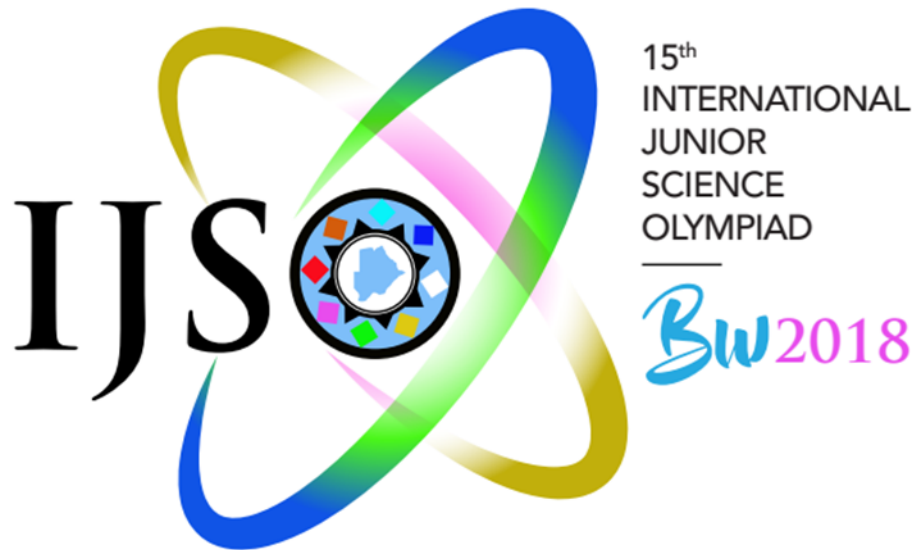


15. INTERNATIONALE JUNIOR SCIENCE OLYMPIADE

IJSO 2018



Entdeckung, Innovation und Umwelt

Experimentelle Klausur

– Aufgabenblatt –

08. Dezember 2018

**Blättere NICHT zur nächsten Seite um,
bevor das SIGNAL ertönt ist,
ansonsten droht eine Strafe.**

1. Du hast 10 Minuten Zeit, um die “PRÜFUNGSREGELN”, die “HINWEISE ZUR BEARBEITUNG” sowie die “BEDIENUNGSANLEITUNG FÜR DEN TASCHENRECHNER” auf den Seiten 1 bis 3 zu lesen.
2. Beginne NICHT mit der Bearbeitung der Aufgaben, bevor das STARTSIGNAL gegeben wurde, ansonsten droht eine Strafe.



PRÜFUNGSREGELN

1. Ihr dürft **KEINE** anderen Hilfsmittel als persönliche Medikamente oder euch verordnete persönliche medizinische Hilfsmittel in den Prüfungsraum mitbringen.
2. Ihr musst an dem für euch bestimmten Platz sitzen.
3. Prüft zunächst, ob die von den Organisatoren zur Verfügung gestellten Hilfsmittel und Schreibutensilien (Stifte, Taschenrechner und Notizpapier) vollständig sind.
4. Beginnt **NICHT** mit den Experimenten, bevor das **STARTSIGNAL** gegeben wird.
5. Während der Prüfung dürft ihr den Prüfungsraum nur in Notfällen verlassen und auch dann nur in Begleitung einer Prüfungsaufsicht.
6. Ihr dürft andere Teilnehmende während der Prüfung nicht stören. Falls ihr Hilfe braucht, hebt die Hand und wartet, bis eine Aufsicht führende Person zu euch an den Platz kommt.
7. Ihr dürft die Experimente und Aufgaben **NUR** innerhalb eurer Gruppe besprechen. Auch wenn ihr die Klausur beendet habt, müsst ihr an eurem Platz bleiben, bis die Prüfungszeit zu Ende ist.
8. Am Ende der Prüfungszeit gibt es ein Stoppsignal. Nach dem Signal dürft ihr **NICHTS** mehr in den Antwortbogen eintragen.
Hinterlasst das Aufgabenblatt, den Antwortbogen sowie Stifte, Taschenrechner und Notizblätter ordentlich abgelegt an dem Platz. Verlasst den Arbeitsplatz erst, wenn **ALLE** Antwortbögen eingesammelt worden sind.



HINWEISE ZUR BEARBEITUNG

1. Nach dem STARTSIGNAL habt Ihr 15 Minuten Lesezeit. Währenddessen dürft Ihr weder die Experimente durchführen, noch mit der Bearbeitung der Aufgaben beginnen.
2. Nach den ersten 15 Minuten gibt es ein weiteres Signal. Danach stehen Euch 3 Zeitstunden zur Bearbeitung der gesamten Klausur zur Verfügung.
3. Benutzt NUR den Kugelschreiber und den Bleistift, die Euch von den Organisatoren zur Verfügung gestellt wurden.
4. Es gibt insgesamt drei Experimente. Überprüft, ob Eure Aufgabenseiten vollständig sind (18 Seiten: Seite 6 – Seite 23) und ob Eure Antwortbögen vollständig sind (22 Seiten + Titelseite). Hebt die Hand, wenn Euch Seiten fehlen.
5. Überprüft, ob Eure Namen, Eure Codes und Eure Nation auf den Seiten des Antwortbogens stehen und unterschreibt alle Seiten des Antwortbogens. Hebt die Hand, wenn Ihr keinen Antwortbogen habt oder Seiten fehlen.
6. Lest die Durchführung der Experimente und die Aufgaben gewissenhaft durch und schreibt Eure Antworten in die entsprechenden Kästen auf dem Antwortbogen.
7. Wenn Einheiten auf dem Antwortbogen genannt sind, muss das Ergebnis entsprechend der gegebenen Einheiten angegeben werden.
8. Stellt Euren Lösungsweg immer dar, wenn entsprechender Platz zur Verfügung steht. Andernfalls erhaltet Ihr keine Punkte für die Aufgabe.
9. Gebt Eure Ergebnisse mit einer angemessenen Anzahl signifikanter Stellen an.
10. Ihr MÜSST während des gesamten Experiments einen Schutzkittel und eine Schutzbrille tragen.

BEDIENUNGSANLEITUNG FÜR DEN TASCHEURECHNER

1. Einschalten: Drücke .

2. Ausschalten: Drücke .

3. Daten löschen: Drücke .

4. Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division

Beispiel 1) $45 + \frac{285}{3}$

45 285 3 140

Beispiel 2) $\frac{18+6}{15-8}$

((
 3.428571429

Beispiel 3) $42 \times (-5) + 120$

42 5 120 -90

42 (5 120 -90

5. Potenzen

Beispiel 1) 8.6^{-2}

8.6 2 0.013520822

Beispiel 2) 6.1×10^{23}

6.1 10 23 6.1×10^{23}

6. Um eine Ziffer/Funktion zu löschen, bewege den Cursor an die Stelle der Ziffer/Funktion, die du löschen möchtest, und drücke . Wenn sich der Cursor am rechten Ende der Ziffer/Funktion befindet funktioniert die -Taste als Rücktaste.



15. Internationale Junior
Science Olympiade
Universität von Botswana
08. Dezember 2018

Experimentelle Klausur

Bearbeitungszeit: 3 Stunde

Erreichbare Punkte: 40

Seite 4



15. Internationale Junior
Science Olympiade
Universität von Botswana
08. Dezember 2018

Experimentelle Klausur

Bearbeitungszeit: 3 Stunde

Erreichbare Punkte: 40

Seite 5

**Blättere NICHT zur nächsten Seite um,
bevor das SIGNAL ertönt ist,
ansonsten droht eine Strafe.**



Allgemeine Einführung

Die Weltbevölkerung wächst seit Jahrzehnten weiterhin rasant an. Als nachhaltige Nahrungsquelle rücken Pflanzen dabei verstärkt in den Fokus. Um diese Entwicklung zu unterstützen, beschäftigt sich die Lebensmitteltechnologie neben dem reinen Nährwert auch mit der Erweiterung und Ergänzung der Eigenschaften dieser Pflanzen. Extrahierte pflanzliche Öle können bspw. als Emulgatoren eingesetzt werden oder einer nachhaltigeren Energieversorgung dienen. Pflanzliche Farbstoffe bieten sich einerseits als natürliche Lebensmittelfarbstoffe an, andererseits können sie die Grundlage moderner technologischer Anwendungen, wie Solarzellen, sein. Fruchtsäuren erfüllen einen Zweck als Konservierungsmittel oder werden zur Beeinflussung der Aufnahme von Kohlenhydraten bei der Verdauung genutzt. Diese Entwicklungen zielen darauf hin, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und seltenen Erden zu verringern.

In den folgenden Experimenten werdet Ihr die Eigenschaften verschiedener Pflanzenextrakte erforschen.



BIOLOGIE

Experiment I: Identifikation von Pflanzeninhaltsstoffen durch Dünnschichtchromatographie [13,4 Punkte]

Mittels Dünnschichtchromatographie (DC) können die Inhaltsstoffe biologischer Extrakte (z. B. durch Wasserdampfdestillation gewonnene Pflanzenextrakte) identifiziert werden. Wie auch andere chromatographische Methoden, basiert DC auf dem Prinzip der Trennung verschiedener Komponenten eines Gemischs aufgrund ihrer Unterschiedlichkeit in einem bestimmten Merkmal. Im Gegensatz zu den anderen Methoden hat DC den Vorteil relativ einfach, billig, sensitiv und schnell zu sein.

Zur Durchführung einer DC werden eine DC-Platte, eine Laufkammer und eine mobile Phase benötigt. DC-Platten werden in der Regel bereits mit einer dünnen Schicht der stationären Phase beschichtet produziert. Die stationäre Phase wird dabei mit gleichmäßiger Schichtdicke aufgetragen. Die DC-Platten werden in einer DC-Kammer entwickelt, die die mobile Phase enthält. Die mobile Phase besteht aus einem Lösemittel oder einer Lösemittelgemisch, das hochrein ist und nicht chemisch mit der Probe reagiert. Sie unterstützt die Trennung der Bestandteile während des Aufstiegs auf der DC-Platte. Nach der vertikalen Trennung der Bestandteile, treten diese als diskrete Banden auf. Für jede Bande kann mithilfe der folgenden Formel ein spezifischer Retentionsfaktor (R_f) errechnet werden:

$$R_f = (\text{Laufweg der Bande}) / (\text{Maximaler Laufweg der mobilen Phase})$$

Da bei gegebenen Versuchsbedingungen jedem Stoff ein eindeutiger R_f -Wert zugeordnet werden kann, können diese zur Identifikation verschiedener Bestandteile verwendet werden.

DC ermöglicht so die Trennung und den Nachweis verschiedener Bestandteile von Pflanzenextrakten, wie zum Beispiel von Farbstoffen und Sekundärmetaboliten. Diese kommen natürlich in Pflanzen vor und treten als Mischung in Pflanzenextrakten auf. Die Identifikation der einzelnen Bestandteile dieser Mischung ist durch die spezifischen R_f -Werte möglich.

Die bereitgestellten Lösungen A - D bestehen aus verschiedenen Pflanzenextrakten. **Nutzt eine DC und das im Folgenden gegebene Protokoll um die Bestandteile der Lösungen A - D zu identifizieren.**



Bereitgestellte Materialien

1. Eine DC-Platte
2. Bleistift
3. 10 μL Glaskapillaren (vier Kapillaren, in einer Petrischale)
4. Vier Lösungen (A - D)
5. DC-Kammer mit Deckel (Schraubdeckelglas) mit mobiler Phase
(Cyclohexan : Petrolether : Ethylacetat : Aceton : Methanol im Verhältnis 16 : 60 : 10 : 10 : 4)
6. Lineal
7. Latexhandschuhe
8. Papiertücher

Experimentelles Vorgehen

Anmerkungen:

- *Jedes Team erhält nur eine DC-Platte. Behandelt diese mit größter Sorgfalt entsprechend den folgenden Anweisungen.*
- *Die schwarze Markierung auf den Glaskapillaren entspricht 10 μL .*
- *Verwendet ausschließlich Bleistifte, wenn ihr auf der DC-Platte schreibt.*
- *Tragt Handschuhe, wenn ihr mit der DC-Platte arbeitet.*
- *Vermeidet die Dämpfe, die beim Öffnen aus der DC-Kammer austreten, einzuatmen.*

1. Zieht Handschuhe an. Legt die DC-Platte auf einen sauberen Untergrund (Papiertuch). Zeichnet mit Bleistift eine Linie mit 1,5 cm Abstand zum unteren Rand auf die DC-Platte und eine Linie mit 1 cm Abstand zum oberen Rand. Achtet darauf, dass die DC-Platte in das Glas passt, ohne dies auszuprobieren.
2. Zeichnet mit Bleistift auf der unteren Linie 4 Punkte mit 1 cm Abstand zueinander ein. Die äußeren Punkte sollten 0,75 cm Abstand zum Rand haben. Beschriftet die Punkte mit Bleistift mit A - D.
3. Verwendet die Glaskapillare um 5 μL der Probe A auf Punkt A aufzutragen. Ihr solltet die Probe in Einzeltropfen auftragen, um sicherzustellen, dass sich die Tropfen nicht über einen Kreis mit mehr als 0,75 cm Durchmesser ausbreiten. **Lasst jeden Tropfen trocknen bevor ihr**

den nächsten auftrag. Wiederholt das Vorgehen mit den Proben B - D. (vgl. Abbildung I-1)
Wenn euch eine Kapillare zerbricht, fragt sofort nach einem Ersatz.



Abb. I-1: Beispiel für eine DC-Platte mit Proben

4. Stellt die DC-Platte vorsichtig in das Glas mit der mobilen Phase, so dass ihr die beschriftete Seite seht.
5. Verschließt das Glas **sorgfältig** mit dem Deckel und beobachtet, wie die mobile Phase auf der DC-Platte nach oben läuft.
6. Nehmt die DC-Platte aus dem Glas, sobald die mobile Phase die obere Bleistiftlinie (1 cm unterhalb des oberen Randes) erreicht. Legt die DC-Platte auf ein Papierhandtuch und lasst sie trocknen.
7. Verwendet eure DC-Platte und die Informationen aus Tabelle I-1, um die folgenden Fragen zu beantworten.
8. Ruft eine Aufsichtsperson, die ein Foto Eurer DC-Platte aufnimmt und auf Eurem Antwortbogen unterschreibt. Ihr könnt dies zu jeder Zeit der Klausur machen.

Tab. I-1: Pflanzenfarbstoffe und deren R_f -Werte (durch obiges Vorgehen bestimmt)

Pflanzenfarbstoff	R_f Wert
I. Xanthophyll 2	0,15
II. Xanthophyll 1	0,28
III. Rutin	0,34
IV. Chlorophyll b	0,42
V. Gallussäure	0,54
VI. Chlorophyll a	0,59
VII. Pheophytin	0,81
VIII. Carotin	0,98

Aufgaben

(SCHREIBT EURE FINALEN ANTWORTEN NICHT AUF DIESES BLATT.

BENUTZT DAZU DEN ANTWORTBOGEN)

I-1. Skizziert auf dem Antwortbogen sämtliche Banden in den Spuren A - D, die ihr auf eurer DC-Platte beobachtet. Vervollständigt die Tabelle auf dem Antwortbogen mit den R_f -Werten. Ordnet die entsprechenden Farbstoffe aus Tabelle I-1 zu, indem ihr die zugehörige römische Zahl eintragt. Berücksichtigt, dass nicht alle Farbstoffe in eurer Probe in der Tabelle vertreten sind.

Ruft eine Aufsichtsperson, die ein Foto Eurer DC-Platte aufnimmt und auf Eurem Antwortbogen unterschreibt. [7,15 Punkte]

I-2. Entscheidet, ob die folgenden Aussagen zu Probe D richtig oder falsch sind. [1,0 Punkte]

Markiert dafür auf dem Antwortbogen die entsprechenden Kästchen.

Aussage	Richtig	Falsch
Sie wurde in unterschiedliche Farbstoffe aufgeteilt, die in den anderen Proben nicht vorkommen.		
Sie wurde in unterschiedliche Farbstoffe aufgeteilt, die auch in anderen Proben vorkommen.		
Sie wurde durch die mobile Phase nicht bewegt.		
Sie enthält keine Farbstoffe.		

I-3. Entscheidet, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind. Markiert dafür auf dem Antwortbogen die entsprechenden Kästchen. [1,0 Punkte]

Die DC-Kammer wird verschlossen, damit...

Aussage	Richtig	Falsch
die Verdunstung der mobilen Phase verhindert wird.		
der Geruch der Chemikalien aus der mobilen Phase sich nicht ausbreitet.		
eine staubfreie Umgebung sichergestellt ist.		
der Druck in der Kammer gesenkt wird.		



I-4. Entscheidet, ob die folgenden Faktoren den R_f -Wert von Stoffen beeinflussen oder nicht. Markiert dafür auf dem Antwortbogen die entsprechenden Kästchen. [1,75 Punkte]

Faktor	Beeinflusst R_f	Beeinflusst R_f nicht
Polarität der Stoffe		
vom Lösemittel (mobile Phase) zurückgelegte Strecke		
Größe der DC-Platte		
Art der stationären Phase		
Menge an aufgetragener Probe		
Größe der DC-Kammer		
Farbe der Probe		



I-5. Tragt auf dem Antwortbogen den Buchstaben ein, der dem Farbstoff entspricht, der sich am langsamsten auf der DC-Platte nach oben bewegt. [0,25 Punkte]

- A. Chlorophyll *a*
- B. Xanthophyll l
- C. Pheophytin
- D. Chlorophyll *b*

I-6. Entscheidet, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind. Markiert dafür auf dem Antwortbogen die entsprechenden Kästchen. [1,0 Punkte]

Ein Bestandteil bewegt sich unter den in diesem Experiment gegebenen Bedingungen auf der DC-Platte langsamer nach oben als die anderen, wenn...

Aussage	Richtig	Falsch
er weniger polar ist als die anderen.		
er stärker hydrophil ist als die anderen.		
er ein höheres Molekulargewicht hat.		
er höher konzentriert ist.		

I-7. Ändert sich der R_f -Wert, wenn das Verhältnis von polaren zu nicht-polaren Lösungsmitteln in der mobilen Phase geändert wird? [0,25 Punkte]

Tragt den Eurer Antwort entsprechenden Buchstaben in den Antwortbogen ein.

- A. Ja
- B. Nein



I-8. Entscheidet, ob die folgenden Faktoren die Verlässlichkeit der Chromatographie-Technik, die ihr durchgeführt habt, einschränken könnten. [1,0 Punkte]

Markiert dafür auf dem Antwortbogen die entsprechenden Kästchen.

Aussage	schränkt Verlässlichkeit ein	schränkt Verlässlichkeit nicht ein
Offenlassen der DC-Kammer		
Menge an mobiler Phase in der DC-Kammer		
Ort auf der Erde, wo das Experiment durchgeführt wird		
Platzierung mehrerer DC-Platten in der DC-Kammer		

CHEMIE

Experiment II: Bestimmung des Säuregehalts einer Fruchtsäure-Lösung [13,3 Punkte]

Einführung

In diesem Experiment werden die Säure-Konzentration und die Eigenschaften einer Fruchtsäure-Lösung untersucht. Dabei geht es um eine schwache Säure, die mit einer Base in einer Säure-Base-Titration neutralisiert werden kann. Die abgekürzte Summenformel der einprotonigen Säure lautet HA. Die Fruchtsäure wird in diesem Versuch mit Natronlauge neutralisiert. Die molare Masse von HA beträgt 60 g/mol. Bevor die Bestimmung des Säuregehalts der Fruchtsäure-Lösung erfolgen kann, muss die Natronlauge zunächst mit einer 0,100 mol/L Oxalsäure-Lösung normiert werden. Bei Oxalsäure handelt es sich um eine zweiprotonige Säure mit der abgekürzten Summenformel H₂X.

Abb. II-1: Aufbau für die Titration
Legende: 1. Bürette, 2. Erlenmeyerkolben, 3. Bürettenklammer 4. Stativ



Weitere Materialien sind:

1. 10 mL Messpipette (2x)
2. Glastrichter
3. Pipettierhilfe
4. Bechergläser (3x)
5. Weiße Keramikfliese
6. 100 mL Messzylinder
7. Phenolphthalein im Tropffläschchen
8. Papiertücher
9. Spritzflasche mit dest. Wasser

Experimentelles Vorgehen

Normierung der NaOH-Lösung

1. Mithilfe der 10 mL Messpipette werden 10,0 mL der 0,100 mol/L Oxalsäure-Lösung in den 250 mL Erlenmeyerkolben überführt.
2. Es werden 2 bis 3 Tropfen Phenolphthalein hinzugegeben.
3. Es wird bis zum Endpunkt mit NaOH-Lösung titriert.
4. Der Prozess (Schritte 1 bis 3) wird wiederholt, bis die Ergebnisse konsistent sind.

Titration der Fruchtsäure-Lösung

5. Mithilfe einer Messpipette werden 4,0 mL der Fruchtsäure-Lösung in den 250 mL Erlenmeyerkolben überführt.
6. Es werden etwa 50 mL dest. Wasser in denselben Erlenmeyerkolben gegeben.
7. Es werden 2 bis 3 Tropfen Phenolphthalein hinzugegeben.
8. Es wird bis zum Endpunkt mit NaOH-Lösung titriert.
9. Der Prozess (Schritte 5 bis 8) wird wiederholt, bis die Ergebnisse konsistent sind.



Aufgaben

(SCHREIBT EURE FINALEN ANTWORTEN NICHT AUF DIESES BLATT.

BENUTZT DAZU DEN ANTWORTBOGEN)

Normierung der NaOH-Lösung

II-1a. Tragt in den Antwortbogen das zur Normierung benötigte Volumen an NaOH-Lösung (in mL) ein. [3,5 Punkte]

Bestimmt das zur Normierung benötigte Volumen an NaOH-Lösung (in mL)				
	Titration Nr. 1	Titration Nr. 2	Titration	Titration
Startvolumen:
Endvolumen:
benötigtes Volumen:
Durchschnittlicher Verbrauch an NaOH-Lösung:			mL

II-1b. Notiert das ausgeglichene Reaktionsschema der Reaktion von Oxalsäure (H_2X) und Natronlauge (NaOH). [0,25 Punkte]

II-1c. Berechnet die Konzentration der NaOH-Lösung. [0,5 Punkte]

Titration der Fruchtsäure-Lösung

II-2. Tragt in den Antwortbogen das benötigte Volumen an NaOH-Lösung (in mL) ein.
[3,5 Punkte]

Bestimmt das benötigte Volumen an NaOH-Lösung (in mL)				
	Titration Nr. 1	Titration Nr. 2	Titration	Titration
Startvolumen:
Endvolumen:
benötigtes Volumen:
Durchschnittlicher Verbrauch an NaOH-Lösung:			mL

II-3. Notiert das ausgeglichene Reaktionsschema der Reaktion von Fruchtsäure (HA) und Natronlauge (NaOH). [0,25 Punkte]

II-4. Berechnet die Stoffmenge an NaOH (in Mol), die in einer Titration benötigt wurde.
[0,5 Punkte]

II-5. Berechnet die Masse (in Gramm) an Säure in der Fruchtsäure-Lösung, die ihr mit der Natronlauge titriert habt. [1,0 Punkte]

II-6. Angenommen die Dichte der Fruchtsäure-Lösung sei 1,005 g/mL, berechnet die Masse (in Gramm) von 4 mL der Lösung. [0,5 Punkte]

II-7. Berechnet den Massenanteil der Säure in der Fruchtsäure-Lösung in Prozent.
[0,5 Punkte]

II-8. Ein Student setzte zur Neutralisation einer Probe derselben Fruchtsäure-Lösung eine andere Natronlauge der Konzentration 0,54 mol/L ein und benötigte davon 25 mL. Berechnet das Volumen der Probe der Fruchtsäure-Lösung, die der Student untersucht hat. [1,0 Punkte]

II-9. Ein anderer Student bestimmte den pH-Wert der Fruchtsäure-Lösung. Dieser lag bei 2,75. Nutzt diesen Wert sowie eure eigenen Daten zur Berechnung des pK_S -Werts der Fruchtsäure. [0,5 Punkte]

II-10a. Berechnet K_B für die konjugierte Base der Fruchtsäure. [0,5 Punkte]

II-10b. Berechnet den pH-Wert am Endpunkt der Titration. Nutzt dazu K_B aus der vorherigen Frage und nehmt an, dass das Gesamtvolumen am Ende 100 mL beträgt. [0,5 Punkte]

II-11. Angenommen Phenolphthalein sei nicht verfügbar, welcher der folgenden Indikatoren wäre für diese Titration am ehesten geeignet? [0,3 Punkte]

Setzt auf dem Antwortbogen ein Kreuz (X) in das Feld neben der richtigen Antwort.

Indikator	pK_S	
Kristallviolett	0,8	
Thymolblau	1,6	
Methylorange	3,3	
Bromkresolgrün	4,7	
Thymolblau	8,9	



PHYSIK

Experiment III: Bestimmung der Viskosität von Öl [13,3 Punkte]

Einleitung

Während man Wasser einfach aus einem Gefäß ausgießen kann, benötigt Honig eine sehr lange Zeit, um aus einem Gefäß auszufließen. Der Grund für die verschiedenen Flussraten ist, dass Honig viskoser als Wasser ist und daher dem Fließen stärker widersteht. Die (dynamische) Viskosität ist ein Maß für den Widerstand gegen Fließen oder Scherung einer Flüssigkeit. Die Viskosität ist eine wichtige Eigenschaft in der Lebensmittelindustrie. Der Fluss verschiedener Bestandteile der Ausgangsprodukte zum Endprodukt hängt davon ab.

Die Viskosität kann durch eine Messung der Geschwindigkeit bestimmt werden, mit der eine Kugel in einer Flüssigkeitssäule unbekannter Viskosität sinkt. Das kann erreicht werden, indem man eine Kugel eine gemessene Strecke durch eine Flüssigkeitssäule sinken lässt und die dafür benötigte Zeit misst.

Materialien

1. Thermometer
2. Kugeln mit 4 verschiedenen Durchmessern
3. senkrechter, ölfüllter Zylinder
4. Stoppuhr
5. Meterlineal
6. Klebeband zur Markierung
7. Papiertücher
8. Magnet

Theoretische Aspekte

Betrachtet eine Kugel mit Radius r und Dichte ρ_s , die durch eine Säule einer Flüssigkeit der Viskosität η und Dichte ρ_f sinkt, wie in Abbildung III-1 unten gezeigt.

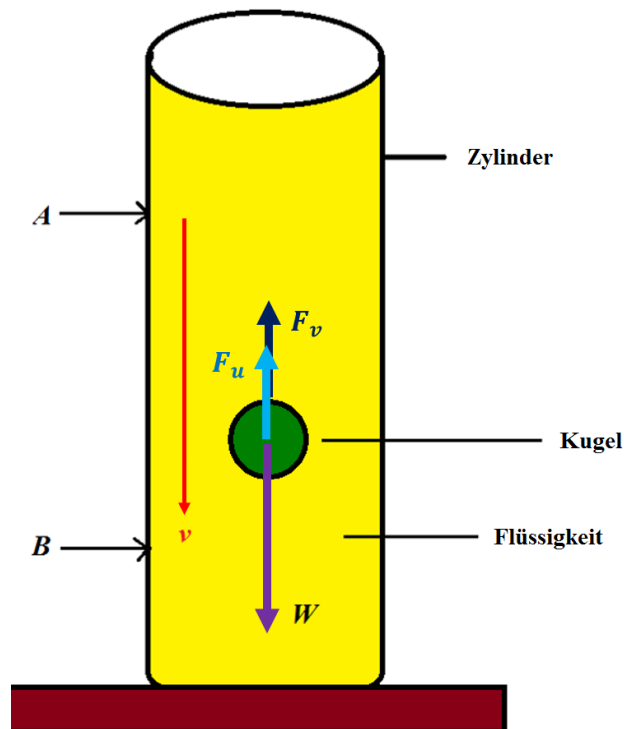


Abb. III-1: Eine Kugel mit Radius r sinkt durch eine Flüssigkeitssäule mit Dichte ρ_f . **A** und **B** markieren die Strecke, die die Kugel mit der Endgeschwindigkeit v_t zurücklegt.

Anfangs hat die Kugel eine abwärts gerichtete Beschleunigung a , bis die Kugel eine konstante Geschwindigkeit v_t erreicht, genannt Endgeschwindigkeit. Nach dem zweiten Newtonschen Gesetz ist:

$$\begin{aligned} \text{Gesamtkraft} &= m a \\ m a &= W - (F_u + F_v) \end{aligned} \quad (1)$$

Darin ist:

m die Masse der Kugel,

$W = m g$ das Gewicht der Kugel,

$F_u = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_f g$ die Auftriebskraft = Gewicht der verdrängten Flüssigkeit (Archimedisches Prinzip).

$F_v = 6 \pi \eta r v$ ist die Reibungskraft in der Strömung (einer Kugel mit Radius r), proportional zur Geschwindigkeit v der Kugel (Gesetz von Stokes).

Wenn dann die Kugel vor Punkt **A** die Endgeschwindigkeit erreicht, gibt es keine Beschleunigung mehr und die Gesamtkraft ist daher Null. Es bezeichne l die Strecke zwischen **A** und **B** und t die zum Sinken zwischen **A** und **B** benötigte Zeit.

Durchführung [1,3 Punkte]

1. Messt die Temperatur T_b des Öls vor dem Start des Experiments und schreibt sie in das Feld im Antwortbogen.
2. Benutzt das Klebeband, um zwei horizontale Linien (**A** und **B**) auf dem Zylinder zu markieren, sodass **A** 70 cm von der Oberfläche der Flüssigkeit entfernt ist. Linie **B** sollte etwa 50 cm unter Linie **A** sein.
3. Messt den vertikalen Abstand l zwischen den Linien **A** und **B** und schreibt ihn in das Feld im Antwortbogen.
4. Entwickelt eine Methode, um den durchschnittlichen Durchmesser der Kugeln gleicher Größe mit dem Lineal so genau wie möglich zu bestimmen. Beschreibt eure Methode, indem ihr ausschließlich eine Skizze in das Feld im Antwortbogen eintragt.
5. Benutzt Eure Methode, um den durchschnittlichen Durchmesser der Kugeln für alle vier verschiedenen Größen zu bestimmen und schreibt diese Messwerte in Tabelle III-1 im Antwortbogen.
6. Lasst eine der Kugeln vorsichtig in der Mitte der Oberfläche in die Flüssigkeit fallen (um sicherzustellen, dass die Kugel während der Bewegung zwischen **A** und **B** nicht nahe an der Wand des Zylinders ist).
7. Messt die Zeit t , die die Kugel zum Zurücklegen der Strecke l zwischen **A** und **B** benötigt und tragt sie in die bereitgestellte Tabelle ein.
8. Wiederholt die Schritte 6 und 7 mit anderen Kugeln des gleichen Durchmessers, um 3 verschiedene Messwerte für die Zeit zu haben. (Der Magnet kann genutzt werden, um die Kugeln entlang der Zylinderwand aus dem Öl zu holen. Fragt nach Hilfe, falls nötig.)
9. Wiederholt die Schritte 6 bis 8 für die anderen 3 Kugelgrößen.
10. Messt die Temperatur T_a des Öls unmittelbar nach Beendigung des Experiments und schreibt sie in den Antwortbogen.

Benutzt die folgenden Konstanten:

Dichte der Flüssigkeit: $\rho_f = 871,4 \text{ kg/m}^3$

Dichte der Kugeln: $\rho_s = 7717 \text{ kg/m}^3$

Fallbeschleunigung: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Aufgaben, Analyse und Ergebnisse

(SCHREIBT EURE FINALEN ANTWORTEN NICHT AUF DIESES BLATT.

BENUTZT DAZU DEN ANTWORTBOGEN)

III-1. Berechnet die Durchschnittszeit, d^2 und v_t für jede Art der Kugeln und vervollständigt Tabelle III-1 im Antwortbogen. [5,0 Punkte]

Tab. III-1: Experimentelle Ergebnisse

Kugeldurchmesser		Quadrierter Durchmesser	Benötigte Zeit zum Zurücklegen der Strecke l				Endgeschwindigkeit	
#	d (mm)	d (m)	d^2 (m ²)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Durchschnittszeit (s)	v_t (m/s)
1								
2								
3								
4								

III-2. Tragt in einem Diagramm v_t (y -Achse) über d^2 (x -Achse) auf und zeichnet eine Ausgleichsgerade. Nutzt das Millimeterpapier auf dem Antwortbogen. [3,0 Punkte]

III-3. Bestimmt die Steigung des Graphen. Kennzeichnet die zur Bestimmung des Anstiegs genutzten Punkte im Diagramm. Gebt Eure Antwort in geeigneten Einheiten an. [1,5 Punkte]

III-4. Die folgende Gleichung für die Endgeschwindigkeit v_t kann aus Gleichung (1) abgeleitet werden:

$$v_t = C \cdot \frac{d^2}{\eta} \quad (2)$$

Darin ist $C = 3731 \text{ kg m}^{-2}\text{s}^{-2}$.

Schreibt in den bereitgestellten Platz den analytischen Ausdruck für C in Abhängigkeit von g , ρ_s and ρ_f . [1,0 Punkte]

III-5. Nutzt den Anstieg, um die Viskosität η des Öls in geeigneten Einheiten zu bestimmen. [1,5 Punkte]