

Titration einer mehrwertigen Säure gegen eine starke Base mit Cobra SMARTsense



Chemie

Analytische Chemie

Titration



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

20 Minuten



Durchführungszeit

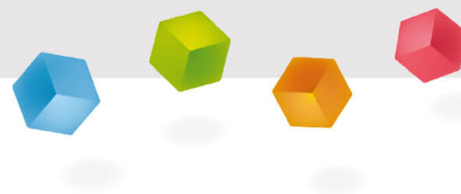
20 Minuten

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/63dcdeabadfa6e000340a6b5>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



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 mehrwertige Säure (Phosphorsäure) 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

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 dieser Titration handelt es sich um ein maßanalytisches Verfahren zur Bestimmung der Konzentrationen von Säuren und Basen. In diesem Versuch wird die Konzentration einer mehrwertigen Säure gegen eine starke Base titriert, die pH-Werte mittels einer pH-Elektrode abgelesen, die Äquivalenzpunkte durch Indikatoren bestimmt. Schließlich die Konzentration der Säure berechnet.

Sonstige Lehrerinformationen (2/6)

PHYWE

Lernziel



Den Schülern erlernen, dass es auch mehrwertige Säuren mit mehreren Äquivalenzpunkten gibt. Es sollen bei diesem Experiment exemplarisch auch 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 bei diesem Experiment eine Messkurve für die Titration einer mehrwertigen Säure mit einer starken Base aufnehmen. Hierbei werden dann die charakteristischen Merkmale einer solchen Titrationskurve identifiziert und die Äquivalenzpunkte bestimmt.

Sonstige Lehrerinformationen (3/6)

PHYWE

Methodische Bemerkungen

- Es ist empfehlenswert, den Versuch in zwei Gruppen (A und B) durchzuführen, da für jeden Äquivalenzpunkt eine Titration durchgeführt wird. Jeweils zwei Gruppenpaare (A und B) teilen ihre Messwerte der jeweils anderen zugehörigen Gruppe mit.
- 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)

PHYWE

Vorbereitung

- Es muss vorab eine 0,1 M Phosphorsäure aus der 85%-igen Phosphorsäure hergestellt werden (In einem geeigneten Gefäß 500 ml dest. Wasser vorlegen, pipettieren Sie 6,8 ml 85%-ige Phosphorsäure und füllen auf 1 l mit dest. Wasser auf).
- Es muss eine 1 M Natronlauge-Lösung hergestellt werden (8 g Natriumhydroxid in 200 ml dest. Wasser lösen).

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

- Falls die letzte Kalibrierung länger als 6 Monate her ist, sollte vor der Aufnahme der Titrationskurve der pH-Sensor kalibriert werden, damit es nicht zu einer Verfälschung der Ergebnisse kommt (siehe Bedienungsanleitung des Sensors).

Sonstige Lehrerinformationen (5/6)

PHYWE

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

- 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.

Sonstige Lehrerinformationen (6/6)

PHYWE

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

- 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.

Variante

- 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

Sicherheitshinweise

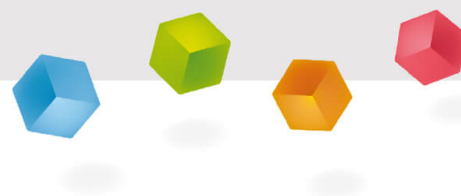
PHYWE



- 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

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



In Cola befindet sich
Phosphorsäure

Sei es in Lebensmitteln z. B. als Essig, Obst, Cola oder in der Batteriesäure, wir treffen überall in unserem Alltag auf Säuren. Hier spielen sie wichtige Rollen. Dabei sind Säuren nicht alle gleich. Zum Beispiel gehört die Phosphorsäure, die sich als Säuerungsmittel in Cola befindet, zu den mehrwertigen (mehrprotonigen) Säuren.

Ein anderes Beispiel ist die Schwefelsäure, die sich in der Batteriesäure unserer Autobatterien befindet. Diese Säuren können in mehreren aufeinanderfolgenden Dissoziationsstufen jeweils ein Proton abgeben.

Um sicher mit Säuren und Basen umgehen zu können, ist es wichtig ihre Konzentration zu kennen. Diese kann man durch Titration bestimmen. So eine Konzentrationsbestimmung führen wir in diesem Versuch mit der mehrprotonigen Phosphorsäure durch.

Aufgaben

PHYWE



Es soll mit Hilfe einer potentiometrischen Titration die Konzentration der Phosphorsäure bestimmt werden. Es werden zwei Gruppen gebildet.

Gruppe A: Ermittle den Äquivalenzpunkt über einen geeigneten Indikator (Methylorange).

Gruppe B: Ermittle den Äquivalenzpunkt über einen geeigneten Indikator (Phenolphthalein).

Die jeweiligen Messwerte werden untereinander ausgetauscht.

Untersuche die erstellte Titrationskurve auf charakteristische Merkmale.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense pH - Sensor zur Messung des pH-Wertes 0 ... 14 (Bluetooth)	12921-00	1
2	PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, d ≤ 14 mm	02001-00	1
3	Bürettenklemme mit 1 Rollenhalter	37720-01	1
4	Pipettierball, Universalmodell (bis 100 ml), 3 Ventile	47127-02	1
5	Pipette mit Gummikappe, l = 100 mm	64701-00	1
6	Laborschreiber, wasserfest, schwarz	38711-00	1
7	Erlenmeyerkolben, Boro, Weithals, 100 ml	46151-00	1
8	Schutzbrille "classic" - OneSize, Unisex	39316-00	1
9	Laborbecher, Kunststoff (PP), 50 ml	36080-00	1
10	Spritzflasche, 250 ml, Kunststoff	33930-00	1
11	Trichter, Kunststoff (PP), Oben-d = 40 mm	36888-00	1
12	Messpipette, 5 ml, Teilung 0,1 ml	36599-00	1
13	Bürette mit geradem Glashahn, 10 ml	47152-03	1
14	Stativstange Edelstahl, l = 370 mm, d = 10 mm	02059-00	1
15	Natriumhydroxid, Perlen, 500 g	30157-50	1
16	ortho-Phosphorsäure, 85%, 250 ml	30190-25	1
17	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	1
18	Methylorangelösung, 0,1% 250 ml	31573-25	1
19	Phenolphthaleinlösung 0,5% in Ethanol, 100 ml	31715-10	1
20	Puffertabletten, pH 4,00, 100 Stück	30281-10	1
21	Puffertabletten, pH 10,00, 100 Stück	30283-10	1

Aufbau und Durchführung

PHYWE



Aufbau und Durchführung

Aufbau (1/7)

PHYWE

Zur Messung mit den **Cobra SMARTsense Sensoren** wird die **PHYWE measureAPP** benötigt. Die App kann kostenfrei im jeweiligen App Store (QR-Codes siehe unten) heruntergeladen werden. Bitte überprüfe vor dem Starten der App, ob auf deinem Gerät (Smartphone, Tablet, Desktop-PC) **Bluetooth aktiviert** ist.



iOS



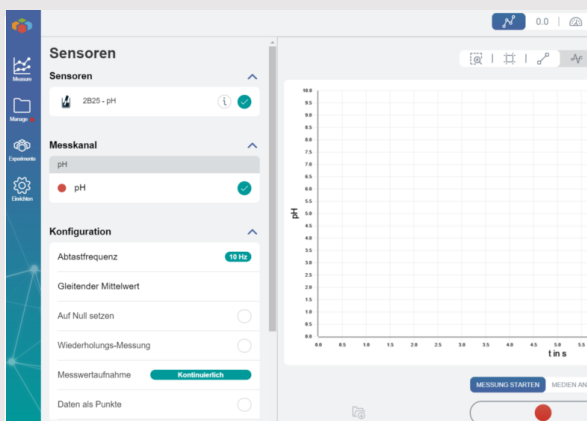
Android



Windows

Aufbau (2/7)

PHYWE



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 (3/7)

PHYWE

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**).

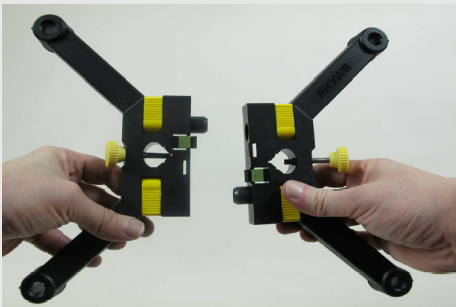


Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3

Aufbau (4/7)

PHYWE

- Drücke mit Daumen und Zeigefinger die beiden Hebel der Bürettenklemme zusammen (Abb. 4).
- Platziere die Bürette zwischen den vier gummierten Rollen und fixiere die Bürette durch langsames Loslassen der beiden Hebel (Abb. 5).



Abb. 4



Abb. 5

Aufbau (5/7)

PHYWE

- Befülle mit Hilfe des Trichters die Bürette mit der 1 M Natronlauge. Verwende hierzu einen Laborbecher und beschrifte diesen, um eine Verwechslungsgefahr auszuschließen. Fülle die 10-ml-Bürette vorsichtig bis über den obersten Eichstrich. Achte darauf, dass sich keine Luftbläschen in der Bürette befinden, und dass nichts überläuft (Abb. 6).
- Beschrifte einen zweiten Laborbecher und platziere ihn unter den Hahn der Bürette und öffne diese vorsichtig. Lasse so viel Natronlauge ab, bis der oberste Eichstrich der Flüssigkeitssäule erreicht ist (Abb. 7).



Abb. 6



Abb. 7

Aufbau (6/7)

PHYWE



Abb. 10

- Es bildet sich auf der Oberfläche der Flüssigkeitssäule in der Bürette eine nach unten gebogene Wölbung, der sogenannte Meniskus. 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. 10).
- Fülle den Erlenmeyerkolben mit 50 ml der bereitgestellten Phosphorsäure. Platziere den Erlenmeyerkolben unter dem Hahn der Bürette, der Hahn sollte den inneren Rand des Erlenmeyerkolbens berühren. Führe die pH-Messelektrode ein, sodass sie vollständig von der Lösung benetzt ist.

Aufbau (7/7)

PHYWE



Fertiger
Versuchsaufbau

- Stecke ein Gummihütchen auf eine Pasteurpipette
- Halte Pasteurpipette senkrecht und führe ihre Spitze in die bereitgestellte Indikatorlösung ein:
 - Gruppe A: Gib mit Hilfe der Pipette 3 bis 5 Tropfen Methylorange zur Säure-Lösung hinzu, indem du den Pipettierball vorsichtig zusammendrückst.
 - Gruppe B: Gib mit Hilfe der Pipette 3 bis 5 Tropfen Phenolphthalein zur Säure-Lösung hinzu, indem du den Pipettierball vorsichtig zusammendrückst.

Durchführung (1/2)

PHYWE

Starte die Messung.

Gruppe A:

- Gib durch vorsichtiges Aufdrehen zunächst 1 ml der Natronlauge in den Erlenmeyerkolben.
- Schwenke den Erlenmeyerkolben nach jeder Zugabe vorsichtig hin und her. Es dürfen sich keine Spritzer bilden (Achtung: Säure!). Notiere den pH-Wert, wenn dieser sich eingestellt hat.
- Nachdem 4 ml titriert wurden, muss in 0,2 ml Schritten titriert werden bis der Äquivalenzpunkt erreicht wurde. Nachdem der Äquivalenzpunkt erreicht wurde kann erneut in 1 ml Schritten titriert werden.
- Beende und speichere deine Messung.

Die Ergebnisse zwischen Gruppe A und B werden untereinander getauscht um beide Titrationskurven zu erstellen. Trage alle Werte in die Tabelle im Protokoll ein. Notiere ebenfalls die beobachtete Farbänderung (pH-Wert und Phosphorsäure-Verbrauch). Beschreibe die gemessene Titrationskurve im Protokoll.

Durchführung (2/2)

PHYWE

Starte die Messung.

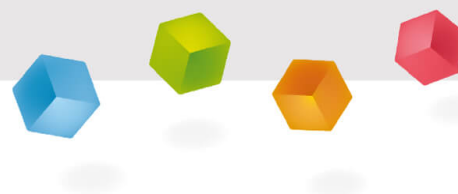
Gruppe B:

- Gib durch vorsichtiges Aufdrehen zunächst 1 ml der Natronlauge in den Erlenmeyerkolben.
- Schwenke den Erlenmeyerkolben nach jeder Zugabe vorsichtig hin und her. Es dürfen sich keine Spritzer bilden (Achtung: Säure!). Notiere den pH-Wert, wenn dieser sich eingestellt hat.
- Nachdem 9 ml titriert wurden, muss in 0,2 ml Schritten titriert werden bis der Äquivalenzpunkt erreicht wurde.
- Beende und speichere deine Messung.

Die Ergebnisse zwischen Gruppe A und B werden untereinander getauscht um beide Titrationskurven zu erstellen. Trage alle Werte in die Tabelle im Protokoll ein. Notiere ebenfalls die beobachtete Farbänderung (pH-Wert und NaOH-Verbrauch). Beschreibe die gemessene Titrationskurve im Protokoll.

PHYWE

Protokoll



Aufgabe 1 (1/3)

PHYWE

Trage deine Ergebnisse und die der anderen Gruppe in die Tabelle ein und lasse dir den Graphen anzeigen.

	V (NaOH) (ml)	pH-Wert		V (NaOH) (ml)	pH-Wert
1			6		
2			7		
3			8		
4			9		
5			10		

Aufgabe 1 (1/3)

PHYWE

Trage deine Ergebnisse und die der anderen Gruppe in die Tabelle ein und lasse dir den Graphen anzeigen.

	V (NaOH) (ml)	pH-Wert		V (NaOH) (ml)	pH-Wert
1			6		
2			7		
3			8		
4			9		
5			10		

Aufgabe 1 (2/3)

PHYWE

Trage deine Ergebnisse und die der anderen Gruppe in die Tabelle ein und lasse dir den Graphen anzeigen.

	V (NaOH) (ml)	pH-Wert		V (NaOH) (ml)	pH-Wert
11			16		
12			17		
13			18		
14			19		
15			20		

Aufgabe 1 (3/3)

PHYWE

Trage deine Ergebnisse und die der anderen Gruppe in die Tabelle ein und lasse dir den Graphen anzeigen.

	V (NaOH) (ml)	
21		
22		
23		

Aufgabe 2

PHYWE

Was ist ein Äquivalenzpunkt?

- ☐ Am Äquivalenzpunkt beschreibt die Titrationskurve ein Maximum. Hier gilt $n(\text{Säure}) < n(\text{Base})$.
- ☐ Am Äquivalenzpunkt beschreibt die Titrationskurve ein Maximum. Hier gilt $n(\text{Säure}) > n(\text{Base})$.
- ☐ Am Äquivalenzpunkt ist der pH-Wert bei einer Säure-Base-Titration immer 7.
- ☐ Am Äquivalenzpunkt beschreibt die Titrationskurve einen Wendepunkt. Hier gilt $n(\text{Säure}) = n(\text{Base})$.

✓ Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE

Beschreibe den Kurvenverlauf in Stichworten. Erläutere charakteristische Merkmale (Tipp: Äquivalenzpunkt, Neutralpunkt).

Aufgabe 4

PHYWE

Wähle die erste Dissoziationsstufe der Phosphorsäure aus.

- ☐ Keine der Antworten ist korrekt.
- ☐ Erste Dissoziationsstufe der Phosphorsäure: $H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_2PO_4^- + H_3O^+$.
- ☐ Erste Dissoziationsstufe der Phosphorsäure: $H_2PO_4^- + H_2O \leftrightarrow HPO_4^{2-} + H_3O^+$.
- ☐ Erste Dissoziationsstufe der Phosphorsäure: $HPO_4^{2-} + H_2O \leftrightarrow PO_4^{3-} + H_3O^+$.

✓ Überprüfen

Aufgabe 6

PHYWE

Wähle die zweite Dissoziationsstufe der Phosphorsäure aus.

- ☐ Keine der Antworten ist korrekt.
- ☐ Zweite Dissoziationsstufe der Phosphorsäure: $HPO_4^{2-} + H_2O \leftrightarrow PO_4^{3-} + H_3O^+$.
- ☐ Zweite Dissoziationsstufe der Phosphorsäure: $H_2PO_4^- + H_2O \leftrightarrow HPO_4^{2-} + H_3O^+$.
- ☐ Zweite Dissoziationsstufe der Phosphorsäure: $H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_2PO_4^- + H_3O^+$.

✓ Überprüfen