

Titration einer starken Säure mit einer starken Base unter Verwendung verschiedener Indikatoren mit Cobra SMARTsense



Den Schülerninnen und Schülern sollen bei diesem Experiment exemplarisch die Grundlagen der modernen Säure-Base-Titration gezeigt und nähergebracht werden. Neben der praktischen Arbeit im Labor wird auch auf die Auswertung von Titrationskurven und deren Charakteristika eingegangen.

Chemie

Analytische Chemie

Titration



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten



Lehrerinformationen

Anwendung



Versuchsaufbau

Die Säure-Base-Titration stellt ein analytisches Verfahren zur Ermittlung von Konzentrationen entsprechender Verbindungen dar. Die Verwendung von pH-Messelektroden bietet darüber hinaus die Möglichkeit, Messkurven zu erstellen.

Bei diesem Versuch wird eine starke Säure (Salzsäure) unbekannter Konzentration mit bekanntem Volumen vorgelegt. Die Lösung einer starken Base bekannter Konzentration (Natronlauge) wird in die Bürette gefüllt und dann tropfenweise zur Analysenlösung gegeben. Die Veränderung des pH-Werts wird mit dem Cobra SMARTsense pH Sensor beobachtet und dokumentiert. Aus dem an der Bürette abgelesenen Volumen und der Konzentration der Base wird dann die Konzentration der Säure berechnet.

Sonstige Lehrerinformationen (1/6)

PHYWE
excellence in science

Vorwissen



Die Schüler sollten experimentelle Erfahrungen im Umgang mit Säuren und Basen haben. Weiterhin sollten die Schüler wissen, was der pH-Wert ist. Die Funktionsweise volumetrischer Messinstrumente (Messpipette, Bürette, Pipettierball) sollte den Schülern bekannt sein.

Prinzip



Bei der Säure-Base-Titration handelt es sich um ein maßanalytisches Verfahren zur Bestimmung der Konzentration entsprechender Substanzen.

Sonstige Lehrerinformationen (2/6)

PHYWE
excellence in science

Lernziel



Den Schülern sollen bei diesem Experiment exemplarisch die Grundlagen der modernen Säure-Base-Titration gezeigt und nähergebracht werden. Neben der praktischen Arbeit im Labor wird auch auf die Auswertung von Titrationskurven und deren Charakteristika eingegangen.

Aufgaben



Die Schüler sollen mit Hilfe unterschiedlicher Indikatoren und einer digitalen pH-Messelektrode die Konzentration einer Salzsäure-Lösung ermitteln. Hierzu wird ein bekanntes Volumen dieser Säure mit einem Volumen einer Natronlauge-Lösung bekannter Konzentration titriert. Aus dem verbrauchten Volumen der Maßlösung und deren Konzentration wird dann die Konzentration der Salzsäure berechnet.

Sonstige Lehrerinformationen (3/6)

Methodische Bemerkungen

- Der Versuch sollte in Zweiergruppen durchgeführt werden. Hierbei kann ein Schüler die Bürette bedienen, während der andere die Messwertaufnahme übernimmt. Bei mehrmaliger Durchführung des Experimentes sollte mit vertauschten Rollen gearbeitet werden.
- In unterschiedlichen Arbeitsgruppen kann die Titration mit unterschiedlichen Volumina der Analyselösung durchgeführt werden. Es kann dadurch ein Zusammenhang zwischen den Konzentrationen der beteiligten Lösungen gezeigt werden.
- Des Weiteren wird empfohlen einen Magnetrührer (inkl. Magnetrührstab) zu verwenden, da hierdurch genauere pH-Werte zu erwarten sind.

Sonstige Lehrerinformationen (4/6)

Vorbereitung

- Die in dem Versuch verwendeten Lösungen (0,1 molare Salzsäure, 0,1 molare Natronlauge, Bromthymolblau, Phenolphthalein, Methylorange) müssen in entsprechenden Bechergläsern vorbereitet und gekennzeichnet werden.
- Es muss eine 0,1 M Salzsäure-Lösung hergestellt werden (Legen Sie zuerst 250 ml dest. Wasser in einem geeigneten Gefäß vor, pipettieren Sie 4,16 ml 37%ige Salzsäure und füllen Sie auf 500 ml mit dest. Wasser auf).
- Es muss eine 0,1 M Natronlauge hergestellt werden (Lösen Sie 0,8 g Natriumhydroxid in 200 ml dest. Wasser).
- Jede Arbeitsgruppe sollte einen der drei Indikatoren bei der Titration verwenden.

Sonstige Lehrerinformationen (5/6)

PHYWE
excellence in science

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Vor der Aufnahme der Titrationskurve sollte die pH-Elektrode kalibriert werden, falls die letzte Kalibrierung mehr als 6 Monate zurückliegt, damit es nicht zu einer Verfälschung der Ergebnisse kommt. Beim Aufbau ist darauf zu achten, dass die Bürette so gehalten wird, dass die Schüler den Meniskus der Flüssigkeitssäule in richtiger Höhe ablesen können. Die Augen sollten hierbei in Höhe der abzulesenden Volumenmarkierung auf der Bürette sein.

Beim Eintauchen der Messelektrode in die zu untersuchende Lösung muss die Spitze vollständig in die Flüssigkeit eintauchen. Sollte die vorgelegte Menge nicht ausreichen, muss mit destilliertem Wasser aufgefüllt werden.

Wird ein Magnetrührer verwendet, sollte er auf eine Geschwindigkeit eingestellt sein, bei der es nicht zu Spritzern kommen kann. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass das Magnetrührstäbchen nicht an die Messelektrode stößt.

Die Tropfgeschwindigkeit der Bürette sollte nicht zu schnell eingestellt werden, damit das Ergebnis möglichst genau ausfällt. Auch ein zu langsames Zutropfen ist zu vermeiden, da der Versuch sonst unnötig in die Länge gezogen würde.

Sonstige Lehrerinformationen (6/6)

PHYWE
excellence in science

Der Versuch kann alternativ auch mit dem Cobra SMARTsense Dropcounter durchgeführt werden. Zusätzlich wird dazu folgendes benötigt:

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Cobra SMARTsense Dropcounter	12923-00	1
2	pH-Elektrode für Cobra SMARTsense pH, BNC-Stecker	12920-10	1
3	Doppelmuffe	02043-00	1

Sicherheitshinweise

PHYWE
excellence in science

- Säuren und Laugen wirken ätzend!
- Unbedingt Schutzbrille tragen!
- Beachten Sie für die H- und P-Sätze bitte die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter.
- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE
excellence in science

Schülerinformationen

Motivation

PHYWE
excellence in science



Versuchsaufbau

Säuren spielen in unserem Alltag eine wichtige Rolle. Sei es in Lebensmitteln z. B. als Essig oder im Auto als Batteriesäure. Überall sind sie anzutreffen.

Um mit einer Säure sicher umgehen zu können, ist es wichtig zu wissen wie konzentriert sie ist. Eine Möglichkeit, die Konzentration einer Säure zu bestimmen ist die Titration. Der Veränderung des pH-Werts lässt sich mit dem Cobra SMARTsense pH einfach verfolgen und dokumentieren.

Aufgaben

PHYWE
excellence in science



Ermittle mit Hilfe einer potentiometrischen Titration die Konzentration der Salzsäure. Ermittle den Äquivalenzpunkt über einen geeigneten Indikator (Bromthymolblau).

Untersuche die erstellte Titrationskurve auf charakteristische Merkmale.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense - pH, 0 ... 14 (Bluetooth)	12921-00	1
2	Stativstange Edelstahl, l = 370 mm, d = 10 mm	02059-00	1
3	Bürette mit geradem Glashahn, 10 ml, Teilung 0,05 ml	47152-01	1
4	Messpipette, 5 ml, Teilung 0,1 ml	36599-00	1
5	Trichter, Kunststoff (PP), Oben-d = 40 mm	36888-00	1
6	Spritzflasche, 250 ml, Kunststoff	33930-00	1
7	Laborbecher, Kunststoff (PP), 50 ml	36080-00	1
8	Schutzbrille "classic" - OneSize, Unisex	39316-00	1
9	Erlenmeyerkolben, Boro, Weithals, 100 ml	46151-00	1
10	Laborschreiber, wasserfest, schwarz	38711-00	1
11	Pipette mit Gummikappe, l = 100 mm	64701-00	1
12	Pipettierball, Universalmodell (bis 100 ml), 3 Ventile	47127-02	1
13	Bürettenklemme mit 1 Rollenhalter	37720-01	1
14	PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, d ≤ 14 mm	02001-00	1
15	Salzsäure 37%, 1000 ml	30214-70	1
16	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	1
17	Puffertabletten, pH 4,00, 100 Stück	30281-10	1
18	Puffertabletten, pH 10,00, 100 Stück	30283-10	1
19	Phenolphthaleinlösung 0,5% in Ethanol, 100 ml	31715-10	1
20	Methylorangelösung, 0,1% 250 ml	31573-25	1
21	Bromthymolblau-Lösung, 0,1%, 50ml	48004-05	1
22	Natriumhydroxid, Perlen, 500 g	30157-50	1



Aufbau und Durchführung

Aufbau (1/9)

Zur Messung des pH-Wertes wird der Cobra SMARTsense pH-Sensor und die measureAPP benötigt. Kontrolliere, ob an deinem Gerät (Tablet, Smartphone) "Bluetooth" aktiviert ist (die App kann im App Store kostenlos heruntergeladen werden - QR-Codes unten). Öffne nun auf deinem Gerät die measureAPP.



measureAPP für

Android Betriebssysteme



measureAPP für

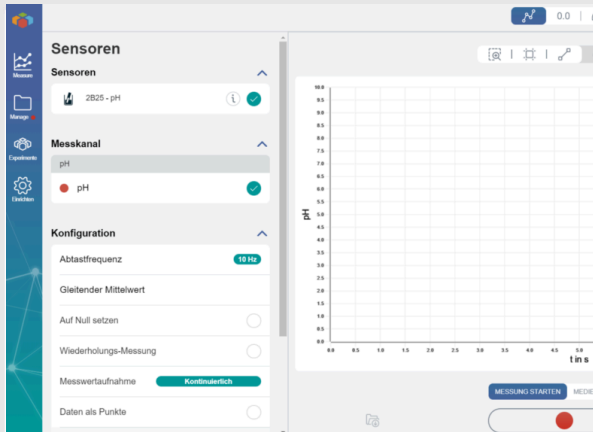
iOS Betriebssysteme



measureAPP für

Tablets und PCs mit Windows 10

Aufbau (2/9)



Verbundener SMARTsense pH-Sensor in der Windows 10 Version von measureAPP.

- Schalte den SMARTsense pH-Sensor durch langes Drücken auf den Einschaltknopf an.
- Verbinde den Sensor in der measureAPP unter dem Punkt "Measure" mit dem Gerät.
- Der SMARTsense Sensor wird nun in der App angezeigt.

Aufbau (3/9)

1. Stecke die beiden Hälften des Stativfußes zusammen (**Abb. 1**).
2. Befestige die Stativstange im Stativfuß (**Abb. 2**).
3. Befestige an der Stativstange die Bürettenklemme (**Abb. 3**).

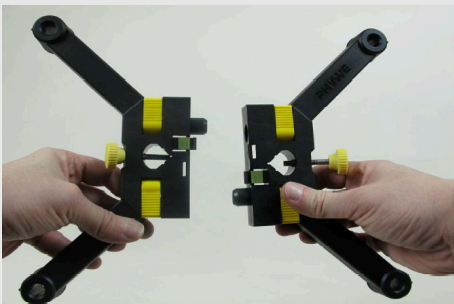


Abb. 1

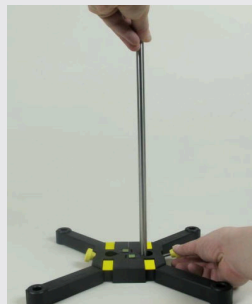


Abb. 2



Abb. 3

Aufbau (4/9)

PHYWE
excellence in science

Drücke mit Daumen und Zeigefinger die beiden Hebel der Bürettenklemme zusammen (**Abb. 4**) und platziere die Bürette zwischen den vier gummierten Rollen der Klemme (**Abb. 5**). Fixiere die Bürette durch langsames Loslassen der beiden Hebel.



Abb. 4



Abb. 5

Aufbau (5/6)

PHYWE
excellence in science

Befülle mit Hilfe des Trichters die Bürette mit der 0,1 molaren Natronlauge. Verwende hierzu die beiden Laborbecher. Beschrifte die Laborbecher, um eine Verwechslungsgefahr auszuschließen. Fülle die Bürette vorsichtig bis über den obersten Eichstrich. Achte darauf, dass sich keine Luftbläschen in der Bürette befinden, und dass nichts überläuft (**Abb. 6**).

Platziere einen der Laborbecher unter dem Hahn der Bürette und öffne diesen vorsichtig. Lasse so viel Natronlauge ab, bis die Flüssigkeitssäule den obersten Eichstrich erreicht hat (**Abb. 7**).



Abb. 6



Abb. 7

Aufbau (6/9)

PHYWE
excellence in science

Es bildet sich auf der Oberfläche der Flüssigkeitssäule in der Bürette eine nach unten gebogene Wölbung, der sogenannte Meniskus (gr. Meniskos = Halbmond). Um genau abzumessen, wann die Flüssigkeitssäule den obersten Eichstrich berührt, orientiert man sich am untersten Punkt dieser Wölbung. Deine Augen sollten hierbei genau in Höhe des Eichstriches sein (**Abb. 8**).

Stecke den Pipettierball auf die Messpipette (**Abb. 9**). Drücke mit Daumen und Zeigefinger das Ventil "A" zusammen. Presse mit den anderen Fingern Luft aus dem Pipettierball (**Abb. 10**).



Abb. 8

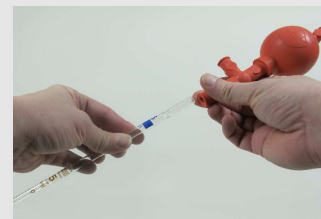


Abb. 9



Abb. 10

Aufbau (7/9)

PHYWE
excellence in science

Halte die Messpipette senkrecht und führe ihre Spitze in die bereitgestellte Salzsäure ein. Durch vorsichtige Zusammendrücken des Ventils "S" füllt sich die Pipette langsam mit der Säure. Achte darauf, dass sich die Pipette langsam füllt. Es dürfen sich keine Luftbläschen in der Flüssigkeit befinden. Es darf keine Säure in den Pipettierball gelangen!

Fülle die Messpipette bis etwa sechs Milliliter (**Abb. 11**).

Lasse durch Zusammendrücken des Ventils "E" soviel Säure aus der Messpipette auslaufen bis sich genau 5 ml Flüssigkeit in ihr befinden (**Abb. 12**).

Das Ablesen der Höhe der Flüssigkeitssäule erfolgt hier wie oben beschrieben.



Abb. 11



Abb. 12

Aufbau (8/9)

PHYWE
excellence in science

Nimm die Messpipette aus der Salzsäure vorsichtig heraus und führe sie in den Erlenmeyerkolben ein. Durch Zusammendrücken des Ventils "E" wird sie vollständig in das Gefäß entleert.

Beim Auslaufen verbleibt ein kleiner Tropfen in der Spitze der Messpipette. Dies wurde beim Eichen der Pipette bereits berücksichtigt, so dass er nicht aus der Pipette entfernt werden muss.

Platziere den Erlenmeyerkolben unter dem Hahn der Bürette und fülle mit Hilfe der Spritzflasche mit ein wenig Wasser auf (**Abb. 13**). Es sollten sich nicht mehr als zwei Zentimeter Flüssigkeit befinden.

Gib mit Hilfe der Pipette mit Gummihütchen 3 bis 5 Tropfen deines Indikators zur Säure-Lösung hinzu (**Abb. 14**).



Abb. 13



Abb. 14

Aufbau (9/9)

PHYWE
excellence in science



Versuchsaufbau

- Entferne das Reservoir von der pH-Messelektrode des Cobra SMARTsense pH und spüle die Spitze der Elektrode kurz mit destilliertem Wasser ab.
- Führe die pH-Messelektrode in den Erlenmeyerkolben ein, sodass sie vollständig von der Lösung im Kolben benetzt ist.

Durchführung

PHYWE
excellence in science

- Durch vorsichtiges Drehen des Bürettenhahns wird eine mittlere Tropfgeschwindigkeit eingestellt. Es müssen hierbei einzelne Tropfen beobachtbar sein.
- Der Erlenmeyerkolben mit der Säure wird **vorsichtig** hin und her geschwenkt. Es dürfen sich keine Spritzer bilden (**Achtung: Säure!**) und die pH-Elektrode sollte nicht aus dem Erlenmeyerkolben fallen.
- Sobald sich eine Farbänderung in der Säurelösung zeigt, wird die Zutropfgeschwindigkeit durch vorsichtiges Drehen des Bürettenhahnes verringert.
- Nach dem ersten Tropfen, bei dem die Farbänderung permanent bleibt, wird der Hahn geschlossen. Das Volumen an verbrauchter Natronlauge wird an der Bürette abgelesen und notiert.
- Die beobachtete Farbänderung wird notiert und mit den veränderten pH-Werten verglichen.

PHYWE
excellence in science



Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE
excellence in science

Wie groß ist die jeweils berechnete Konzentration der vorgelegten Salzsäure?

Aufgabe 2

PHYWE
excellence in science

Ziehe die Begriffe in die richtigen Lücken im Text.

Bei der Titration einer starken Säure, wie , mit einer starken Base, wie , ist der gleichzeitig auch der .

 Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE
excellence in science

Interpretiere die Ergebnisse der einzelnen Titrationsen! Warum ist die Wahl eines geeigneten Indikators für den Erfolg der Titration wichtig?

Aufgabe 4

PHYWE
excellence in science

Trage den fehlenden Wert ein.

Mischt man eine Säure mit dem pH-Wert 0 und eine Lauge mit dem pH-Wert 14 in einem Verhältnis von 1:1, so erhält man einen pH-Wert von .

✓ Überprüfen



Nachweis des pH-Werts

Aufgabe 5

PHYWE
excellence in science

Beschreibe in Stichworten den Kurvenverlauf. Was sind charakteristische Merkmale und wie lassen diese sich erklären?

Aufgabe 6

PHYWE
excellence in science

Die molare Masse M ist eine wichtige Größe in Titrationsversuchen. In welcher Einheit wird sie gemessen?

 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\text{km} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\text{kg} \cdot \text{mol}$ Überprüfen


Die molare Masse ist eine wichtige Größe in der Chemie.

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 27: Titration einer starken Säure	0/4
Folie 29: pH-Wert	0/1
Folie 31: Molare Masse	0/2

Gesamtsumme  0/7

 Lösungen

 Wiederholen

 Text exportieren