



IJSO 2019

DOHA, QATAR

16th International Junior Science Olympiad

Praktische Klausur

9. Dezember 2019

Blättert **NICHT** zur nächsten Seite um, bevor das Startsignal gegeben wurde.

BEARBEITUNGS- UND SICHERHEITSHINWEISE

1. Folgt stets den Anweisungen und Durchführungen.
2. Arbeitet sicher, verhaltet Euch rücksichtsvoll und führt die Versuche umweltverträglich durch. Diskussionen mit den eigenen Teammitglieder sind leise zu führen, um die anderen Teilnehmer nicht zu stören.
3. Ihr müsst während der gesamten Klausur einen Schutzkittel und eine Schutzbrille tragen. In den Aufgaben 1 und 3 kann die Schutzmaske sinnvoll sein.
4. Wenn Ihr Chemikalien verschüttet oder Glas zerbricht, hebt die Hand und bittet um Hilfe durch die Aufsicht führende Person.
5. Essen und Trinken sind im Prüfungsraum verboten. In dringenden Fällen, hebt die Hand und wartet, bis eine Aufsicht führende Person bei Euch ist. Sie begleitet Euch zum Essen oder Trinken vor den Prüfungsraum.
6. Auch wenn Ihr mit der Bearbeitung der Klausur fertig seid, müsst Ihr an Eurem Platz bleiben. Verlasst den Prüfungsraum erst, wenn Ihr dazu aufgefordert werdet. Hebt die Hand, wenn Ihr auf die Toilette müsst und wartet, bis eine Aufsicht führende Person bei Euch ist.
7. **Beginnt erst, wenn das Startsignal gegeben wird.**
8. Ihr habt **4 Stunden** um ...
 - a. alle genannten Experimente durchzuführen,
 - b. alle Berechnungen anzustellen,
 - c. alle Diagramme und Zeichnungen anzufertigen und
 - d. alle Ergebnisse in den **GELBEN** Antwortbogen einzutragen.

Am Ende der Prüfungszeit gibt es ein Stoppsignal. Nach diesem Signal müsst Ihr sofort alle Arbeiten und Eintragungen abbrechen.
9. Überprüft, ob Ihr **drei** vollständige Ausdrucke der Praktischen Klausur bekommen habt. **Nur der gelbe Antwortbogen wird bewertet.**
10. **Benutzt nur den Kugelschreiber, den Bleistift und den Taschenrechner, die Euch von den Organisatoren zur Verfügung gestellt wurden. Schreibt alle Rechnungen ausschließlich mit dem Kugelschreiber.**
11. Überprüft, ob Euer Team Code und alle drei Schüler Codes auf der ersten und letzten Seite des Antwortbogens stehen. **Jedes Teammitglied muss auf dem Deckblatt des gelben Antwortbogens unterschreiben.**
12. Schreibt Eure Antworten in die entsprechenden Stellen auf dem Antwortbogen. Nur Ergebnisse, die an den vorgesehenen Stellen stehen, werden bewertet.



13. Legt den gelben Antwortbogen nach dem Stoppsignal auf den Umschlag auf Euren Tisch. Wartet, bis eine Aufsicht führende Person den Antwortbogen eingesammelt hat. Alle anderen Materialien bleiben im Prüfungsraum zurück, nimm diese NICHT mit.

Am Arbeitsplatz befindet sich eine eingebaute Abwasserentsorgung – Entsorgt alle Flüssigabfälle in diesem Ausguss.



KLAUSURREGELN

1. Alle Teilnehmer müssen **zehn Minuten** vor Klausurbeginn am Eingang der Klausurhalle anwesend sein.
2. Es dürfen keine anderen Hilfsmittel als persönliche Medikamente oder dir verordnete persönliche medizinische Hilfsmittel in den Klausorraum mitgebracht werden.
3. Jedes Team muss an dem für es bestimmten Tisch sitzen.
4. Prüft zunächst die Klausurbögen. Meldet Euch, falls irgendetwas fehlt. Beginnt erst nach dem Startsignal.
5. Ihr dürft Teilnehmende anderer Teams und den Klausurablauf während der Klausur nicht stören. Falls Ihr Hilfe brauchst, hebt die Hand und warte, bis eine Aufsicht führende Person zu dir an den Platz kommt.
6. Auch wenn Ihr Eure Klausur beendet habt, müsst Ihr leise an Eurem Tisch sitzen bleiben, bis die Klausurzeit zu Ende ist.
7. Am Ende der Klausurzeit gibt es ein Stoppsignal. Nach dem Signal darf nichts mehr in den Antwortbogen eintragen werden. Alle Teilnehmenden verlassen den Raum leise, und erst nachdem alle Antwortbögen eingesammelt wurden und ein Signal zum Verlassen des Raums gegeben wurde.



ALLGEMEINE INFORMATIONEN

Konstanten	
Gravitationskonstante	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
allgemeine Gaskonstante	$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
	$R = 0,08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
Brechungsindex von Luft	$n = 1$
Avogadro-Konstante	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Planck'sches Wirkungsquantum	$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Spezifische Wärmekapazität von Wasser	$c_w = 4,18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$
Druck	$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$
Dichte von Wasser	$1 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$
Standardabweichung	$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$



geänderte Darstellung - Original in Printversion



EINLEITUNG

Wegen seiner geographischen Lage und des Wüstenklimas hat Katar keinen direkten Zugang zu Süßwasser. Daher ist Meerwasser die wichtigste Wasserquelle für die Menschen in Katar und macht etwa die Hälfte des verwendeten Wassers aus.

Die Nachhaltigkeit in der Wasserversorgung wird immer wichtiger. Katar produziert heutzutage jährlich große Mengen an entsalztem Wasser, vor allem mit klassischen thermischen Entsalzungstechnologien.

Die drei wichtigsten Entsalzungsanlagen Katars sind:

Ras Abu Fontas B-1

Ras Laffan-A

Ras Laffan-B

Die Wasserqualität ist für Mensch und Tier von großer Bedeutung. Ein Faktor, der die Wasserqualität beeinflusst, ist der Salzgehalt. Aus einigen Studien geht hervor, dass der Salzgehalt im Wasser einen negativen Einfluss auf die Milchproduktion von Kamelen hat. Andererseits belegen andere Studien dies nicht.

Können unsere IJSO-Wissenschaftler mit ihrem Physik-, Chemie- und Biologiewissen Meerwasser und entsalztes Wasser voneinander unterscheiden?

Zu Beginn bekommt Ihr vier verschiedene Wasserproben.

Da Ihr verschiedene Proben zur Auswahl bekommt, könnt ihr NICHT den Geschmack der Proben nutzen, um Meerwasser und entsalztes Wasser voneinander zu unterscheiden.

Es könnte passieren, dass ihr versucht, eine Probe zu kosten, die giftig ist!

Lasst uns also einfache (und sichere!) physikalische, chemische und biologische Methoden auf diese Aufgabe anwenden.



Aufgabe 1:

Identifikation kontaminierter Wasserproben durch biologische Methoden

Im Labor einer Entsalzungsanlage wurde versehentlich eine Probe entsalzten Wassers mit anderen Proben vermischt. Eine dieser Proben war Meerwasser, die beiden anderen Wasserproben sind mit je einem biologischen Stoff verunreinigt: Albumin (ein Protein) oder Stärke.

Grundlegende Prinzipien:

i. Proteine (= Polypeptide): Proteine sind aus Aminosäuren aufgebaut. Dabei ist die Aminogruppe (NH₂) einer Aminosäure mit der Carboxylgruppe (COOH) einer benachbarten Aminosäure durch eine Peptidbindung verbunden. Die Biuret-Reaktion basiert auf der Komplexbildung der Kupfer-Ionen der Biuret-Lösung mit mindestens zwei benachbarten Peptidbindungen. Dies führt zu einer Farbänderung der Lösung.

ii. Kohlenhydrate: Kohlenhydrate können als Monosaccharide, Disaccharide und Polysaccharide (z.B. Glykogen, Stärke und Zellulose) auftreten. Stärke interagiert mit in der Lugolschen Lösung enthaltenem Jod und führt zu einer Farbänderung.

iii. Osmose: Osmose ist die Diffusion von Wassermolekülen durch eine selektiv permeable Membran. Wasser diffundiert ungehindert durch die Plasmamembran einer Zelle. Meerwasser ist hyperton. Dementsprechend führt das Einlegen von lebenden Zellen in Meerwasser dazu, dass sich Wasser aus den Zellen bewegt.

Geräte und Materialien:

Unbekannte Proben Für diese Aufgabe sind vier Proben bereitgestellt, die folgendermaßen bezeichnet sind:

BIOL-A, BIOL-B, BIOL-C, BIOL-D

Gerätschaften	Reagenzglas (10x)
	Reagenzglasständer (2x)
	Reagenzglasklammer (3x)
	3 mL Einweg-Pipetten (5x)
	10 mL Messzylinder
	10 mL Pipette
	Pipettierhilfe
	farbige Label
Chemikalien	Lugolsche Lösung
	Biuret-Lösung



Teil A: Lugol-(Iod)-Probe

Durchführung:

- Schüttelt die unbekanntes Proben vorsichtig und gebt 2 mL von jeder Probe in ein sauberes Reagenzglas.
- Gebt drei Tropfen Lugolsche Lösung in jedes Reagenzglas.
- Notiert die erhaltenen Farben in der folgenden Tabelle (Tabelle 1), indem Ihr jeweils ein Häkchen (✓) in der entsprechenden Spalte setzt.

Tab. 1: Ergebnisse der Lugol-Probe. Tragt alle Antworten in den gelben Antwortbogen ein.

Beobachtete Farbe	Probe BIOL-A	Probe BIOL-B	Probe BIOL-C	Probe BIOL-D
gelblich Braun				
bläulich Schwarz				

Teil B: Biuret-Test

Durchführung:

- Schüttelt die unbekanntes Proben vorsichtig und gebt 4 mL von jeder Probe in ein sauberes Reagenzglas.
- Gebt 4 mL Biuret-Lösung in in jedes Reagenzglas und mischt die Probe.
- Notiert die erhaltenen Farben in der folgenden Tabelle (Tabelle 2), indem Ihr jeweils ein Häkchen (✓) in der entsprechenden Spalte setzt.

Tab. 2: Ergebnisse des Biuret-Tests. Tragt alle Antworten in den gelben Antwortbogen ein.

Beobachtete Farbe	Probe BIOL-A	Probe BIOL-B	Probe BIOL-C	Probe BIOL-D
Violett				
Blau				



An diesem Punkt seid Ihr in der Lage, die beiden verunreinigten Proben zu identifizieren und auszusortieren. Die beiden verbleibenden Proben sind entweder entsalztes Wasser oder Meerwasser.

Wenn Ihr Euch bei der Zuordnung nicht sicher seid, wiederholt die Teile A und/oder B mit neuen, sauberen Reagenzgläsern.

Teil C:

Anhand eines biologischen Experiments kann nun die Probe mit Meerwasser identifiziert werden.

Geräte und Materialien:

Gerätschaften	Mikroskop	Weiteres	Rote Zwiebel
	Objektträger		Papiertücher
	Deckgläschen		Laborhandschuhe
	Stoppuhr		Gesichtsmaske
	Pinzette		Schutzbrille
	Skalpell		Abfallbeutel
	Schneidebrett		
	Tropfpipetten		

Sicherheitshinweise:

1. Zwiebeln können die Augen reizen.
2. Ihr könnt Gesichtsmasken und Schutzbrillen tragen, um Unannehmlichkeiten zu vermeiden.
3. Arbeitet vorsichtig, da Objektträger und Deckgläschen leicht zerbrechen.

Entsorgungshinweis:

Bitte entsorgt die Zwiebel-Abfälle in dem wiederverschließbaren Plastikbeutel.



Durchführung:

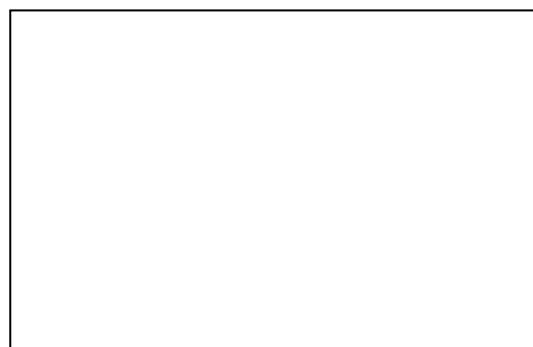
1. Schneidet aus einer saftigen Zwiebel-Schicht ein rund 1 cm² großes Stück aus und zieht vorsichtig die Epidermis (rote Haut) von diesem ab.
2. Bereitet zwei Objektträger mit je einem Haut-Präparat vor.
3. Pipettiert 1-2 Tropfen einer der Wasserproben auf einen der Objektträger und markiert diesen mit dem Namen der Probe.
4. Pipettiert 1-2 Tropfen der anderen Wasserprobe auf den anderen Objektträger und markiert diesen mit dem Namen der Probe.
5. Deckt die Präparate mit einem Deckgläschen ab und entfernt mit den Papiertüchern vorsichtig das überschüssige Wasser.
6. Wartet **mindestens 4 Minuten** und untersucht die Zwiebel-Zellen dann unter dem Mikroskop. Beginnt mit der kleinsten Vergrößerung.

Auswertung und Fragen:

Tragt alle Antworten in den gelben Antwortbogen ein.

1- Betrachtet die Präparate unter dem Mikroskop und zeichnet je Probe eine Zelle. Bezeichne jede Zeichnung mit dem Namen der zugehörigen Probe. Die Zeichnungen sollten alle typischen Beschriftungen einer mikroskopischen Zeichnung aufweisen, inklusive der Vergrößerung. Beschrifte die unten genannten Zellstrukturen in jeweils einer der beiden Zeichnungen. Nutze den folgenden Schlüssel:

W	Zellwand
X	Nukleus
Y	Zentralvakuole
Z	Plasmamembran





Beantwortet auf Grundlage der gemachten Beobachtungen die folgenden Fragen (Tragt alle Antworten in den gelben Antwortbogen ein):

2- Identifiziert die verschiedenen Wasserproben, indem Ihr jeweils ein Häkchen (✓) pro Spalte setzt.

	BIOL-A	BIOL-B	BIOL-C	BIOL-D
Entsalztes Wasser				
Meerwasser				
Wasser kontaminiert mit Albumin				
Wasser kontaminiert mit Stärke				

3- Zwiebel-Zellen in entsalztem Wasser sind ...

- I. geschwollen.
- II. schlaff.
- III. plasmolysiert.
- IV. Keine der drei anderen Antworten ist korrekt.

4- Blutzellen sind anders aufgebaut als Pflanzenzellen. Was wird mit Blutzellen nach 30 Minuten in entsalztem Wasser passieren?

- I. Sie sind plasmolysiert
- II. Sie sind geschrumpft.
- III. Sie sind unverändert.
- IV. Sie sind hämolysiert.



Aufgabe 2:

Zusätzliche Validierung des Salzgehaltes der Wasserproben mittels physikalischer Methoden

Nehmt an, dass zwei Proben aus Aufgabe 1 nicht korrekt beschriftet wurden. Es ist nun unklar, welche von beiden welche ist. Verwendet die Materialien und Euer Wissen in Physik, um Aufgabe 2 zu bearbeiten und zwischen entsalztem Wasser und Meerwasser zu unterscheiden.

Erste Methode (Optik):

Der Brechungsindex ist eine wichtige optische Eigenschaft von allen optischen Medien, wie auch von Wasser. Messungen des Brechungsindex werden häufig verwendet, um die Reinheit von Flüssigkeiten zu untersuchen und die Konzentration von Fremdstoffen in diesen abzuschätzen. Hier ist der „Fremdstoff“ Salz. Man erwartet, dass durch die Zugabe von Salz der Brechungsindex von Wasser steigt.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die durch eine bestimmte Salzkonzentration ausgelöste Änderung des Brechungsindex zu untersuchen. Die Änderung ist typischerweise sehr klein (in der zweiten Nachkommastelle). Trotzdem kann sie im folgenden Experiment gemessen werden, wenn es mit großer Sorgfalt und Genauigkeit durchgeführt wird. In diesem Aufgabenteil sollt Ihr die Brechungsindizes von Wasserproben mit einer einfachen, aber effektiven Methode bestimmen.

Versuchsprinzip:

Plaziert man ein Objekt (in diesem Experiment einen Pfeil) über einem konkaven Spiegel, sodass die Entfernung dem Krümmungsradius des Spiegels (PR) entspricht, so wird ein gleich großes, invertiertes Bild im Krümmungsmittelpunkt gebildet.

Wiederholt man dieses Experiment mit einer Flüssigkeit wie Wasser auf der Oberfläche des Spiegels, so sieht man, dass das Bild nun in der Entfernung PR gebildet wird (siehe Abbildung 1). In diesem Versuch wird als Objekt ein Pfeilspalt in einer Holzplatte verwendet.

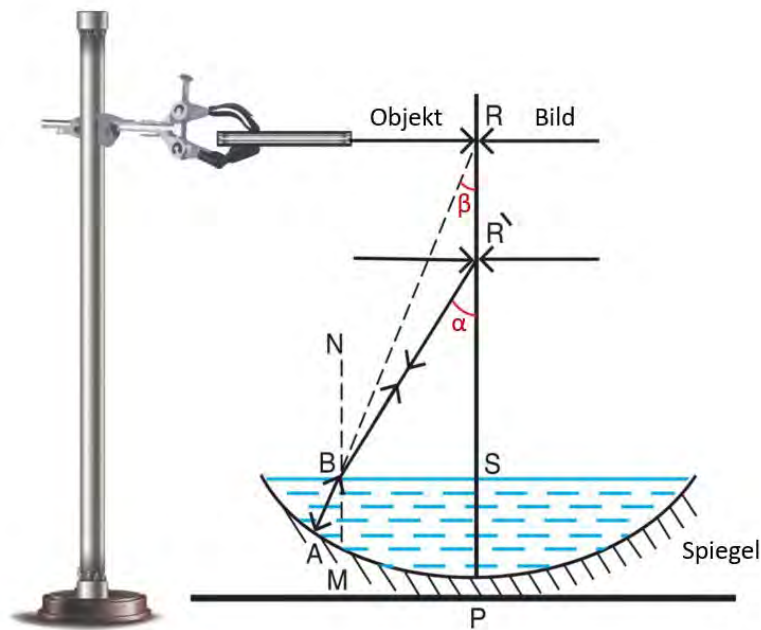


Abb. 1: Skizze des Versuchsaufbaus (Nicht maßstabsgerecht).

Man nutzt in diesem Experiment mehrere geometrische Näherungen:

- (1) Wenn nur wenig Wasser auf den Spiegel gegeben wird, kann die Distanz PS vernachlässigt werden, da der Krümmungsradius des Spiegels groß ist.
- (2) Da der Spiegel klein ist und einen großen Krümmungsradius hat, sind die Winkel α und β sehr klein. Daher können die Entfernungen BR und BR' in guter Näherung durch SR und SR' beschrieben werden.

Befindet sich Wasser auf dem Spiegel, so wird ein vom Objekt in R' ausgehender Lichtstrahl an der Wasseroberfläche gebrochen. Er folgt dann der Strecke BA und fällt senkrecht auf die Spiegeloberfläche im Punkt A . Nach der Reflexion folgt der Strahl der Strecke AB . Die Verlängerung dieser Strecke durch die Luft kreuzt die optische Achse des Spiegels im Punkt R . Der Lichtstrahl selbst hingegen wird erneut gebrochen und folgt BR' . Daher wird nun das reale, gleich große und invertierte Bild bei R' gebildet. Aus diesem Grund wird die Entfernung SR' (unter Vernachlässigung der Entfernung PS) scheinbarer Krümmungsradius des wassergefüllten Spiegels genannt.

Der Einfallswinkel heiße α und der Winkel des gebrochenen Strahls β . Die folgende Formel beschreibt den Brechungsindex von Wasser n_w , wenn man einen Brechungsindex von 1,00 für Luft annimmt:

$$n_w = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$



Mit den oben genannten Näherungen gilt:

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha, \quad \sin \beta \approx \tan \beta$$

und

$$n_w = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{BS/SR^1}{BS/SR} = \frac{SR^1}{SR}$$

Durch das Aufbringen von Wasserproben auf den Spiegel und die Messung von SR^1 kann damit der Brechungsindex dieser Proben bestimmt werden, wenn SR bekannt ist.

Materialien:

Unbekannte Proben Für diese Aufgabe sind zwei Wasserproben bereitgestellt, die folgendermaßen bezeichnet sind:

PHYS-A, PHYS-B

Gerätschaften

- dünner, konkaver Spiegel
- Taschenlampe (Lichtquelle)
- Stativ mit Standfuß
- Holzbrett mit Pfeilspalt
- Meter-Maßstab
- Faden
- Tropfpipetten
- Papiertücher

Durchführung:

1. Legt den konkaven Spiegel mit der reflektierenden Seite nach oben auf den Standfuß des Stativs. Vergewissert euch, dass der Spiegel waagrecht liegt. In diesem Fall ist die optische Achse des Spiegels senkrecht.
2. Bewegt das Holzbrett mit Pfeilspalt so, dass es sich horizontal über dem Spiegel befindet. Vergewissert euch, dass die mit einem blauen Punkt in der Ecke markierte Seite des Bretts zum Spiegel zeigt.
3. Haltet die Taschenlampe vertikal über den Pfeilschlitz. Beleuchtet den Schlitz gleichmäßig.
4. Variiert die Position des Bretts, bis der Pfeil scharf auf der Unterseite des Bretts (markiert mit einem blauen Punkt) abgebildet wird. Der Pfeil sollte real, umgekehrt und gleich groß auf der Unterseite des Bretts abgebildet werden.



5. Messt den vertikalen Abstand zwischen der Pfeilspitze oder ihrem Bild und dem Standfuß des Stativs (entspricht Punkt P). Dieser Abstand PR ist der reale Krümmungsradius des Spiegels. Wiederholt diesen Schritt dreimal und dokumentiert Eure Messwerte in Tabelle 3 im Antwortbogen.
6. Berechnet die Brennweite des konkaven Spiegels.
7. Gebt mit einer Tropfpipette *vorsichtig* Probe PHYS-A auf den Spiegel, sodass die Spiegeloberfläche gerade bedeckt ist.
8. Variieret die Position des Bretts, bis ein reales, umgekehrtes und gleich großes Bild des Pfeiles auf der Unterseite des Bretts entsteht.
9. Messt den vertikalen Abstand zwischen der Pfeilspitze oder ihrem Bild und dem Standfuß des Stativs (entspricht Punkt P). Dieser Abstand ist der scheinbare Krümmungsradius des wassergefüllten Spiegels SR^{\backslash} . Wiederholt die Messung insgesamt dreimal und dokumentiert Eure Messwerte in Tabelle 3 im Antwortbogen.
10. Säubert und trocknet den Spiegel mit den vorhandenen Papiertüchern.
11. Wiederholt die Schritte 7 bis 9 mit der Wasserprobe PHYS-B und tragt Eure Messwerte in Tabelle 3 ein.
12. Bestimmt die Unsicherheit als Unsicherheit des Messgeräts. (Die Unsicherheit des Lineals entspricht der kleinsten Skalenunterteilung geteilt durch 2.)

Tab. 3: Messwerte und Rechnungen. Tragt alle Antworten in den gelben Antwortbogen ein.

Gemessene Abstände in cm	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Mittelwert \pm Unsicherheit
Leerer konkaver Spiegel (PR)				
Mit PHYS-A gefüllter Spiegel (SR^{\backslash})				
Mit PHYS-B gefüllter Spiegel (SR^{\backslash})				

Auswertung und Fragen:

A. Berechnet die Brennweite f des konkaven Spiegels, den Ihr in diesem Experiment verwendet.

$f \pm \Delta f =$

B. Berechnet den Brechungsindex n_A der Probe PHYS-A relativ zu dem von Luft. Tragt Eure Berechnung im Antwortbogen ein.



C. Berechnet den Brechungsindex n_B der Probe PHYS-B relativ zu dem von Luft. Tragt Eure Berechnung im Antwortbogen ein.

D. Identifiziert anhand Eurer Ergebnisse mit dieser Methode (Optik) die Proben PHYS-A und PHYS-B (kreist jeweils die richtige Antwort im Antwortbogen ein).

PHYS-A: Meerwasser / entsalztes Wasser

PHYS-B: Meerwasser / entsalztes Wasser

Zweite Methode (Thermodynamik):

Untersucht den Anstieg der Temperatur von entsalztem Wasser und von Meerwasser während des Erhitzens bis zum Siedepunkt. Bestimmt anhand dieses Versuchs die spezifische Wärmekapazität von entsalztem Wasser und von Meerwasser.

Versuchsprinzip:

Die spezifische Wärmekapazität eines Materials gibt an, wie viel Energie benötigt wird, um 1 g des Materials um 1 °C zu erwärmen. Als Formel ausgedrückt bedeutet dies:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Materialien:

Unbekannte Proben Für diese Aufgabe sind zwei Wasserproben bereitgestellt, die folgendermaßen bezeichnet sind:

PHYS-A, PHYS-B

- Gerätschaften 180 W Heizplatte
- Alkoholthermometer
- Stoppuhr
- hitzebeständige Handschuhe
- 250 mL Erlenmeyerkolben (2x)
- elektronische Waage

SICHERHEITSHINWEIS:

In diesem Versuch wird eine Heizplatte verwendet. Handelt vorsichtig.

Druchführung:

1. Füllt einen Erlenmeyerkolben mit 200 mL der Probe PHYS-A, und bestimmt die Masse m der Wasserprobe.
2. Baut den Versuchsaufbau entsprechend Abbildung 2 auf. Achtet darauf, dass das Thermometer die Wassertemperatur misst, und nicht die Temperatur des Erlenmeyerkolbens. Das Thermometer darf den Erlenmeyerkolben nicht berühren.
3. Misst die Anfangstemperatur der Probe. Platziert dann den Erlenmeyerkolben auf der Heizplatte. Schaltet die Heizplatte an, und vergewissert Euch, dass der Temperaturregler auf den maximalen Wert gestellt ist. SEID VORSICHTIG.
4. Misst die Temperatur alle 60 Sekunden, bis die Probe zu kochen beginnt. Nehmt *fünf* weitere Messwerte auf, wenn die Probe kocht.
5. Wiederholt die oben genannten Schritte mit der Probe PHYS-B in einem neuen Erlenmeyerkolben.
6. Berechnet für jeden Zeitpunkt, an dem Ihr Messwerte aufgenommen habt, die zugeführte Energie Q . Nehmt an, dass 50% der Wärme vom Wasser aufgenommen wird.



Abb. 2: Versuchsaufbau



Auswertung und Fragen:

A. Zeichnet zwei Diagramme der gemessenen Temperatur T über der vergangenen Zeit t für die beiden Proben im selben Koordinatensystem.

B. Lest aus den Graphen die Steigung und den T -Achsenabschnitt des anfänglichen, geradlinigen Teils ab.

Steigung_A =

Steigung_B =

Achsenabschnitt_A =

Achsenabschnitt_B =

Hinweis: A steht für Probe PHYS-A und B steht für PHYS-B.

C. Gebt eine Gleichung für die Temperaturänderung als Funktion der Zeit an, bevor der Siedepunkt erreicht wird.

D. Lest aus Euren Graphen den Siedepunkt $T_{\text{Siedepunkt}}$ der Probe PHYS-A und den der Probe PHYS-B ab.

$T_{\text{Siedepunkt}}$ von Probe PHYS-A:

$T_{\text{Siedepunkt}}$ von Probe PHYS-B:

E. Zeichnet auf einem neuen Millimeterpapier zwei Diagramme der gemessenen Temperatur T über der aufgenommenen Wärme Q für die beiden Proben im selben Koordinatensystem.

F. Welchem Ausdruck entspricht die Steigung des anfänglichen, geradlinigen Teils beider Graphen (aus dem vorhergehenden Aufgabenteil)? Kreist die richtige Antwort ein:

I. $m \cdot c$

II. $\frac{1}{m \cdot c}$

III. c

IV. $\frac{1}{c}$



G. Bestimmt anhand Eurer Messdaten die spezifische Wärmekapazität c der Proben PHYS-A und PHYS-B. Gebt die korrekten Einheiten an.

Spezifische Wärmekapazität c der Probe PHYS-A:

Spezifische Wärmekapazität c der Probe PHYS-B:

H. Identifiziert anhand Eurer Ergebnisse mit dieser Methode (Thermodynamik) die Proben PHYS-A und PHYS-B.

PHYS-A: Meerwasser / entsalztes Wasser

PHYS-B: Meerwasser / entsalztes Wasser



AUFGABE 3

Bestimmung der Wasserhärte

Wasser verschiedenen Ursprungs enthält unterschiedliche Konzentrationen gelöster Salze, die jedem Wasser seinen einzigartigen Geschmack geben. Manchmal enthält Wasser eine besonders hohe Konzentration an Salzen, was die Verwendung als Trinkwasser oder zum Waschen problematisch macht. Vielleicht habt Ihr solch ein Problem selber bereits erlebt, wenn Ihr beispielsweise beim Baden die Seife nicht zum Schäumen bringen konntet. Man spricht in diesen Fällen von „hartem Wasser“.

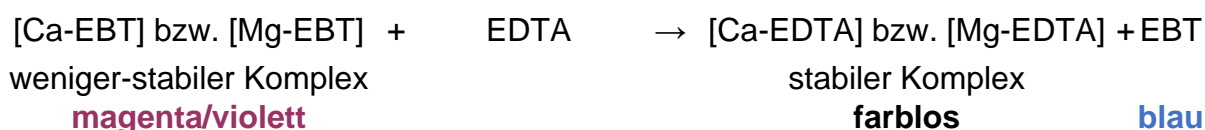
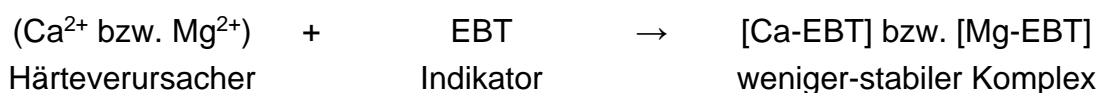
Ein Qualitätskriterium von Wasser ist der Härtegrad. In Katar kann die Wasserhärte die üblichen Grenzen weit überschreiten. Eine Wasserprobe sollte in einer Entsalzungsanlage entsalzt werden. Euch liegt nun diese Probe vor, nachdem den Prozess der Entsalzung durchlaufen hat (**CHEM-A**). Anhand der folgenden Aufgabe werdet Ihr in der Lage sein, zu entscheiden, ob die Entsalzungsanlage erfolgreich gearbeitet hat oder ob eine Nachbehandlung notwendig ist.

Grundlegende Prinzipien:

Die Wasserhärte ist definiert über die Anwesenheit von Carbonaten zweiwertiger Kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+}). Eine gängige Methode, um die Wasserhärte zu bestimmen, ist die komplexometrische Titration.

In der Titration wird Ethylendiamin-Tetraessigsäure (EDTA, Ethylenediaminetetraacetic acid) als Komplexbildner eingesetzt. EDTA wird in der Form seines Dinatrium-Salzes (Na_2EDTA) eingesetzt. Bei $\text{pH } 10$ bildet sich ein stabiler 1:1-Komplex aus zweiwertigen Metall-Kationen und EDTA.

Bei der Titration von Metall-Ionen mit EDTA wird als Indikator üblicherweise der Farbstoff Eriochromschwarz T (EBT, Eriochrome Black T) verwendet. Es handelt sich um eine blau gefärbte Lösung, die mit dem Metall-Ion einen Komplex anderer Farbe bildet. Die Farbänderung während der Titration von Metall-Ionen mit EDTA ist also eine Abfolge zweier Reaktionen:





Die Wasserhärte kann mit der unten angegebenen Formel bestimmt werden. Sobald die Konzentration in ppm (Dichte von Wasser sei $1,00 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) bekannt ist, kann sie entsprechend der Wasserhärteskala in Tabelle 5 eingestuft werden.

Gesamthärte (ppm CaCO_3) =

$$\frac{\text{verbrauchtes Volumen an EDTA-Lösung (L)} \cdot \text{Konzentration der EDTA-Lösung (mol}\cdot\text{L}^{-1}) \cdot \text{Molare Masse von CaCO}_3 \text{ (g}\cdot\text{mol}^{-1})}{\text{Volumen der Wasserprobe (L)}} \cdot 1000$$

Tab. 5: Wasserhärteskala mit Bezug auf Wasser der Küste Katars	
Härtegrad	Wasserhärte in ppm
weich	<50
mäßig weich	$\geq 50 - < 100$
leicht hart	$\geq 100 - < 150$
mäßig hart	$\geq 150 - < 200$
hart	$\geq 200 - < 300$
sehr hart	≥ 300

Aufgabe:

Bestimmt durch eine komplexometrischen Titration des Calcium- und Magnesiumgehaltes die Gesamthärte der Wasserprobe (**CHEM-A**) mit einer wässrigen EDTA-Lösung bei pH 10.

Geräte und Materialien:

Unbekannte Probe	Ihr erhaltet für diese Aufgabe eine Probe (70 mL), beschriftet mit CHEM-A
Gerätschaften	Stativplatte mit Stange und Klammer (1x) 50,0-mL-Bürette (1x) 10-mL-Pipetten (2x) Pipettierhilfen (2x) 250-mL-Erlenmeyerkolben (2x) 500-mL-Becherglas (1x) 10-mL-Messzylinder (1x)



	50-mL-Messzylinder (1x) weißes Papier (1 Blatt)
Chemikalien und Reagenzien	Na ₂ EDTA, 0,0100 M (120 mL) Pufferlösung (pH 10) Eriochromschwarz-T-Indikator (EBT) demineralisiertes Wasser

Sicherheitshinweise:

1. Dämpfe des Ammoniakpuffers (pH 10) sind reizend. Tragt bitte im entsprechenden Schritt die bereitliegenden Masken.
2. Wascht Euch nach dem Ende der experimentellen Klausur sorgfältig die Hände.

Entsorgungshinweis:

Alle Lösungen werden in den Ausguss gegeben (die Laborbank verfügt über eine eingebaute Abwasser-Entsorgung).

Versuchsdurchführung:

1. Belasst die Bürette in der Halterung und spült sie mit wenig (3-9 ml) EDTA-Lösung.
2. Befüllt die Bürette mit dem Titrator (0,0100 M EDTA).
3. Überführt mit der Pipette 10,0 mL der Wasserprobe (CHEM-A) in einen 250-mL-Erlenmeyerkolben.
4. Fügt mit dem Messzylinders 30 mL demineralisiertes Wasser hinzu.
5. **Dämpfe des Ammoniakpuffers (pH 10) sind reizend. Tragt in diesem Schritt die bereitliegenden Masken.** Fügt 3 mL der Pufferlösung hinzu. Verschließt nach jeder Benutzung das Gefäß wieder sorgfältig.
6. Fügt 4-5 Tropfen der EBT-Indikator-Lösung hinzu.
7. Die Farbe der Lösung sollte sich nun zu violett/magenta ändern.
8. Titriert mit der EDTA-Lösung, bis die Farbe der Lösung sich von violett/magenta zu hellblau ändert (ohne einen Schimmer von violett/magenta). Der erste *permanente* Farbumschlag zu hellblau ist der Endpunkt.
9. Tragt das Volumen der EDTA-Lösung in mL mit zwei Dezimalstellen in Tabelle 6 im Antwortbogen ein.
10. Wiederholt die Schritte 3-8 mindestens zweimal und tragt die Ergebnisse, der **drei am besten** übereinstimmenden Titrationsen in Tabelle 6 ein.



Ergebnisse: Tragt alle Antworten in den gelben Antwortbogen ein.

Tab. 6: Bestimmung der Gesamthärte der Wasserprobe # CHEM-A			
	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Volumen der Wasserprobe in mL			
Startvolumen der EDTA-Lösung (V_i) in mL			
Endvolumen der EDTA-Lösung (V_f) in mL			
Verbrauchtes Volumen (ΔV) in mL			

Auswertung und Fragen:

Beantwortet die folgenden Fragen auf Grundlage der Messwerte in Tabelle 6:

A. Berechnet den Mittelwert der verbrauchten Volumina an EDTA-Lösung in mL.

Mittelwert der verbrauchten Volumina an EDTA-Lösung in mL =

B. Berechnet die prozentuale relative Standardabweichung (%RSD, % relative standard deviation) für das verbrauchte Volumen an EDTA-Lösung aus Tabelle 6. Berücksichtigt, dass

$$\%RSD = \frac{S \cdot 100}{\text{Mittelwert}}$$

Tragt Eure Antwort in der Form Mittelwert \pm %RSD in den Antwortbogen ein.

C. Verwendet den **Mittelwert** der verbrauchten Volumina an EDTA, um die Wasserhärte der Probe CHEM-A zu berechnen. Dokumentiert Euren Lösungsweg im dafür vorgesehenen Feld im Antwortbogen:

C1. Stoffmenge EDTA =
C2. Stoffmenge Ca^{2+} in der Probe =
C3. Stoffmenge Ca^{2+} in einem Liter =
C4. Masse (g) CaCO_3 in einem Liter =
C5. Wasserhärte (ppm) gemäß der Formel aus dem Abschnitt Grundlegende Prinzipien =



D. Ermittelt den Härtegrad der Probe CHEM-A entsprechend der Tabelle 5 und kennzeichnet ihn in der entsprechenden Spalte im gelben Antwortbogen mit einem Häkchen.