

Experimentelle Bestätigung: Henderson-Hasselbalch mit Cobra SMARTsense

(Artikelnr.: P7511769)

Curriculare Themenzuordnung



Schwierigkeitsgrad



Schwer

Vorbereitungszeit



10 Minuten

Durchführungszeit



20 Minuten

empfohlene Gruppengröße



2 Schüler/Studenten

Zusätzlich wird benötigt:

Versuchsvarianten:

Schlagwörter:

pH-Wert, Puffer, Neutralisation, Stoffmenge, Konzentration

Lehrerinformationen

Einführung

Anwendung

Pufferlösungen bestehen meist aus schwachen Säuren und ihren konjugierten Basen. Die Säuren neutralisieren Hydroxid-Ionen, die Basen hingegen die Oxonium-Ionen. Pufferlösungen lassen sich herstellen, indem man eine äquimolare Mischung aus schwachen Säuren mit ihrem Salz (z.B. Essigsäure und Natriumacetat) bzw. schwachen Basen mit ihrem Salz (z.B. Ammoniumchlorid und Ammoniak) herstellt.



Versuchsaufbau

Lernziele

Die Schüler sollen durch die Herstellung eines Puffers die Henderson-Hasselbalch-Gleichung verstehen sowie ein tieferes Verständnis über die Wirkungsweise von Puffern erhalten.

Aufgabe

Die Schüler sollen die Wirkungsweise eines Puffers mittels einer geeigneten Pufferlösung (hier: Acetatpuffer) durch Zugabe einer starken Base verstehen.

Vorwissen

Die Schüler sollten erste experimentelle Erfahrungen im Umgang mit Säuren und Basen gesammelt haben. Die Funktionsweise volumetrischer Messinstrumente (Messpipette, Pipettierball) sollte den Schülern bekannt sein. Ein grundlegendes Verständnis über die Wirkungsweise einer Pufferlösung sollte vorhanden sein.

Prinzip

Die Henderson-Hasselbalch-Gleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen pH-Wert und der Gleichgewichtslage einer Säure-Base-Reaktion (mittelstarke Säure und korrespondierende Base). Sie leitet sich aus der Gleichung vom Protolysegleichgewicht schwacher Elektrolyte ab. Insbesondere findet die Gleichung Verwendung bei Pufferlösungen. Wird ein bestimmter pH-Wert der Pufferlösung für eine Reaktion verlangt, kann man die benötigte Menge der korrespondierenden Base über die Gleichung berechnen.

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{S}} + \log_{10} \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$$

Henderson-Hasselbalch-Gleichung

Vorbereitung:

Es muss eine 0,1 M Essigsäure-Lösung hergestellt werden (Legen Sie in ein geeignetes Gefäß 250 ml dest. Wasser vor, pipettieren Sie 2,8 ml konzentrierte Essigsäure und füllen Sie auf 500 ml mit dest. Wasser auf).

Hinweis zur Versuchsdurchführung

Die Schüler sollen die benötigte Menge an Natriumacetat trihydrat berechnen.

Musterlösung: $m(\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}) = 0,23648 \text{ g}$

Entsorgung

Die verwendeten Lösungen können im Sammelbehälter für Säure- und Basen-Abfälle entsorgt werden.

Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Cobra SMARTsense - pH, 0 ... 14	12921-00	1
2	Erlenmeyer, Weithals, BORO 3.3, 100 ml	46151-00	1
3	Stativstange Edelstahl 18/8, l = 370 mm, d = 10 mm	02059-00	1
4	Messpipette 5 ml, Teilung 0,1 ml	36599-00	1
5	Laborschreiber, wasserfest	38711-00	1
6	Spritzflasche, 250 ml, Kunststoff	33930-00	1
7	Schutzbrille, farblose Scheiben	39316-00	1
8	Laborbecher, niedrige Form, 50 ml, PP	36080-00	2
9	Pipettierball, Universalmodell (bis 100 ml), 3 Ventile	47127-02	1
10	Doppelmuffe	02043-00	1
11	Kraftmesserhalter	03065-20	1
12	Elektrodenhalter, schwenkbar	18461-88	1
13	Stativfuß, variabel	02001-00	1
14	Doppelspatel, Stahl, l = 150 mm	33460-00	1
	Taschenwaage, OHAUS YA 102, 100 g/ 0,01 g	49212-00	1
	Natriumacetat-3-Hydrat	30149-25	
	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	
	Essigsäure 99-100%ig 500 ml	31301-50	
	Puffertabletten, pH 4,00, 100 Stück	30281-10	
	Puffertabletten, pH 10,00, 100 Stück	30283-10	

Android

iPad



Sicherheitshinweise



H- und P-Sätze

Essigsäure (0,1 mol/l):

H226:	Flüssigkeit und Dampf entzündbar.
H314:	Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
P280:	Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.
P301 + P330 + P331:	Bei Verschlucken: Mund ausspülen. Kein Erbrechen herbeiführen.
P307 + P310:	Bei Exposition: Sofort Giftinformationszentrum, Arzt oder ... anrufen.
P305 + P351 + P338:	Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen.

Gefahren

- Säuren und Laugen wirken ätzend!
- Unbedingt Schutzbrille tragen!

Experimentelle Bestätigung: Henderson-Hasselbalch mit Cobra SMARTsense (Artikelnr.: P7511769)

Einführung

Anwendung und Aufgabe

Wie wirkt ein Puffer?

Anwendung

Im Chemielabor benötigt man Pufferlösungen insbesondere um Reaktionen bei einem konstanten pH-Wert ablaufen zu lassen. Aber auch in unserem Körper spielen sie eine große Rolle. Durch saure und basische Stoffwechselprodukte und deren Substrate wird der pH-Wert in unserem Organismus verändert. Puffersysteme erhalten den physiologischen pH-Wert von 7,4 aufrecht. Dies ist für diverse Funktionen im Körper essentiell wichtig z.B. sind Enzyme nur bei einem physiologischen pH-Wert aktiv.



Abb. 1: Versuchsaufbau

Aufgabe

Stelle einen Acetatpuffer mit einem pH-Wert von 5 her. Berechne hierzu die benötigte Menge an Natriumacetat-3-Hydrat über die Henderson-Hasselbalch-Gleichung.

Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Cobra SMARTsense - pH, 0 ... 14	12921-00	1
2	Erlenmeyer, Weithals, BORO 3.3, 100 ml	46151-00	1
3	Stativstange Edelstahl 18/8, l = 370 mm, d = 10 mm	02059-00	1
4	Messpipette 5 ml, Teilung 0,1 ml	36599-00	1
5	Laborschreiber, wasserfest	38711-00	1
6	Spritzflasche, 250 ml, Kunststoff	33930-00	1
7	Schutzbrille, farblose Scheiben	39316-00	1
8	Laborbecher, niedrige Form, 50 ml, PP	36080-00	2
9	Pipettierball, Universalmodell (bis 100 ml), 3 Ventile	47127-02	1
10	Doppelmuffe	02043-00	1
11	Kraftmesserhalter	03065-20	1
12	Elektrodenhalter, schwenkbar	18461-88	1
13	Stativfuß, variabel	02001-00	1
14	Doppelspatel, Stahl, l = 150 mm	33460-00	1
	Taschenwaage, OHAUS YA 102, 100 g/ 0,01 g	49212-00	1
	Natriumacetat-3-Hydrat	30149-25	
	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	
	Essigsäure 99-100%ig 500 ml	31301-50	
	Puffertabletten, pH 4,00, 100 Stück	30281-10	
	Puffertabletten, pH 10,00, 100 Stück	30283-10	

Android

iPad



Aufbau und Durchführung

Aufbau

Gefahren

- Säuren und Laugen wirken ätzend!
- Unbedingt Schutzbrille tragen!



Aufbau

- Der Aufbau erfolgt gemäß Abb. 1.
- pH-Elektrode am entsprechenden Eingang der Cobra SMARTsense 'pH' anschliessen.
- Cobra SMARTsense 'pH' durch Drücken des Powerknopfes anschalten.
- Sicherstellen, dass Bluetooth auf dem Gerät aktiviert ist. PHYWE measure APP  öffnen und **Sensor "pH"** (Abb. 2) sowie Messkanal 'pH' auswählen (Abb. 3).

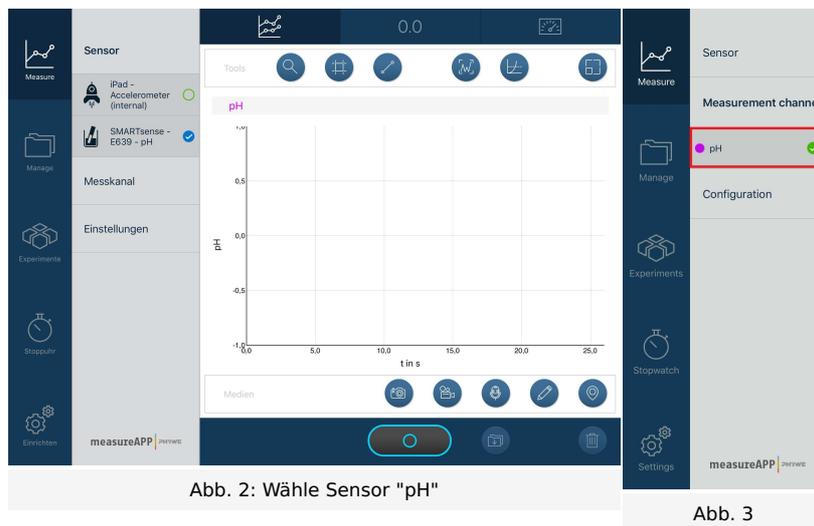


Abb. 2: Wähle Sensor "pH"

Abb. 3

Stecke die beiden Hälften des Stativfußes zusammen (Abb. 4). Befestige die Stativstange im Stativfuß (Abb.5).

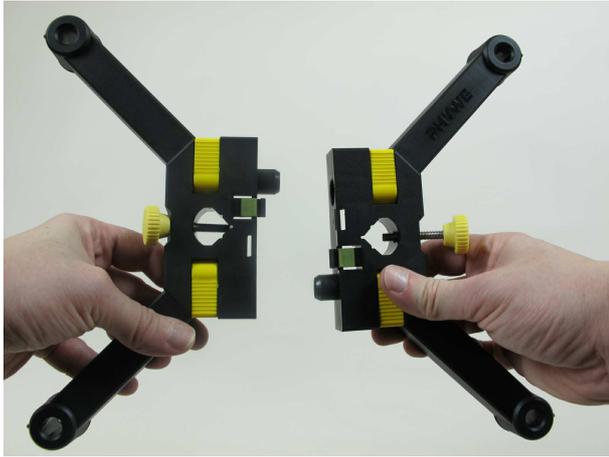


Abb. 4



Abb. 5

Füge den Elektrodenhalter aus der Stativstange mit Bohrung und dem Kraftmesserhalter zusammen (Abb. 6).

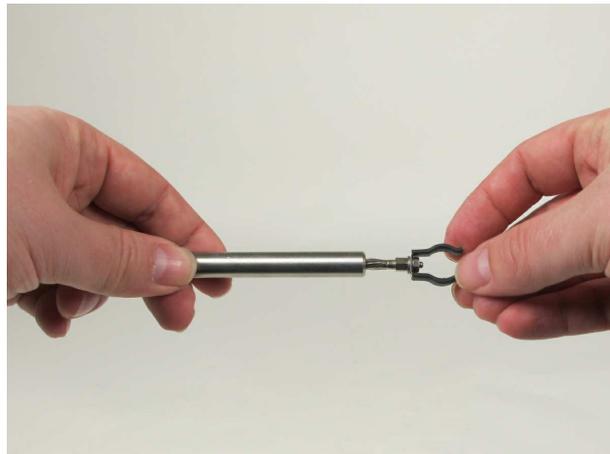


Abb. 6

Befestige mit Hilfe der Doppelmuffe den Elektrodenhalter an der Stativstange (Abb. 7 + 8) und anschließend die pH-Elektrode im Elektrodenhalter.



Abb. 7



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).

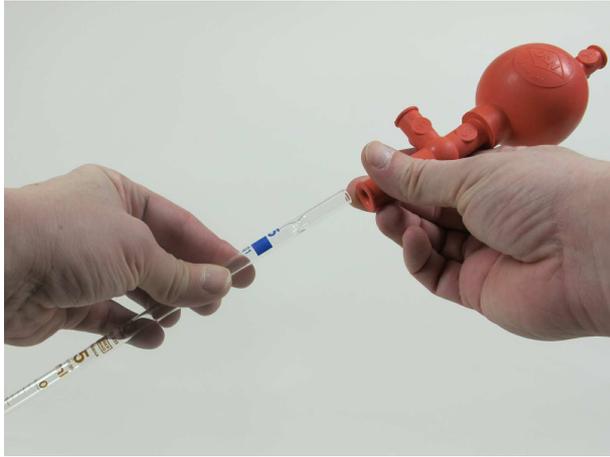


Abb. 9



Abb. 10

Halte die Messpipette senkrecht und führe ihre Spitze in die bereitgestellte 0,1 M Essigsäurelösung ein. Durch vorsichtiges Zusammendrücken des Ventils "S" füllt sich die Pipette langsam mit der Essigsäure. Achte darauf, dass sich die Pipette nicht zu schnell füllt. Es dürfen sich keine Luftbläschen in der Flüssigkeit befinden. Vorsicht: Es darf keine Lauge 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).



Abb. 11



Abb. 12

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. 13).



Abb. 13

Nimm die Messpipette aus der Lösung vorsichtig heraus und führe sie in den Erlenmeyerkolben ein. Durch Zusammendrücken des Ventils "E" wird sie vollständig in das Gefäß entleert. Es sollten insgesamt 10 ml der 0,1 M Essigsäurelösung in den Erlenmeyerkolben pipettiert werden. 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.

Kalibration der pH-Elektrode

- **Kalibrierung der pH-Elektrode:**

Die Kalibrierung der pH-Elektrode wird mit Puffertabletten vorgenommen. Dabei zur Herstellung der Pufferlösung mit den Puffertabletten je 20 ml destilliertes Wasser verwenden.

- gehe zu "Configuration" (Abb. 14)
- gehe zu (ggf. nach unten scrollen) "Calibration" (Abb. 14)
- Wert anklicken und den entsprechenden pH-Wert eingeben (Abb. 15)

Falls die verwendete Elektrode vor Kurzem bereits kalibriert wurde, kann auf eine erneute Kalibrierung verzichtet werden.

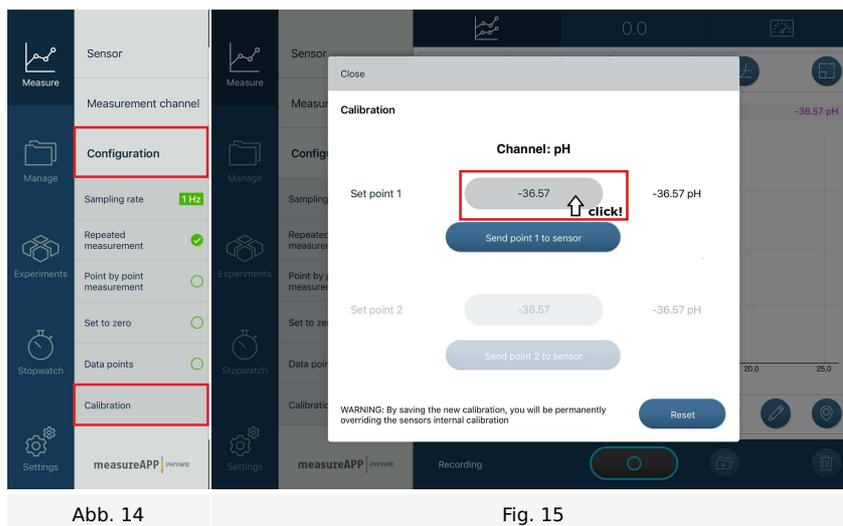


Abb. 14

Fig. 15

- Wiederholen Sie den Vorgang für den zweiten Wert (Set Point 2).

Durchführung

Berechnung

Um einen Acetatpuffer mit dem pH-Wert 5 herzustellen, benötigt man die Henderson-Hasselbalch-Gleichung.

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{S}} + \log_{10} \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$$

Henderson-Hasselbalch

Es werden folgende Werte für die Berechnung der benötigten Menge (m) an Natriumacetat-3-Hydrat vorgegeben.

pK_s(Essigsäure): 4,76
c(Essigsäure): 0,1 mol/l
V(Essigsäure): 10 ml

Verwende gegebenenfalls benötigte stöchiometrische Formeln sowie molare Massen aus deiner Formelsammlung.

Notiere den berechneten Wert im Protokoll.

Durchführung

Gib die berechnete Menge Natriumacetat-3-Hydrat in das vorbereitete Becherglas. Fülle auf 20 ml mit dest. Wasser auf. Achte darauf, dass der Puffer gut durchgemischt ist.

Ermittle den pH-Wert der Lösung und notiere den Wert im Protokoll.

Entsorgung

Die in diesem Experiment verwendeten Lösungen können im Behälter für Säure- und Base-Abfälle entsorgt werden.

Protokoll: Experimentelle Bestätigung: Henderson-Hasselbalch mit Cobra SMARTsense

Ergebnis - Frage 1

Notiere die berechnete Menge an Natriumacetat.

.....

.....

.....

.....

Ergebnis - Frage 2

Notiere den pH-Wert des hergestellten Acetatpuffers. Falls er vom erwünschten Ergebnis ($\text{pH} = 5$) abweicht, überlege dir Fehlermöglichkeiten.

.....

.....

.....

.....

Auswertung - Frage 1

Warum ist es nicht möglich, aus einer starken Säure und einer starken Base ein Puffersystem herzustellen?

.....

.....

.....

.....

Auswertung - Frage 2

Nenne 3 physiologische Puffersysteme.

.....

.....

.....

.....