)$$
$$x = 523 \text{ Kalorien.}$$

V. Bestimmung der Verdampfungswärme von Äther.



Man fülle ein Reagenzglas $^3/_4$ mit Äther, wiege es ab und verschließe es mit einem doppelt durchbohrten Kork. Durch die eine Öffnung führe man ein Glasrohr bis auf den Boden, durch die andere eines bis nahe unter den Kork. Das Reagenzglas befestige man mit einem Drahtbügel in einem auf einem Filzteller isoliert stehenden Becherglas (oder Kalorimetergefäß), sodaß die Aetheroberfläche einige cm tiefer steht als die Wasseroberfläche im Kalorimeter. Man bringe nun den Äther zum Verdunsten, indem man Luft durch ihn saugt (Wasserstrahlluftpumpe). Man beobachte den Gang des Thermometers. Ist $^2/_3$ des Äthers verdampft, so wiege man das Reagenzglas wieder, bestimme die Menge des verdampften Aethers und berechne daraus und aus der Wassermenge und der Temperaturabnahme des Kalorimeters die Verdampfungswärme des Äthers für ein Gramm (spezifische Verdampfungswärme).

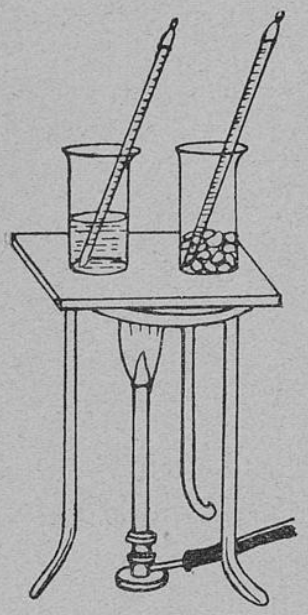
VI. Bestimmung der Mischungstemperatur.

Man mische 100 g Wasser von 25° C und 100 g Wasser von 50° C in einem isoliert stehenden Becherglas und bestimme die Mischungstemperatur. Man wiederhole den Versuch zweimal. Nun mische man 150 g Wasser von 50° C und 150 g von 75° C und bestimme wieder die Mischungstemperatur. Welche Wärmemenge hat also die erste Temperatur abgegeben? Welche die zweite aufgenommen? Man stelle rechnerisch fest, ob das Beobachtungsergebnis richtig ist.

VII. Bestimmung der Schmelzwärme von Eis.

1. Man setze zwei gleiche Bechergläser, von denen das eine 100 g Wasser von 0°, das andere 100 g Eis enthält, symmetrisch auf ein von unten möglichst gleichmäßig erwärmtes Eisenblech und bringe in beide

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf



je ein Thermometer. Man bestimme, nachdem alles Eis geschmolzen ist, die Temperatur des Eisschmelzwassers und die des anderen Wassers. Wie groß ist also die latente Schmelzwärme des Eises?

2 Man bringe in ein Becherglas, (oder besser in ein Kalorimetergefäß) das isoliert auf einem Filzteller steht, genau 500 g destilliertes Wasser von 18° und ein Stück mit dem Handtuch gut abgetrocknetes Eis von etwa 30 g, rühre mit dem Thermometer, ohne das Gefäß mit der Hand zu berühren, beide Stoffe solange um, bis das Eis gerade geschmolzen ist und stelle die Temperatur (t) des Wassers genau fest. Man messe nun die Wassermenge in einem Meßzylinder und stelle fest, wieviel Gramm (m) Eis geschmolzen ist. Wird dann noch die Temperatur des Eises (—2° C) bestimmt und die spezifische Wärme des Eises = 0,5°*) gemessen, dann ergibt sich die Schmelzwärme aus der Gleichung:

$$500\,(18 - t) = m\,(1 \cdot 0{,}5 + x \cdot t).$$

VIII. Bestimmung der Schmelzwärme von Natriumthiosulfat.

Da die ganze Wärmemenge, die zum Schmelzen irgend eines festen Körpers gebraucht wird, beim Erstarren der entstandenen Flüssigkeit wieder zum Vorschein kommt, so läßt sich die Schmelzwärme auf folgende Weise bestimmen: Man schmelze in einem trockenen Erlenmeyerkolben 50 g Natriumthiosulfat im Wasserbad und lasse die entstandene Flüssigkeit ohne zu schütteln auf Zimmertemperatur abkühlen. Dann leite man durch Einwerfen einiger Natriumthiosulfatkristalle die Kristallisation ein und beobachte den Zeitpunkt, an dem die Temperatur konstant bleibt. Die Differenz aus der Anfangs- und Endtemperatur ist die Schmelzwärme.

IX. Bestimmung des Schmelzpunktes von Naphthalin.

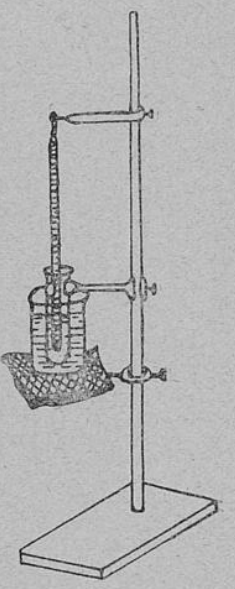
Man fülle ein Schmelzpunktsröhrchen etwa 5 mm hoch mit Naphthalin und befestige es mit einem übergeschobenen Stück Gummischlauch oder mit dünnem Messingdraht so an einem Thermometer, daß die Mitte des Naphthalins sich in gleicher Höhe mit der Mitte der Thermometerkugel befindet. Nun tauche man das an einem Stativ befestigte Thermometer in ein Becherglas, das mit Wasser gefüllt ist, etwa bis in die Mitte der Flüssigkeit ein. Unter fortwährendem Umrühren (mit einem Messingrührer) erwärme man nun, und lese die Temperatur ab, wenn die undurchsichtige Substanz plötzlich durchsichtig wird. Dann entferne

*) Unter spezifischer Wärme eines Körpers versteht man die Anzahl Kalorien, welche nötig ist, um 1 g Körper von 0° auf 1° oder ungenauer um 1° zu erhöhen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

man die Flamme und beobachte den Augenblick, in dem das Röhrchen wieder undurchsichtig wird. Man bilde das Mittel aus der Schmelz- und Erstarrungstemperatur und wiederhole den Versuch zweimal.

X. Bestimmung des Schmelzpunktes von Schwefel und Benzoësäure.



Man fülle ein weiteres Reagenzglas mit der zu untersuchenden Substanz bis nahe an den Rand und bringe das Thermometer hinein, sodaß der obere Teil des Quecksilberfadens gerade noch sichtbar ist. Dann erhitze man ein mit Paraffinöl gefülltes Becherglas auf 120° bezw auf 130°, senke das Reagenzrohr in das Becherglas ein und lese von $\frac{1}{2}$ Minute zu einer $\frac{1}{2}$ Minute die Temperatur ab. Die Ablesungen setze man fort, bis die Temperatur 115° bezw. 121° erreicht ist. Nun lasse man wieder abkühlen, bis die Temperatur längere Zeit konstant bleibt. Man erkennt den Schmelzpunkt daran, daß die Temperatur einige Zeit stationär bleibt. Die Versuchsergebnisse schreibe man tabellarisch auf (auch die Temperaturdifferenzen, d. h. die minütlichen Temperaturveränderungen) und stelle den Vorgang graphisch dar, indem man auf der Abscisse die verstrichene Minutenzahl, auf der Ordinate die abgelesenen Temperaturen einträgt. Man bestimme aus der Kurve den Schmelzpunkt von Schwefel und Benzoësäure.

XI. Versuche über Lösungswärme*).

1. Man leite in eine mit 250 ccm Wasser gefüllte Kochflasche, die auf einem Filzteller isoliert steht, 5 Minuten lang trocknes Chlorwasserstoffgas ein**). Die Kochflasche verschließe man durch einen dreifach durchbohrten Kork, durch dessen mittlere Öffnung das Thermometer geht; durch die beiden anderen führe man das Zu- und Ableitungsrohr für das Chlorwasserstoffgas. Man stelle die Anfangs- und Endtemperatur der Flüssigkeit fest. Um wieviel Grad hat die Temperatur zugenommen? Man bestimme durch Wägung, welche Gasmenge absorbiert worden ist.

2. Man gieße in ein 250 ccm Wasser enthaltendes Becherglas 25 ccm konzentrierte Schwefelsäure und bestimme die Anfangs- und

*) Man bezeichnet die Wärmemenge als Lösungswärme, welche 1 g eines Stoffes beim Lösen braucht oder entbindet.

**) Das Chlorwasserstoffgas stelle man in einer mit einem Hahntrichter versehenen Gasentwickelungsflasche aus Salmiak und konzentrierter Schwefelsäure her. Man trockne das Gas mit konzentrierter Schwefelsäure. Ist der Versuch beendet, so löse man sofort die Verbindung zwischen der als Kalorimetergefäß dienenden Kochflasche und dem Gasentwickelungsapparat, um ein etwa eintretendes Übersteigen der Flüssigkeit zu verhindern.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Endtemperatur der Flüssigkeit. Um wieviel Grad ist die Temperatur gestiegen?

3. Man bringe in ein an einem Halter befestigtes Reagenzglas in je 10 ccm Wasser je 5 g Kochsalz, Ammoniumnitrat, Kaliumnitrat, kristallisiertes Chlorcalcium und Phosphorpentoxyd und bestimme Anfangs- und Endtemperatur der Flüssigkeiten. Findet eine Temperaturerhöhung oder -erniedrigung statt?

XII. Bestimmung der Lösungswärme von Kaliumchlorid.

Man bringe in ein Becherglas, das isoliert auf einem Filzteller steht, genau 250 g Wasser von 18° und 5 g Kaliumchlorid von derselben Temperatur, rühre mit dem Thermometer*) beide Stoffe solange um, bis alles Salz gelöst ist, und stelle die Temperatur des Wassers genau fest. Die Lösungswärme von Kaliumchlorid x ist dann, bezogen auf sein Grammolekül

$$x = \frac{m}{s}(a+p)(t-t_1),$$

wenn s das Gewicht des Kaliumchlorids, m dessen Molekulargewicht, a die zur Lösung benutzten Gramm Wasser, p der Wasserwert des Bechergläses, t die Temperatur vor, t_1 die nach der Lösung ist.

XIII. Versuche über Hydrationswärme**).

1. Man löse 5 g Kaliumhydroxyd in 10 ccm Wasser und bestimme die Anfangs- und Endtemperatur.

2. Man entwässere etwa 10 g Kupfervitriol im Porzellantiegel (langsam erhitzen) und bringe das entwässerte und abgekühlte Salz zusammen mit einem Thermometer in ein reines, trockenes Reagenzglas, das an einem Halter befestigt ist oder in einem Fußglas steht. An dem Thermometer lasse man aus einer ausgezogenen Glasrohrspitze einige Tropfen Wasser herunter laufen und bestimme die Temperatur vor und nach dem Versuch.

3. Ebenso lasse man zu 5 g calciniertem Chlorcalium Wasser hinzufließen und bestimme die Anfangs- und Endtemperatur.

XIV. Bestimmung der Reaktionswärme.

Man stelle eine normale Lösung***) von Ammoniumchlorid her, bringe 25 ccm davon in ein kleines Becherglas und trage unter Umschütteln eine Messerspitze Magnesiumpulver in die Lösung ein. Die Anfangs- und Endtemperatur wird gemessen. Reaktionsgleichung!

---

*) Besser ist es das Salz in einen Korbrührer zu bringen und damit umzurühren.

**) Das abweichende Verhalten mancher festen Stoffe sich unter Wärmeentwickelung zu lösen, wird durch die Annahme erklärt, daß bei ihrer Lösung zunächst Verbindungen mit Wasser, sogenannte Hydrate entstehen. Dieser Vorgang erzeugt Wärme. Bei der Lösung von Kaliumhydroxyd entsteht zuerst $KOH + 2H_2O$, bei Calciumchlorid $CaCl_2 + 6H_2O$, bei Kupfersulfat $CuSO_4 + 5H_2O$. Die entstandenen Hydrate lösen sich unter Wärmebindung. (Siehe vorige Aufgabe).

***) Eine normale Lösung enthält das Grammolekül des betr. Stoffes im Liter gelöst.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

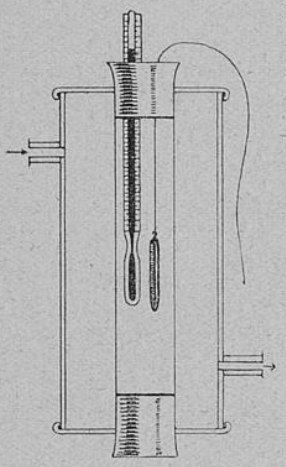
XV. Bestimmung der Neutralisationswärme.

Man fülle je ein Reagenzglas bis zu einer bestimmten Marke mit normaler Salzsäure, bezw. mit normaler Natronlauge und bringe die beiden Gläser und ein trockens Becherglas in einem Wasserbad auf gleiche Temperatur. Man gebe nun zuerst die Säure in das Becherglas und bestimme die Temperatur, dann gieße man die Natronlauge dazu. Nach erfolgter Neutralisation lese man die Temperatur t_1 ab. Welche Temperaturerhöhung ist eingetreten? Die gesuchte Neutralisationswärme x ist dann:

$$x = 2\,(t_1 - t)$$

XVI. Bestimmung der spezifischen Wärme*) einer festen Substanz nach der Mischungsmethode.

Man erhitze die Substanz, die an einem Zwirn- oder Seidenfaden befestigt ist, in dem umstehend skizzierten Dampfmantel auf ca. 100° etwa 15 Minuten bei kräftiger Dampfentwickelung. Den Dampf entwickele man in einer großen Kochflasche, (besser in einem Dampfapparat). Damit der ausströmende Dampf sich nicht im Zimmer verbreite, kondensiere man ihn durch Einleiten in kaltes Wasser. Unterdessen stelle man das Kalorimetergefäß bereit, fülle es mit 250 ccm Wasser und bestimme dessen Temperatur t genau. Nachdem dies geschehen, lese man die Temperatur T der zu untersuchenden Substanz ab und lasse diese, nach Öffnung des unteren Korkes, an dem Faden möglichst schnell in das Kalorimetergefäß, welches dazu erst im letzten Augenblick herangebracht worden ist. Unter fortwährendem Umrühren beobachte man das Thermometer und bestimme die Höchsttemperatur t_1. Nun nehme man das Thermometer heraus und wiege das Ganze. Das Gewicht sei P_1. Man gieße das Wasser ab, trockne die Substanz, Kalorimeter und Rührer mit Fließpapier und wiege wieder. Das Gewicht sei P_2. Dann wiegt der Wasserinhalt des Kalorimeters $p = P_1 - P_2$. Man entferne nun die Substanz und wiege Kalorimeter und Rührer allein, das Gewicht sei q, dann ist P das Gewicht der Substanz $= P_2 - q$ und die spezifische Wärme



$$= \frac{(p + w)\,(T - t)}{p\,(T - t)}$$

wenn w der Wasserwert des Kalorimeters mit Rührer ist, d. h. die Wärmemenge, welche man braucht, um es um 1° zu erwärmen. Der Wasserwert ist gleich dem Produkte aus dem Gewicht und der spezifischen Wärme. (Spezifische Wärme von Glas = 0,19, von Blech = 0,11.)

*) Nach dem Dulong-Petitschen Gesetz der gleichen Atomwärme beträgt das Produkt aus dem Atomgewichte A und der spezifischen Wärme W der im festen Aggregatzustande befindlichen Elemente zwischen 0 und 100° nahezu 6,4. Man erhält also das ungefähre Atomgewicht, wenn 6,4 durch seine spezifische Wärme dividiert wird.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

XVII. Bestimmung der spezifischen Wärme einer Flüssigkeit nach dem Erkaltungsverfahren.

Kühlen sich 2 verschiedene Flüssigkeiten von T^0 auf t^0 ab, so verhalten sich die hierbei abgegebenen Wärmemengen wie die zur Abkühlung erforderlichen Zeiten. Dieses Gesetz findet Anwendung bei der Bestimmung der spezifischen Wärme einer Flüssigkeit nach dem Erkaltungsverfahren.

Man wäge ein Kalorimetergefäß leer und bestimme seinen Wasserwert w. Man tariere das Kalorimetergefäß auf einer Wage und fülle es genau mit 25 g Wasser. Nun erwärme man in einem Wasserbad (oder Ostwalds Ofen) das Kalorimeter auf 85^0 und hänge es, wenn die Temperatur genau 80^0 ist (T), in ein Wasserbad ein, das mit kaltem Wasser gefüllt ist. Man notiere von Minute zu Minute den Stand des Thermometers, bis das Thermometer auf etwa 50^0 (t) gesunken ist. Es seien Z Sekunden. Hierauf trockne man das Kalorimeter, fülle es mit 25 g der zu prüfenden Flüssigkeit und verfahre ebenso. Es kühle sich von T^0 auf t^0 in z Sekunden ab. Bezeichnet man nun den Wasserwert des Kalorimeters mit w, die spezifische Wärme der zu untersuchenden Flüssigkeit mit x, so ist die vom Wasser abgegebene Wärmemenge

$$(25 \,.\, t + w)\,(T - t),$$

Die von der Flüssigkeit ausgestrahlte Wärme

$$(25 \,.\, x + w) + (T - t) \text{ cal.}$$

Es verhält sich also

$$(25 \,.\, t + w) : (25 \,.\, x + w) = Z : z.$$

Aus den erhaltenen Werten konstruiere man Kurven, welche den Gang der Abkühlung angeben, indem man die Minuten als Abscissen, die Temperaturen als Ordinaten einträgt.

XVIII. Bestimmung des Siedepunktes einer kleinen Flüssigkeitsmenge.

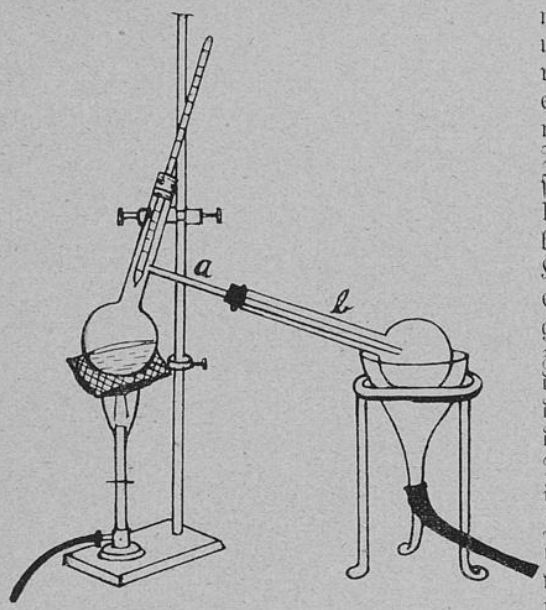
Der dazu nötige Apparat ist ein etwa 20 cm langes, enges Reagenzrohr. Einige cm vom oberen Rand ist durch Ausziehen der Wand eine feine Öffnung hergestellt worden.

Man fülle mit Hilfe einer außen abgewischten Kapillarpipette eine kleine Menge der Flüssigkeit, deren Siedepunkt bestimmt werden soll, in das Reagenzrohr ein und befestige in der oberen Öffnung mit einem Stück Gummischlauch ein Thermometer. Die Erwärmung nehme man im Ölbad vor. Der Siedepunkt ist erreicht, wenn Dampf aus der feinen Öffnung dringt. Den Versuch wiederhole man. Die feine Öffnung ist zuvor durch vorsichtiges Erwärmen zu trocknen

XIX. Bestimmung des Siedepunktes.

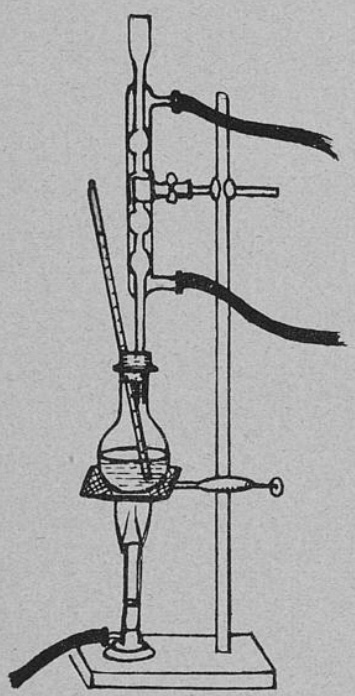
Man befestige die Auslaßröhre des Destillierkolbens a in dem Hals eines Kolbens b. Den ersten Kolben fülle man halb mit Flüssigkeit, gebe einige Glasperlen oder gut gereinigte Tariergranaten hinein und verschließe ihn mit einem Stopfen, der ein Thermometer trägt. Das Thermo-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf



metergefäß soll sich etwas unterhalb der Auslaßröhre befinden. Den ersten Kolben erhitze man nun vorsichtig, bis das Thermometer eine konstante Temperatur zeigt. Um Siedeverzug zu verhindern, klopfe man den Kolben a vorsichtig mit einem Bleistift oder dergleichen; der Kolben b, der zum Auffangen der aus den Dämpfen sich kondensierenden Flüssigkeit dient, muß gekühlt werden. Das geschieht, indem man ihn dauernd kühlt durch Zuleitung von frischem und Ableitung des erwärmten Wassers. (Siehe nebenstehende Zeichnung.)

XX. Wie ändert sich der Siedepunkt einer Kochsalzlösung mit dem Prozentgehalt?

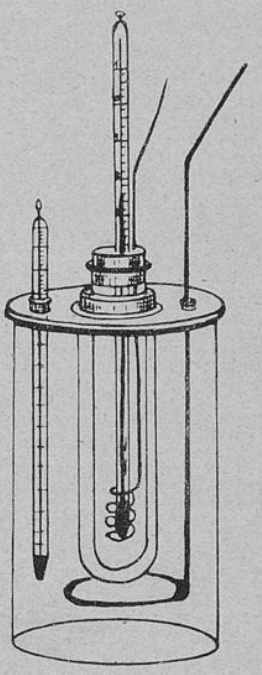


In eine Kochflasche fülle man zunächst 200 g destilliertes Wasser und einige reine Tariergranaten oder Glasperlen und verschließe sie durch einen doppelt durchbohrten Kork, der einen Rückflußkühler und ein bis in die Flüssigkeit reichendes Thermometer trägt. Den Rückflußkühler verbinde man mit der Wasserleitung bezw. dem Abfluß und bringe den Inhalt zum Sieden. Wenn das Thermometer nicht mehr steigt (nach ungefähr 2 Minuten) lese man die Temperatur ab. Nun stelle man 200 ccm einer 5 %igen Kochsalzlösung her und bestimme jetzt den Siedepunkt dieser Salzlösung. Ebenso bestimme man den Siedepunkt einer 10, 15, 20, 25 und 30-prozentigen Salzlösung und stelle das Ergebnis graphisch dar, indem man den Prozentgehalt als Abcissen und die Temperaturen als Ordinaten auf Millimeterpapier aufträgt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

D. Molekulargewichtsbestimmung in Lösungen.

I. Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung einer Lösung.



Um die Gefrierpunktserniedrigung einer Lösung zu bestimmen, benutze man den umstehend abgebildeten Beckmannschen Apparat. Er besteht aus einem weiten Reagenzglase, welches einen doppelt durchbohrten Kork trägt. Durch die eine Bohrung geht ein empfindliches Thermometer, durch die andere ein Metallrührer. Das Reagenzglas ist mittels eines Korkringes in einem weiteren Glase befestigt. Die zwischen beiden befindliche Luftschicht dient als Schutzmantel und muß sorgfältig trocken gehalten werden. Das Mantelgefäß ruht mit seinem Rand auf dem Deckel eines Batterieglases. Der Metalldeckel trägt ein zweites Thermometer für die Kältemischung, mit der das Batterieglas beschickt wird.

Man bringe mit einer Pipette 25 ccm Wasser in das innere Gefriergefäß*). Während das Wasser sich abkühlt, wiege man dreimal 2,85 g Rohrzucker ab. Ist unterdessen die Temperatur des Wassers unter Null gesunken, so löse man die Eisausscheidung durch plötzliches, heftiges Rühren aus. Das Thermometer steigt und man lese es genau ab. Dann nehme man das Gefäß heraus, taue das Eis mittels der Handwärme auf und mache, nachdem man Mantel und Gefriergefäß abgetrocknet hat, in derselben Weise eine neue Bestimmung.

Hat man den Gefrierpunkt des Lösungsmittels genau bestimmt, so werfe man eine Zuckerportion hinein und bestimme die Gefrierpunktserniedrigung. Dann gebe man die zweite und schließlich die dritte Zuckermenge hinein und arbeite in derselben Weise. Man stelle die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen. In welcher Beziehung stehen Gefrierpunkt und Konzentration zu einander? Um wieviel Grad sinkt also der Gefrierpunkt durchschnittlich für 1 g Zucker? Wieviel beträgt die Gefrierpunktserniedrigung für 1 Grammolekül = 342 g Zucker?

2. Man bestimme den Gefrierpunkt einer Harnstofflösung, welche 2 bezw. 4 und 6 g Harnstoff auf 100 g Wasser enthält. Wie groß ist hier die molekulare Gefrierpunktserniedrigung für 1 Grammolekül Harnstoff = 60,11 g? Welche molekulare Gefrierpunktserniedrigung haben demnach äquimolekulare wässrige Lösungen?

---

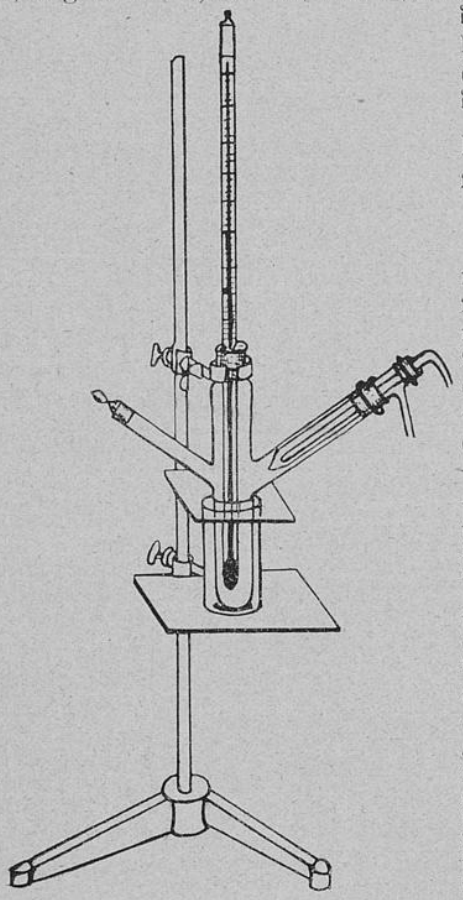
*) Die Lösung im Kältebad muß höher stehen als das Wasser im inneren Gefäß.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

3. Man fülle mit einer Pipette in das gut getrocknete Gefriergefäß 25 ccm Benzol*) und bestimme zunächst den Gefrierpunkt des Lösungsmittels. Dann gebe man in das Benzol 3,2 g Naphthalin und dann nochmal 3,2 g und bestimme für beide Lösungen die Gefrierpunktserniedrigung. Man berechne die molekulare Gefrierpunktserniedrigung für Benzol.

4. Man wiege etwa 2,5 g Benzophenon ab und bringe die Substanz in das 25 ccm Benzol enthaltende Gefriergefäß und bestimme den Gefrierpunkt. Wie groß ist das Molekulargewicht des Benzophenons, wenn die molekulare Gefrierpunktserniedrigung des Benzols $= 50^0$, g das Gewicht der Substanz und $t - t_1$ die beobachtete Gefrierpunktserniedrigung ist? (t ist der Erstarrungspunkt des Lösungsmittels, t_1 der der Lösung). Es ist dann $M = 50 \cdot \frac{g}{t - t_1}$

5. Man fülle in das Gefriergefäß**) 25 ccm Wasser, löse darin 1,46 g Natriumchlorid auf und bestimme die Gefrierpunktserniedrigung dieser Lösung, welche einer Zuckerlösung mit 8,55 g Zuckergehalt äquimolekular ist. Worin besteht die Ursache der Abweichung?



II. Bestimmung der Siedepunktserhöhung einer Lösung.

Um eine genaue Bestimmung der Siedepunktserhöhung vornehmen zu können, benutze man den umstehend abgebildeten Beckmannschen Apparat. Das Siedegefäß besitzt 2 seitliche Ansätze, von denen der eine zum Einführen eines inneren Kühlers

*) Um Benzol zu reinigen, stelle man die damit gefüllte Flasche in Eiswasser und gieße die Flüssigkeit, aus welcher bei etwa 5° das Benzol auskristallisiert ist, fort.

**) Zur Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung kann man auch das Eykmannsche Depressimeter benutzen. Dasselbe besteht aus einem kurzen Thermometer, welches in $\frac{1}{20}$ Grade geteilt ist und unten in den Hals eines Kölbchens eingeschliffen ist. Das Ganze befindet sich in einem Glaszylinder, in dem es oben durch einen Stopfen, unten durch Watte festgehalten wird. Letztere soll zugleich dazu dienen, die Abkühlung gleichmäßiger zu gestalten

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dient, und ist oben durch einen Kork, welcher das Thermometer trägt, verschlossen. Er ruht, umgeben von Asbestwolle, auf einem mit einer Asbesteinlage versehenen Drahtnetz. Der unten offene und oben durch eine Asbest- oder Glimmerplatte bedeckte Glaszylinder schützt es gegen äußere Abkühlung. Bei Substanzen, welche über 100° sieden, genügt bloße Luftkühlung, bei unter 100° siedenden kommt der Kühler in Anwendung.

Man bestimme zunächst den Siedepunkt des reinen Wassers, indem man das Siedegefäß mit einer bestimmten Menge Wassers füllt, und gebe, um ein Überhitzen zu vermeiden und ein regelmäßiges Sieden zu bewirken, reingewaschene Tariergranaten oder Glaskugeln in das Siedegefäß. Man erhitze zunächst mit stärkerer Flamme zum Sieden und reguliere diese solange, bis während 5 Minuten die Temperatur konstant bleibt.

1. Nun ermittle man die Siedepunkte der Lösungen, welche auf je 100 g Wasser die Zuckermenge von 11,4, 22,8 und 34,2 g enthalten. Man stelle die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen. Wie verhalten sich Siedepunkt und Konzentration zu einander? Um wieviel Grad steigt der Siedepunkt durchschnittlich für 1 g Zucker? Wieviel beträgt die Siedepunktserhöhung für 1 Grammolekül = 342 g Zucker?

2. Man bestimme nun den Siedepunkt einer Harnstofflösung, welche 2, bezw. 4 und 6 g Harnstoff auf 100 g Wasser enthält in derselben Weise. Wie groß ist die Siedepunktserhöhung für 1 Grammolekül = 60,11 g Harnstoff? Welche molekularen Siedepunktserhöhungen haben demnach wässrige äquimolekulare Lösungen?

3. Man bestimme den Siedepunkt einer Traubenzuckerlösung, welche 18,5 g Traubenzucker auf 100 g Wasser enthält. Wie groß ist das Molekulargewicht des Traubenzuckers, wenn die molekulare Siedepunktserhöhung des Wassers 5,2°, g das Gewicht der gelösten Substanz und $t_1 - t$ die beobachtete Siedepunktserhöhung ist. (t ist der Siedepunkt des reinen Lösungsmittels, t_1 der der Lösung). Es ist dann

$$M = 5{,}2 \cdot \frac{g}{t_1 - t}.$$

4. Man bestimme die Siedepunktserhöhung einer Lösung von Natriumchlorid, welche 5,85 g Salz auf 100 g Wasser enthält, also einer Harnstofflösung, welche 6 g Harnstoff auf 100 g Wasser enthält, äquimolekular ist. Man erkläre die Ursache der Abweichung.

III. Versuche über den Dampfdruck von Lösungen.

1. Ein einseitig geschlossenes Rohr (Barometerrohr) von 100 cm Länge, 1 cm Durchmesser und 1,5 mm Wandstärke fülle man mit möglichst reinem Quecksilber, drehe es mit dem Finger verschlossen in Quecksilber um und befestige es senkrecht an einem Stativ. Mit einer Hakenpipette oder einer kleinen Hakenspritze lasse man einige Tropfen Wasser über das Quecksilber steigen, soviel, daß nicht alles verdampft.

Man bringe noch mehr Wasser hinein und stelle fest, ob der Dampfdruck von der Wassermenge abhängt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

2. In der gleichen Weise bringe man erst eine kleinere, dann eine größere Menge Äther in das frischgefüllte Rohr. Man neige dabei das Rohr, bis das Quecksilber anstößt, da sonst das Rohr leicht zertrümmert werden kann. Man erwärme das mit Ätherdampf gefüllte Rohr mit der Hand, kühle es dann durch Aufgießen von Äther wieder ab und messe jedesmal den Quecksilberstand.

3. Man fülle ein kleines Stöpselgläschen, wie sie zur Dampfdichtebestimmung von Hoffmann dienen, mit einer Lösung von 12,2 bezw. 24,4 g Benzoësäure in Äther und lasse es mit dem Stöpsel nach unten in dem mit Quecksilber gefüllten Barometerrohr aufsteigen. Wenn sich nach einiger Zeit das Quecksilberniveau konstant eingestellt hat, stelle man den Quecksilberstand fest. Wie verhält sich der Dampfdruck des reinen Lösungsmittels zu dem der Lösung? Wie verhält sich die Dampfdruckverminderung zu der Menge der gelösten Substanz?

E. Chemische Statik und Kinetik.

I. Löslichkeitserniedrigung durch Zusatz gleicher Ionen.

1. Zu einer bei 18° gesättigten Lösung von Kaliumchlorat füge man eine solche von Kaliumchlorid. Was beobachtet man? Man erkläre den Vorgang.

2. Man gebe zu einer gesättigten Kochsalzlösung etwas starke Salzsäure oder zu einer Baryumchloridlösung Natriumchloridlösung. Was geschieht?

II. Erzeugung eines Niederschlags durch Störung des Gleichgewichtszustandes.

Man füge zu einer Lösung von Kaliumchlorid, zunächst wenig stark verdünnte Natronlauge, dann Natronlauge in größerer Menge. Was beobachtet man? Erklärung!

Zu einer Lösung von Magnesiumsulfat gebe man hinreichend Ammoniumchloridlösung und dann wenig Natronlauge. Warum erhält man keinen Niederschlag? Wann kann erst ein Niederschlag entstehen?

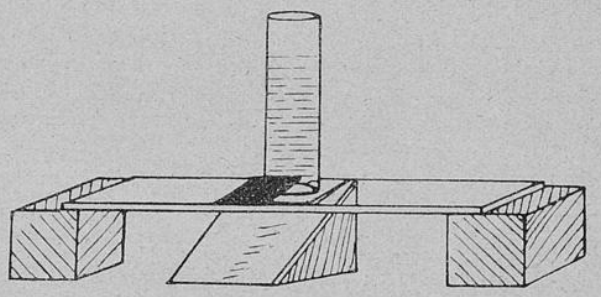
III. Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit.

Man löse 10 g Jodkalium in 250 ccm Wasser und 20 g Natriumchlorat in 500 ccm Wasser auf. Man fülle einen 250 ccm fassenden Kolben zwei Drittel mit Wasser, füge 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure hinzu, schüttele um, verdünne bis zur Marke und lasse erkalten. 5 g Stärke verreibe man mit Wasser und trage sie in 250 g siedendes Wasser ein (die Flamme ist vorher zu entfernen). Nach dem Umrühren kühle man schnell ab.

Die unten angegebenen Mengen von Natriumchlorat, Jodkalium und Stärke gieße man in einen gut gereinigten Literkolben und verdünne sie soweit, daß noch reichlich 20 ccm bis zur Marke fehlen. Man schüttele kräftig durch, und setze die Säure zu einer bestimmten Zeit zu und verdünne bis zur Marke. Nach abermaligem Umschütteln fülle man mit

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der Flüssigkeit einen Glaszylinder und stelle ihn auf zwei nebeneinander gelegte Glasplatten, von denen die eine blau (Kobaltglas), die andere farblos ist. Diese werden von einem auf zwei 10 Zentimeter hohen Holzklötzen ruhenden Fensterglasstreifen getragen und von unten her mittels eines Spiegels beleuchtet. Der Zylinder steht halb auf der



blauen, halb auf der farblosen Platte. Die Kante, mit der die zwei Gläser aneinander stoßen, ist den einfallenden Lichtstrahlen parallel. — Man bringe das Auge an die Öffnung des Zylinders und merke den Zeitpunkt, an dem die beiden Bodenhälften gleich dunkel erscheinen. Die Zeit vom Einfügen der Schwefelsäure bis hierher gebe man in Sekunden an.

Zu jedem Versuch verwende man 2—3 ccm Stärkelösung und 20 ccm Schwefelsäure, außerdem

zum 1. Versuch: 30 ccm Jodkalium und
30 „ Natriumchlorat;
zum 2. Versuch: 15 ccm Jodkalium und
30 „ Natriumchlorat;
zum 3. Versuch: 15 ccm Jodkalium und
45 „ Natriumchlorat;
zum 4. Versuch: 15 ccm Jodkalium und
60 „ Natriumchlorat;
zum 5. Versuch: 15 ccm Jodkalium und
30 „ Natriumchlorat, benutze aber zum Verdünnen Wasser von 50°;
zum 6. Versuch: 15 ccm Jodkalium und
30 „ Natriumchlorat,
dazu 5—10 „ Eisensulfatlösung;
zum 7. Versuch: 15 ccm Jodkalium und
30 „ Natriumchlorat,
dazu 2 Tropfen Kaliumdichromatlösung;
zum 8. Versuch: 15 ccm Jodkalium und
30 „ Natriumchlorat,
dazu 10—12 Tropfen Kaliumdichromatlösung.

Man schreibe die Ergebnisse tabellarisch auf. In welcher Beziehung stehen also Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentration zu einander? Wodurch wird die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht?

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

F. Einige Versuche zur Erklärung der Ionentheorie. Elektrolyse.

I. Übergang aus dem molekularen in den Ionenzustand.

1. Man vermische etwas gepulvertes Kupfersulfat mit gepulvertem Chlorbaryum. Tritt eine Umsetzung ein?

Man bringe das Gemisch in ein Reagenzglas und gebe Wasser hinzu. Was beobachtet man? Welchen Einfluß übt also das Wasser auf die Stoffe aus?

2. Man schüttele in einem Reagenzglas wasserfreies Ligroin mit trockner Pikrinsäure. Welche Farbe hat die Lösung? Man schüttele mit etwas Wasser aus und beobachte die Farbenänderung. Worauf ist diese zurückzuführen?

Man setze der Lösung starke Salzsäure zu und dann Natron- oder Kalilauge. Welche Farbe zeigt die Lösung nach Zusatz starker Salzsäure und wie ändert sich diese beim Zugießen von Kali- oder Natronlauge? Erklärung!

3. Man fülle je ein Reagenzglas mit einer Lösung von Bleinitrat, Kupfersulfat und Quecksilberchlorid und hänge in jedes Glas einen Zinkstreifen ein. Was bemerkt man an dem Zinkstreifen? Erkläre den Versuch und schreibe die Ionengleichungen auf.

4. Man hänge in ein mit Kupfersulfatlösung gefülltes Reagenzglas einen Eisennagel, in ein anderes ein Stück Bleiblech. In ein mit Sublimatlösung gefülltes Glas bringe man ein Stück Kupferblech. Weshalb erfolgt eine Ausscheidung von Kupfer bezw. Quecksilber? (Lösungstension).

II. Verschiedene Färbung der Moleküle und ihrer Ionen.

1. Man stelle eine konzentrierte Kupferchloridlösung her. Welche Farbe hat dieselbe? Man verdünne die Lösung mit Wasser. Welche Farbenänderung tritt ein? Erkläre dieselbe!

2. Man verdünne eine konzentrierte Kupferbromidlösung mit Wasser. Wie färbt sich die Lösung? Erkläre die Farbenänderung!

3. Man gebe zu einer alkoholischen Kobaltchlorürlösung Wasser hinzu. Was beobachtet man?

4. Man erwärme eine wässrige Kupferchloridlösung. Welche Farbenänderung tritt ein? Warum erfolgt diese? Man lasse die Lösung wieder abkühlen. Was tritt ein?

5. Welche Farben haben also die Cu-Ionen und Co-Ionen? Erkläre den Farbenwechsel beim Entwässern von Kupfersulfat!

III. Einfache und komplexe Ionen.

1. Man gebe zu einer Kaliumchloridlösung etwas Silbernitratlösung. Was geschieht? Man versetze eine Lösung von Kaliumchlorat mit Silbernitratlösung. Warum unterbleibt die Ausfällung von Chlorsilber?

2. Man setze zu einer Lösung von Eisenvitriol Kalilauge. Was für ein Niederschlag entsteht? Man versetze eine Lösung von Cyankali (starkes Gift) mit einigen Tropfen Eisenvitriollösung und gebe dann

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Cyankalilösung bis zur Lösung des Niederschlags hinzu. Man versetze jetzt diese Lösung, welche Kaliumferrocyanid enthält, mit Kalilauge. Warum tritt keine Reaktion ein?

IV. Leiter und Nichtleiter.

Man fülle einen kleinen Glastrog mit destilliertem Wasser, hänge zwei gut gereinigte und in destilliertem Wasser abgespülte Platinelektroden, wenigstens 10 cm von einander entfernt, ein. Die eine Elektrode verbinde man mit einer Stromquelle, die andere mit einem Galvanometer und schließe den Stromkreis. Ist ein Ausschlag des Zeigers zu bemerken? Man ersetze dann das Wasser durch Alkohol, 5% bezw. 10% Zuckerlösung, verdünnte Salzsäure, verdünnte Kalilauge, und schließlich durch eine verdünnte Kochsalzlösung. Welche Lösungen leiten den Strom, und wie bezeichnet man diese?

V. Wodurch wird die Leitfähigkeit begünstigt?

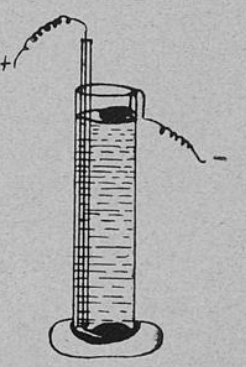
An die Schmalseiten eines Akkumulatorenglases hänge man zwei bis auf den Boden reichende Zinkstreifen und gieße in das Gefäß ein abgemessenes Volumen einer konzentrierten Zinksulfatlösung. Das eine Zinkblech verbinde man mit einer Stromquelle, das andere mit einem Galvanometer, schließe den Stromkreis und lasse einen Strom von einigen Ampère hindurchgehen. Man setze nun der Zinksulfatlösung allmählich bestimmte Mengen Wasser zu und beobachte den Ausschlag des Galvanometers.

Man ersetze die Zinksulfatlösung durch eine konzentrierte Ammoniaklösung und verdünne wieder.

Man gebe zu der Ammoniaklösung Phenolphthaleïn, neutralisiere die Lösung mit verdünnter Salzsäure und beobachte wieder den Ausschlag des Galvanometers.

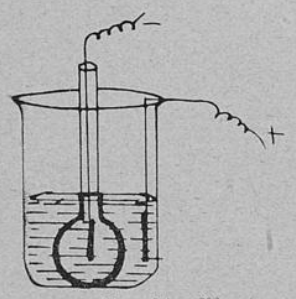
VI. Wanderung der Ionen.

1. Man fülle einen 15—20 cm hohen Standzylinder mit einer 1%igen Kupfersulphatlösung und benutze als Elektroden 2 an Kupferdrähte angelötete Kupferplatten. Die als Kathode dienende Kupferplatte lasse man auf der Lösung schwimmen, die Anode auf dem Boden des Gefäßes liegen. Den zu ihr führenden Draht führe man durch eine Glasröhre, damit nur die Kupferplatte mit der Flüssigkeit in Berührung kommt. Man lasse durch die Flüssigkeit eine halbe Stunde lang einen Strom von einigen Ampère gehen und beobachte die Farbe der Flüssigkeit.

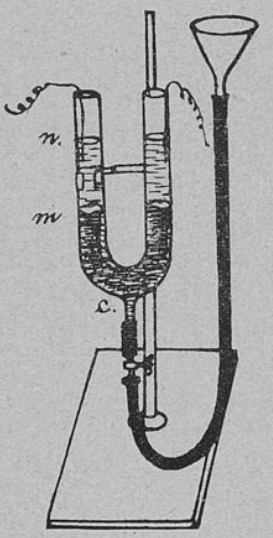


2. Man fülle ein Becherglas mit einer 5%igen Kupfersulfatlösung und bringe eine gleiche Lösung in eine Tonzelle, an welche ein Glasrohr angekittet ist, sodaß in beiden Gefäßen das Niveau

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf



gleich hoch steht. In die Tonzelle bringe man die Kathode aus Platinblech und in das Becherglas die Anode aus Kupferblech. Man schicke nun eine Stunde lang einen Strom von einigen Ampère hindurch. Was beobachtet man an der Kathode, was an der Anode? Welche Höhe hat das Niveau der Flüssigkeit in der Tonzelle?



3. Um die Wanderung der MnO_4-Jonen zu erkennen, benutze man den von Nernst angegebenen, umstehend abgebildeten Apparat, den man sich selbst herstellen kann. Man gieße bei geschlossenem Hahn eine tiefrote Kaliumpermanganatlösung in den Trichter, der man, um sie zähflüssiger zu machen, auf 100 ccm 5 g Harnstoff zuzufügen hat, öffne dann auf kurze Zeit den Hahn, damit die Flüssigkeit bis c vordringt, fülle das Rohr R bis zum Niveau m mit einer 1%igen Kaliumnitratlösung und lasse schließlich durch langsames Oeffnen des Hahnes die Permanganatlösung in das Rohr R vordringen, bis sie das Niveau m erreicht, und die Kaliumnitratlösung auf n gestiegen ist. In das U-Rohr hänge man kleine Platinelektroden ein und lasse einen kräftigen Strom hindurchgehen. Weicht die Färbung an der Anode oder Kathode zurück? Welches Jon des übermangansauren Kalis ist also gefärbt?

VII. Elektrolyse.

1. Man fülle einen Hoffmann'schen Zersetzungsapparat mit 30 prozentiger Schwefelsäure und verbinde die Elektroden mit den Polen einer Stromquelle (6—10 Volt) und beobachte die in den Schenkeln des U-Rohres stattfindende Gasentwickelung. In welchem Volumenverhältnis füllen sich die Schenkel mit den Gasen? Welche Gase sind es? An welcher Elektrode hat sich Wasserstoff, an welcher Sauerstoff gebildet? Welcher Säurerest ist zur Anode gewandert? Wie hat er auf das Wasser gewirkt?

2. Man gieße in ein U-Rohr eine Jodkaliumstärkelösung, (man bereitet Jodkaliumstärkelösung, indem man zu 100 ccm siedendem Wasser 25 g in kaltem Wasser angerührte Stärke gibt und 1 g Jodkalium hinzufügt), hänge 2 Platinelektroden ein, schließe den Stromkreis und sende einen Strom von einigen Ampère hindurch. Was beobachtet man? An welcher Elektrode scheidet sich Jod aus? Wie wirkt Jod auf die Stärke ein? Man wende den Strom und beobachte wieder?

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

3. Man fülle ein U-Rohr mit einer 10prozentigen Natriumsulfatlösung, die man man mit Lackmustinktur versetzt (besser mit Rotkrautbrühe), und hänge 2 Platinelektroden ein. Man verbinde die Elektroden mit einer Stromquelle und beobachte die an jeder Elektrode auftretenden Färbungen. Auf welche chemischen Verbindungen lassen die beiden Färbungen schließen?

4. Man fülle ein Becherglas mit 250 ccm Kupfersulfatlösung, (welche man erhält durch Auflösen von 100 g Kupfersulfat in 250 ccm Wasser), hänge 2 Kupferplatten als Elektroden in die Lösung und schicke einen schwachen Strom (von $\frac{1}{2}$ Ampère) durch den Elektrolyten. Nach Beendigung des Versuches untersuche man, an welcher Elektrode sich Kupfer niedergeschlagen hat, an welcher Kupfer aufgelöst wurde. Welcher Säurerest ist als Anion zur Anode gewandert? Wie wirkte er auf das Kupfer der Anode ein? Man ersetze die Kupferanode durch eine solche von Platin. Welches Gas entwickelt sich jetzt an der Anode?

Man ersetze die Kupfersulfatlösung durch eine solche von Bleiacetat (25 g Bleiacetat in 250 ccm Wasser) und benutze jetzt als Elektroden Bleiplatten. Was beobachtet man jetzt an der Kathode? Was geschieht, wenn man den Strom umkehrt?

VIII. Elektrolyse einer Kochsalzlösung unter Benutzung einer Quecksilberkathode.

Man überbinde ein Trichterrohr mit angefeuchtetem Pergamentpapier und stelle die Röhre mit nach unten gerichtetem Trichter in ein mit einer konzentrierten Kochsalzlösung gefülltes Becherglas. In den Trichter hinein gebe man etwas Quecksilber und führe durch die Röhre einen bis in das Quecksilber reichenden Eisendraht, den man mit dem negativen Pol einer Stromquelle verbindet. Als positive Elektrode benutze man eine Bogenlampenkohle, deren oberes Ende man durch Kupferdraht mit dem positiven Pol der Stromquelle verbindet. Man schalte einen Strom von 4—8 Volt ein. Wie wirkt der Strom auf die Kochsalzlösung? Nach welcher Elektrode wandert das Natriumion? Was entsteht dort? Was geschieht, wenn man das Natriumamalgan in Wasser gießt? Prüfe das Wasser mit Lackmuspapier! Welches Gas entwickelt sich an der Kathode?

IX. Polarisationsstrom.

Man hänge 2 breite Streifen von Bleiblech an den Breitseiten eines Akkumulatorenglases auf und fülle das Glas mit verdünnter Schwefelsäure. Man leite eine halbe Stunde lang einen Strom von 10 Volt hindurch. Man nehme die Platten aus der Schwefelsäure heraus und beobachte die Ueberzüge. Man stelle die Platten wieder zurück in das Gefäß und verbinde ihre Pole mit einem Galvanometer. Man erkläre die chemischen Vorgänge beim Laden und Entladen eines Akkumulators.

X. Faraday'sches Gesetz.

Man schalte hinter einander einen Wasserzersetzungsapparat, ein Kupfer- und ein Silbervoltameter. Das Kupfervoltameter besteht aus

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

einem mit konzentrierter Kupfersulfatlösung gefüllten Becherglase, in welchem sich 2 Kupferelektroden befinden. Beim Silbervoltameter ist die Kathode eine Platinschale, welche mit 20 prozentiger Silbernitratlösung gefüllt wird. Als Anode dient ein in die Lösung eintauchendes Silberblech.

Man wiege nun zuerst die als Kathode dienende Kupferplatte des Kupfervoltameters und ebenso die Platinschale des Silbervoltameters und lasse 10 Minuten lang einen Strom von $\frac{1}{2}$ Ampère hindurch gehen. Man nehme nun die Kupferkathode heraus, spüle sie in Wasser und Alkohol ab, trockne sie zwischen Fließpapier und zuletzt im Trockenschrank und wiege wieder. Ebenso verfahre man mit der Platinschale. Man wiederhole den Versuch, aber mit 1 Ampère Stromstärke. Wie verhalten sich die abgeschiedenen Mengen Gas, Kupfer und Silber zu einander, wenn auf die Zeiteinheit und 1 Ampère umgerechnet wird. Wie lautet das Faraday'sche Gesetz?

XI. Elektrolyse von Chlorblei*).

Man fülle einen Porzellantiegel mit trocknem Chlorblei und stecke 2 Bogenlampenkohlen als Elektroden hinein. Man verbinde die Elektroden mit den Polen einer Stromquelle und schicke einen starken Strom hindurch. Ist an dem in dem Stromkreis eingeschalteten Galvanometer ein Ausschlag zu bemerken?

Nachdem man den Strom unterbrochen hat, bringe man das Chlorblei zum Schmelzen und schicke dann $\frac{1}{2}$ Stunde lang einen Strom von etwa 10 Volt hindurch. Was beobachtet man jetzt an dem eingeschalteten Galvanometer? Welches Gas wird an der Anode abgeschieden? Weise dasselbe mit Jodkaliumstärkepapier nach. Löse die Schmelze auf und suche das gewonnene Blei.

G. Lösungen.

I. Von festen Stoffen in Wasser.

Man fülle 4 Bechergläser mit je 100 ccm Wasser von Zimmertemperatur. In das erste Glas bringe man 10 g Kupfervitriol in großen Kristallen, in das zweite und dritte 10 g in Pulverform, in das vierte hänge man ein kleines Sieb mit 10 g pulverisiertem Kupfervitriol in den obersten Wasserschichten auf und lasse die 4 Bechergläser eine Zeitlang stehen. In welchem Glase löst sich das Kupfervitriol am schnellsten?

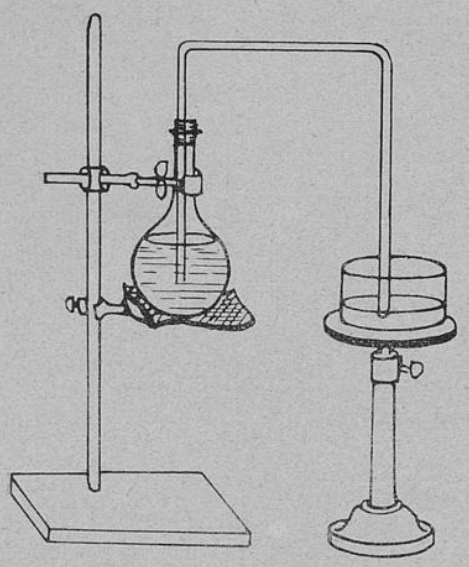
Man erwärme das zweite Glas und rühre das dritte mit dem Glasstab (der ein Gummihütchen trägt) um. Wodurch wird der Lösungsvorgang beschleunigt?

II. Von Gasen in Wasser.

Man öffne eine Sodawasserflasche. Was beobachtet man? Wovon hängt also die Absorptionsfähigkeit des Wassers Gasen gegenüber ab? Man lasse die Flasche bis zur nächsten Uebungsstunde offen stehen, gebe

*) Chlorblei stellt man sich auf folgende Weise her. Man löse etwa 75 g Bleiacetat in Wasser auf und füge zu dieser Lösung Normalsalzsäure hinzu. Das ausfallende Chlorblei wird durch Dekantieren von der Flüssigkeit befreit und einige Zeit im Trockenschrank getrocknet.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf



dann den abgestandenen Inhalt in eine Kochflasche und verschließe dieselbe durch einen Kork, der eine zweimal rechtwinkelig gebogene Glasröhre trägt. Das eine Ende des Glasrohres soll bis fast auf den Boden der Kochflasche reichen, das andere Ende führe man in eine leere Kristallisierschale. Man erhitze nun zunächst langsam, lasse dann wieder abkühlen und beobachte! Wovon hängt also die Absorptionsfähigkeit des Wassers außerdem ab?

III. Von Flüssigkeiten in Wasser.

1. Man gieße in ein Reagenzglas Wasser und darauf das gleiche Volumen Rüböl. Man schüttele kräftig durch und lasse die entstandene Emulsion stehen.

2. Man färbe Brennspiritus mit Methylviolett, fülle damit ein Reagenzglas bis zu einem Drittel an und gieße durch ein Trichterrohr, dessen Ende bis auf den Boden des Reagenzglases durch den Alkohol geht, vorsichtig Wasser nach und lasse das Glas stehen.

2b. Man schüttele 10 ccm gefärbten Alkohols mit dem gleichen Volumen Wasser. Mischen sich beide Flüssigkeiten vollständig mit einander?

3. Man gieße in ein Reagenzglas gleiche Mengen von Wasser und gefärbtem Aether, schüttele durch und lasse die Flüssigkeiten stehen. Mittels Scheidetrichter trenne man alsdann die übereinanderstehenden Schichten. Hat sich etwas Aether im Wasser gelöst? Geruch!

IV. Bestimmung der Löslichkeit von wasserfreiem Natriumsulfat bei verschiedenen Temperaturen.

Man löse 120 g wasserfreies Natriumsulfat in 200 ccm kochendem Wasser bis zur Sättigung und kühle unter beständigem Umrühren ab. Mit einer Pipette entnehme man der Lösung Proben von 20 ccm bei verschiedener Temperatur (etwa bei 100°, 75°, 50°, 40°, 35°, 30° und 25°). Man verdünne diese durch Wasser auf 200 ccm und stelle mit dem Aräometer das spezifische Gewicht dieser Lösungen fest. Aus nachfolgender Tabelle entnehme man die Menge des Salzes, welche den 200 ccm, also auch den 20 ccm angehört und rechne sie in Bezug auf letztere in Prozente um.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

spez. G.	Proz. Na_2SO_4	spez. G.	Proz. Na_2SO_4	spez. G.	Proz. Na_2SO_4
1,004	0,441	1,044	4,851	1,086	9,261
1,008	0,881	1,047	5,292	1,090	9,702
1,013	1,323	1,052	5,373	1,094	10,143
1,016	1,764	1,056	6,174	1,098	10,584
1,020	2,205	1,060	6,615	1,103	11,025
1,024	2,646	1,064	7,056	1,107	11,466
1,028	3,087	1,069	7,497	1,111	11,907
1,032	3,528	1,073	7,938	1,116	12,348
1,036	3,969	1,077	8,379	1,120	12,789
1,040	4,410	1,082	8,820	1,125	13,230

Man stelle nun die Löslichkeit von Natriumsulfat graphisch dar, indem man die Temperaturen als Abscissen und den Prozentgehalt der bei den angegebenen Temperaturen gesättigten Lösungen als Ordinaten einträgt. (Löslichkeitskurve).

V. Bestimmung des Salzgehaltes einer Lösung durch Verdampfen.

Man löse in 100 ccm destilliertem Wasser von Zimmertemperatu 50 g zerriebenes Kochsalz durch Umschütteln in einer Kochflasche auf, bestimme die Temperatur der Lösung und entnehme derselben mit einer Pipette 50 ccm. Man bringe diese 50 ccm in eine gewogene Porzellanschale, dampfe im Wasserbad zur Trocknung ein und wiege wieder. Welchen Salzgehalt hat also die Lösung bei der abgelesenen Temperatur?

VI. Herstellung einer übersättigten Lösung.

Man löse 100 g kristallisiertes Glaubersalz und 50 g Wasser unter Erwärmen im Wasserbad auf und gieße die warme Lösung in eine Kochflasche. Man koche die Lösung einen Augenblick und bedecke die Oeffnung der Flasche während des Siedens mit Fließpapier. Nun lasse man auf Zimmertemperatur abkühlen. Aus der vorigen Aufgabe ergibt sich dann, daß die Lösung bei Zimmertemperatur übersättigt ist. Man werfe einen Glaubersalzkristall hinein und beobachte die Kristallisation.

H. Versuche über Kristallisation.

I. Die Entstehung von Kristallen.

1. Aus dem Schmelzfluß. Darstellung von monoklinem Schwefel. Man erhitze in einem größeren Chamottetiegel vorsichtig pulverisierten Stangenschwefel und lasse wieder erkalten bis sich die flüssige Masse mit einer dünnen Kristallhaut bedeckt hat. Man durchsteche diese mit der Spitze eines Glasstabes, gieße den noch flüssigen Schwefel heraus und entferne, um die Kristalle sichtbar zu machen, die Oberflächenkruste oder spalte den Tiegel in 2 Teile. Nach dem vollständigen Erkalten werfe man einige Körnchen rhombischen Schwefels hinein. Was beobachtet man? (Umwandlung des monoklinen in rhombischen Schwefel).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

2. durch Sublimation.

Man bringe in ein langes Reagenzglas einige Jodkristalle und erwärme langsam. Was geschieht mit dem Jod?

3. Aus Lösungen.

Man schüttele 25 g Kalisalpeter mit 100 g destilliertem Wasser von Zimmertemperatur. Man erhitze die Lösung auf 100° und gebe noch 225 g Kalisalpeter hinzu. Die eine Hälfte der Lösung kühle man schnell ab, die andere Hälfte stelle man in ein anderes Becherglas in siedendes Wasser und lasse sie in diesem möglichst langsam erkalten. Wodurch wird also die Lösung größerer Kristalle in Salzlösungen befördert?

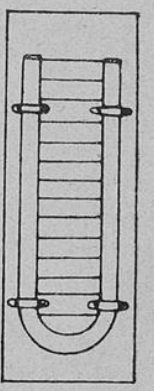
4. Man dampfe eine 10prozentige Kochsalzlösung in einer Porzellanschale auf dem Wasserbade ein und untersuche die sich ausscheidenden Kristalle auf Größe und Form mit der Lupe.

5. Man lasse eine gesättigte Kochsalzlösung in einem flachen Teller mehrere Tage vor Staub geschützt bei gewöhnlicher Temperatur stehen Erhält man größere Kristalle beim Eindampfen oder langsamen Verdunsten?

II. Beobachtung des Wachsens eines Kristalles.

Man schmelze in einer kleinen Kochflasche Natriumthiosulfat und bringe in die Mitte des Kolbens eine an einem Kork befestigte, in eine feine Spitze ausgezogene Glasröhre. Hat sich das Natriumthiosulfat auf Zimmertemperatur abgekühlt, werfe man in die Glasröhre einen kleinen Natriumthiosulfatkristall und beobachte das Wachsen des an der Spitze entstehenden Einzelkristalls.

III. Bestimmung der Kristallisationsgeschwindigkeit.



Man fülle das U-Rohr, welches auf einer mit Teilstrichen versehenen Glasplatte angebracht ist, mit Benzophenon. Den Apparat bringe man in ein Wasserbad von 50° C, um das Benzophenon zu schmelzen. Dann unterkühle man in einem anderen Wasserbade bei etwa folgenden Temperaturen: 40°, 37°, 35°, 33°, 30°, 28°, 26°, 24°, 20°, 18° 1—2 Minuten und leite die Kristallisation durch Einimpfen eines Benzophenonkristalls mit einem Platindraht ein. Die Zahl der in der Zeiteinheit auskristallisierten Teilstriche trage man als Ordinate ein, die Temperaturen als Abscissen und konstruiere die Kurve der Kristallisationsgeschwindigkeit. Nach jedem Versuch ist natürlich wieder zu schmelzen.

IV. Reinigung durch Umkristallisieren.

Man bringe 100 ccm Wasser in einer kleinen, außen trockenen Schale zum Sieden, gebe allmählich 50 g Salpeter unter Umrühren mit dem Glasstab hinzu und filtriere die Lösung siedend in ein Kölbchen. In die gereinigte und abgetrocknete Schale bringe man das Filtrat wieder

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

hinein, dampfe auf die Hälfte ein und lasse die Lösung erkalten. Die ausgeschiedenen Kristalle sammle man in einem leeren Trichter. Das Abtropfende, die Mutterlauge, fange man in einem Kölbchen auf. Die Mutterlauge dampfe man nochmals auf die Hälfte ein, lasse wieder abkühlen und lege die Kristalle zu den ersten. Nach einer Stunde breite man die Kristalle auf Filtrierpapier zum Trocknen aus.

V. Gewinnung von Chlorkalium durch fraktionierte Kristallisation aus Carnallit ($KCl\,MgCl_2$).

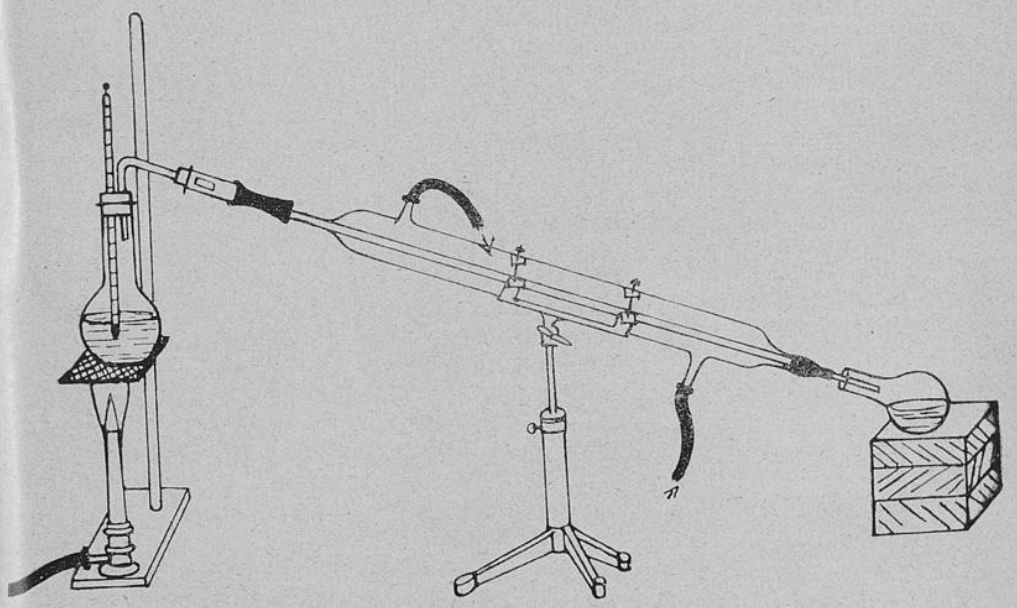
Man trage 30 g gepulverten Carnallit in 30 ccm Wasser ein. Man erhitze unter Umrühren bis zum Sieden, filtriere und lasse erkalten. Man filtriere die Mutterlauge ab und trockne die Kristalle auf Fließpapier. Man löse die erhaltenen Kristalle in wenig Wasser auf und prüfe mit Platinchlorwasserstoffsäure auf das K-Jon.

I. Trennung von Stoffen unter Benutzung der Aenderung ihrer Phasen.

I. Destillation.

1. Reinigung von Wasser. Man bringe 100 ccm gefärbtes Wasser in einem Kolben zum Sieden und verdichte die entweichenden Wasserdämpfe mittels eines Liebig'schen Kühlers. Die im Kühler kondensierte Flüssigkeit fange man in der Vorlage auf.

2. Trennung einer Kochsalzlösung in Kochsalz und Wasser. Man benutze denselben Apparat wie bei der vorigen Aufgabe. Das Thermo-



Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

meter tauche man in die Lösung ein. Bei welcher Temperatur beginnt die Flüssigkeit zu sieden? Nachdem 10 ccm überdestilliert sind, wechsele man das Reagenzglas und merke die Temperatur. Dies wiederhole man solange, bis sich Kochsalzkristalle ausscheiden. Bei welcher Temperatur geschieht das? Die einzelnen Proben (immer je 10 ccm) hebe man auf und prüfe sie mit Silbernitratlösung auf das Na-Jon. Den letzten Kolbeninhalt bringe man in eine Abdampfschale und dampfe ihn auf dem Wasserbad zur Trockne ein.

3. Destillation von Flüssigkeiten von verschiedener Flüchtigkeit (Alkohol und Wasser). Man benutze wieder denselben Apparat und verfahre in derselben Weise. Man untersuche die einzelnen Fraktionen auf Alkoholgehalt dadurch, daß man sie zur Entzündung zu bringen sucht.

II. Sublimation.

Man reinige und trockne zwei aufeinandergeschliffene Uhrgläser. Das eine wäge man und bringe genau 2 g unreines Jod darauf. Das andere wäge man ebenfalls, decke es über das erste und befestige beide durch einen Halter. Man lege die Uhrgläser auf ein Sandbad (aber nicht einwühlen) und erhitze bis keine Dämpfe mehr sichtbar sind (Sublimation) und lasse erkalten. Das Glas mit dem reinen Jod nehme man vorsichtig ab und wiege es wieder. Wieviel Prozent reines Jod enthält das unreine?

K. Filtrationsgeschwindigkeit.

Zur Bestimmung der Filtrationsgeschwindigkeit benutze man einen Hahntrichter.

1. Nachweis der Abhängigkeit von der Natur des Stoffes. Man fülle den Trichter, der mit einem gewöhnlichen Filter ausgelegt ist, nacheinander mit 100 ccm destilliertem Wasser, 100 ccm Normalnatriumcarbonat, 100 ccm normale Magnesiumsulfatlösung. Man öffne den Hahn und bestimme die Zeit, innerhalb welcher die Flüssigkeit durchfiltriert. Man wiederhole jeden Versuch zweimal und nehme das Mittel.

2. Nachweis der Abhängigkeit von der Temperatur.
Man erwärme die Flüssigkeiten auf 50° bezw. 75° und filtriere wieder.

3. Abhängigkeit von dem Druck der Flüssigkeitsschicht.
Man befestige an dem Trichter mit Gummischlauch zunächst ein 30 cm langes Glasrohr, welcher dieselbe Weite wie das Trichterrohr besitzt und filtriere nacheinander die Flüssigkeiten. Dann ersetze man diese Röhre durch eine engere und schließlich durch eine noch engere Röhre und filtriere wieder.

4. Abhängigkeit von der filtrierenden Fläche.
Man benutze an Stelle eines gewöhnlichen Filters einen Faltenfilter.

5. Abhängigkeit vom Luftdruck.
Man benutze eine Filterflasche mit Witt'schem Filter (eine durchlöcherte Porzellanplatte). Man lege auf das Filter 2 Lagen Filtrierpapier und filtriere zunächst wie gewöhnlich. Man lege neues Filterpapier auf, fülle den Trichter wieder mit der zu filtrierenden Flüssigkeit und setze die Wasserstrahlluftpumpe in Tätigkeit.

Von welchen Umständen hängt also die Filtrationsgeschwindigkeit ab?

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

meter tauc
die Flüssigk
man das K
solange, bi
geschieht d
auf und p
Kolbeninha
dem Wasse
3. T
(Alkohol u
verfahre in
auf Alkohol

Man
Das eine r
andere wäg
durch einen
nicht einwü
mation) un
vorsichtig a
das unrein

Zur
Hahntrichte
1. N
fülle den T
einander m
carbonat, 1
Hahn und
filtriert. A
2. N
Man erwä
3. A
Man befest
langes Gla
filtriere na
durch eine
filtriere wie
4. A
Man benut
5. A
Man benut
Porzellanpl
filtriere zu
fülle den T
die Wasser
Von

Temperatur beginnt
estilliert sind, wechsele
Dies wiederhole man
i welcher Temperatur
10 ccm) hebe man
Na-Jon. Den letzten
und dampfe ihn auf

schiedener Flüchtigkeit
nselben Apparat und
einzelnen Fraktionen
ung zu bringen sucht.

geschliffene Uhrgläser.
es Jod darauf. Das
e und befestige beide
ein Sandbad (aber
r sichtbar sind (Subli-
einen Jod nehme man
nt reines Jod enthält

eit.

eit benutze man einen

r des Stoffes. Man
r ausgelegt ist, nach-
cm Normalnatrium-
g. Man öffne den
ie Flüssigkeit durch-
nd nehme das Mittel.
eratur.
und filtriere wieder.
itsschicht.
zunächst ein 30 cm
richterrohr besitzt und
etze man diese Röhre
engere Röhre und

einen Faltenfilter.

er (eine durchlöcherte
en Filtrierpapier und
nes Filterpapier auf,
Flüssigkeit und setze

nsgeschwindigkeit ab?

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Druckfehler.

Seite 16, Zeile 8 von oben lese man

$$V_0 = 273{,}1 \text{ ccm statt } V_v = 273{,}1 \text{ ccm}$$

Seite 17, Zeile 17 von oben lese man

$$V_0 = \frac{p\ v\ T_0}{p_0\ T} \text{ statt } V_v = \frac{p\ v\ T_0}{p_0\ T}$$

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf