

Verdunstungskälte



| Klassenstufe | Oberthemen | Unterthemen | Anforderung | Durchführung | Vorbereitung |
|--------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Sek II | Molekularkräfte | Verdunstung | • | • | • |

Aufgabenstellung

Die Schülerinnen und Schüler werden anhand der Verdunstungskälte verschiedener Alkohole die molekularen Bindungen erklärt.

Einleitung

Verdunstung ist der Prozess der Umwandlung von einer Flüssigkeit in ein Gas. Die Geschwindigkeit, mit der eine Substanz verdunstet, hängt von mehreren Variablen ab, darunter Temperatur, Oberfläche und die chemische Struktur der Substanz ab. Verschiedene Flüssigkeiten verdunsten unterschiedlich schnell, weil die Moleküle durch unterschiedlich starke Anziehungskräfte zusammengehalten werden. Die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen werden als zwischenmolekulare Kräfte bezeichnet. Die verschiedenen Arten von zwischenmolekularen Anziehungen sind: Dispersionskräfte (Londoner Kräfte) Kräfte, Dipol-induzierte Dipol-Wechselwirkungen, Ionen-induzierte Dipol-Wechselwirkungen, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen.

Wesentliche Fragestellungen

Wenn chemische Bindungen die Atome zu Molekülen zusammenhalten, was hält dann die Moleküle zusammen, um feste und flüssige Stoffe zu bilden?

Welcher Alkohol hält seine Moleküle am stärksten zusammen? Und warum?

Wie wirken sich die Länge und die Form eines Moleküls auf die Stärke aus, mit der Moleküle zusammengehalten werden?

Material & Methoden

- Datenerfassungssystem
- Methanol (CH₃OH), 5 mL
- Temperaturfühler aus rostfreiem Stahl: Smart Temperatursensor
- Ethanol (C₂H₅OH), 5 mL
- Messzylinder, 10 mL
- Propanol (C₃H₇OH), 5 mL
- Reagenzglas (7), 15-mm x 100-mm
- Butanol (C₄H₉OH), 5 mL
- Reagenzglasgestell
- Pentanol (C₅H₁₁OH), 5 mL
- Stopfen (7), passend zu den Reagenzgläsern
- 2-Propanol (C₃H₇OH), 5 mL
- Waschflasche und Abfallbehälter
- 2-Butanol (C₄H₉OH), 5 mL
- Abdeckband (2), 6 cm lange Streifen

Sicherheit

Fügen Sie diese wichtigen Sicherheitsvorkehrungen zu Ihren normalen Laborverfahren hinzu:

- Riechen Sie nicht an den Chemikalien.
- Alkohole sind brennbar. Vermeiden Sie offenes Feuer.
- Ersticken Sie Brände von Pentanol und 2-Butanol mit Sand oder einem Feuerlöscher Typ B.
- Sorgen Sie für eine gute Belüftung des Raums. Butanol und Pentanol haben einen starken Geruch.

Durchführung

Einrichten

1. Bereiten Sie Reagenzgläser mit Methanol, Ethanol, Propanol, Butanol, Pentanol, 2-Propanol und 2-Butanol nach dem folgenden Verfahren vor:

- Verwenden Sie einen Messzylinder, um etwa 5 mL eines Alkohols abzumessen.
- Füllen Sie den Alkohol in ein Reagenzglas, verschließen Sie es mit einem Stopfen und beschriften Sie das Reagenzglas.
- Reinigen Sie den Messzylinder, indem Sie ihn mehrmals mit Wasser ausspülen.

2. Warum muss ein Reagenzglas, das Alkohol enthält, verschlossen werden?

3. Sagen Sie voraus, was mit der Temperatur geschieht, wenn der Alkohol aus dem Temperatursensor verdunstet.

4. Sagen Sie voraus, wie sich die Temperaturänderungen bei den fünf verschiedenen Alkoholen der homologen Reihe (Methanol, Ethanol, Propanol, Butanol und Pentanol). Erklären Sie Ihre Vorhersage.

5. Sagen Sie voraus, wie sich die Temperaturänderungen zwischen den isomeren Formen der Alkohole (2-Propanol gegenüber Propanol und 2-Butanol gegenüber Butanol). Erläutern Sie Ihre Vorhersage.

6. Starten Sie ein neues Experiment mit dem Datenerfassungssystem.

7. Schließen Sie einen Temperatursensor aus rostfreiem Stahl an das Datenerfassungssystem an.

8. Zeigen Sie die Temperatur (°C) gegenüber der Zeit (s) in einem Diagramm an.

Daten sammeln

9. Entfernen Sie den Stopfen von dem Reagenzglas mit Methanol und tauchen Sie den Temperatursensor in das Methanol.

10. Beginnen Sie mit der Aufzeichnung der Daten, während Sie die grafische Anzeige betrachten.



11. Nehmen Sie den Temperatursensor aus dem Methanol und kleben Sie ihn so fest, dass der Metallteil über die Kante des Labortisches hängt. Setzen Sie den Stopfen wieder auf das Reagenzglas mit Methanol.
12. Stellen Sie die Achsenskala nach Bedarf ein, um die Temperaturänderung zu sehen.
13. Was geschieht mit der Flüssigkeit auf dem Temperaturfühler? Wie wird die Temperatur beeinflusst?
14. Wie lässt sich die Verdampfungsrate aus dem Diagramm bestimmen?
15. Beenden Sie die Datenaufzeichnung, wenn die Temperatur zu steigen beginnt.
16. Nennen Sie den Datenlauf "Methanol".
17. Spülen Sie den Temperatursensor mehrmals mit sauberem Wasser ab und trocknen Sie ihn dann vollständig.
18. Warum ist es notwendig, den Temperatursensor nach jedem Versuch zu reinigen und zu trocknen?
19. Wiederholen Sie die Schritte "Daten sammeln" für jeden der übrigen Alkohole. Benennen Sie jeden Datenlauf nach dem getesteten Alkohol.
20. Speichern Sie das Experiment und räumen die Laborstation gemäß den Anweisungen der Lehrkraft auf, insbesondere bezüglich der überschüssigen Alkohole.

Datenanalyse

- Bestimmen Sie die Anfangstemperatur, die niedrigste Endtemperatur und die Temperaturänderung für jeden Alkohol in der homologen Reihe. Tragen Sie die Werte in die folgende Tabelle 1 ein:

Tabelle 1: Temperaturänderungen in der homologen Reihe der Alkohole

| Alkohol | Anfangstemperatur (°C) | Niedrigste Temperatur (°C) | Temperaturänderung (°C) |
|----------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Methanol | | | |
| Ethanol | | | |
| Propanol | | | |
| Butanol | | | |
| Pentanol | | | |

- Bestimmen Sie die Anfangstemperatur, die niedrigste Endtemperatur und die Temperaturänderung für jedes isomere Alkoholpaar. Tragen Sie die Werte in die folgende Tabelle 2 ein

Tabelle 2: Temperaturänderungen für Isomerenpaare von Alkoholen

| Alkohol | Anfangstemperatur (°C) | Niedrigste Temperatur (°C) | Temperaturänderung (°C) |
|------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Propanol | | | |
| 2-Propanol | | | |
| Butanol | | | |
| 2-Butanol | | | |

3. Bestimmen Sie die Verdampfungsrate für die ersten 20 Sekunden jedes Versuchs in der homologen Reihe und tragen Sie die Werte in die folgende Tabelle 3 ein.
- Zeigen Sie die Datenreihe an, die Sie analysieren möchten.
 - Wählen Sie die ersten 20 Sekunden der abnehmenden Temperaturdaten aus.
 - Wenden Sie eine lineare Anpassung/Ausgleichsgerade in der Software an und bestimmen Sie die Steigung der linearen Anpassung.

Tabelle 3: Verdampfungsrate für Alkohole in einer homologen Reihe

| Alkohol | Gleichung der Ausgleichsgeraden | Verdunstungsrate (°C/s) |
|----------------|--|--------------------------------|
| Methanol | | |
| Ethanol | | |
| Propanol | | |
| Butanol | | |
| Pentanol | | |

4. Bestimmen Sie die Verdampfungsrate für die ersten 20 Sekunden eines jeden Versuchs für die Alkohol-Isomere. Tragen Sie die Werte in die folgende Tabelle 4 ein.
- Zeigen Sie den Datenlauf an, den Sie analysieren möchten.
 - Wählen Sie die ersten 20 Sekunden der abnehmenden Temperaturdaten aus.
 - Wenden Sie eine lineare Anpassung an und bestimmen Sie die Steigung der Ausgleichsgeraden.

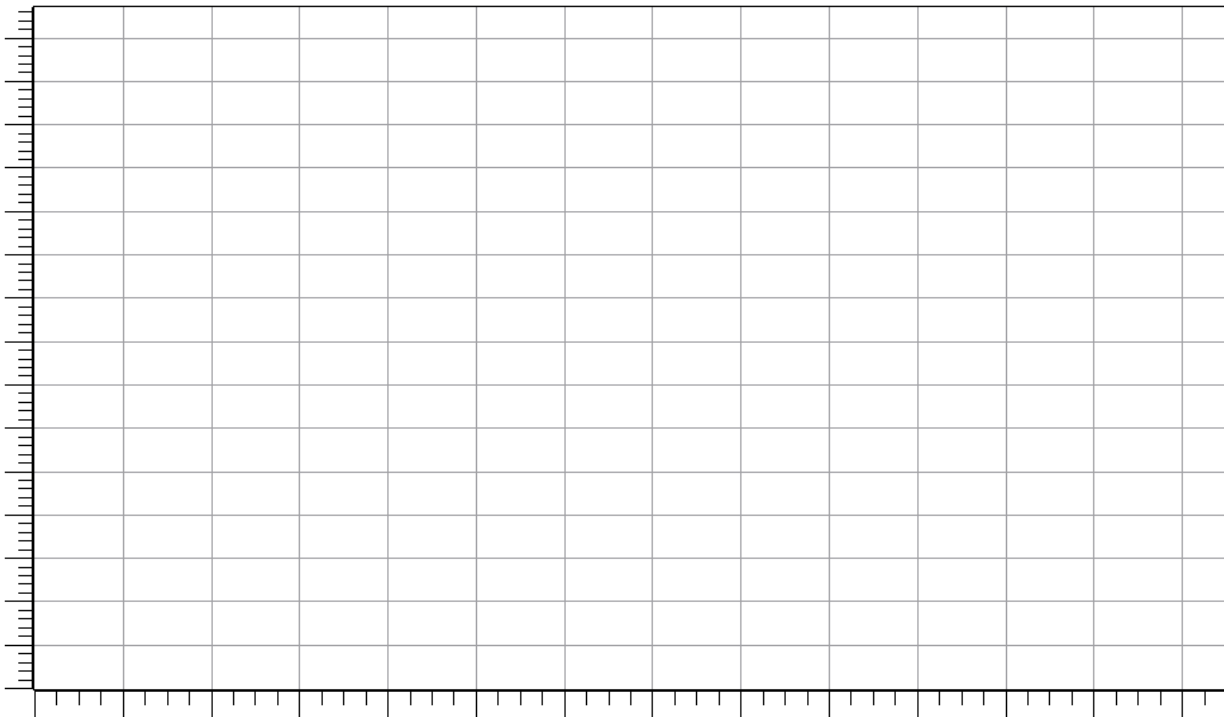
Tabelle 4: Verdampfungsraten für Alkohol-Isomere

| Alkohol | Gleichung der Ausgleichsgeraden | Verdunstungsrate (°C/s) |
|----------------|--|--------------------------------|
| Propanol | | |
| 2-Propanol | | |
| Butanol | | |
| 2-Butanol | | |

- Erstellen Sie ein Diagramm mit allen sieben Datenläufen, die auf Ihrem Datenerfassungssystem angezeigt werden.

Hinweis: Nicht alle Datenerfassungssysteme zeigen alle sieben Datenläufe in einem Satz von Achsen an. Wenn dies nicht möglich ist, können Sie beschließen, alle Alkohole auf einem Achsensatz und die isomeren Paare auf einem anderen Satz zu bringen.

- Skizzieren oder drucken Sie ein Diagramm von Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) gegen Zeit (s) für alle sieben Alkohole auf einem Satz der Achsen. Achten Sie darauf, jeden Alkohol zu beschriften. Beschriften Sie auch das gesamte Diagramm, die x-Achse, die y-Achse und geben Sie die Einheiten auf den Achsen an.



Fragen zur Analyse

1. Wie beeinflusst die Verdunstung die Temperatur? Erklären Sie.
2. Erläutern Sie, wie sich die Größe der Verdampfungsrate mit der Größe der Moleküle in der homologen Reihe ändert.
3. Erläutern Sie, wie sich die Größe der Verdampfungsrate mit der Form der Moleküle in den isomeren Alkoholpaaren ändert.
4. Welche verdampfte Flüssigkeit aus dem Experiment hat die stärksten zwischenmolekularen Kräfte? Wie stützen Ihre Daten Ihre Antwort?
5. Welche verdampfte Flüssigkeit aus dem Experiment hat die schwächsten zwischenmolekularen Kräfte? Wie stützen Ihre Daten Ihre Antwort?
6. Erläutern Sie die Auswirkungen der Molekülgröße auf die Stärke der zwischenmolekularen Kräfte für verschiedene Alkohole aus der gleichen homologen Reihe.
7. Erläutern Sie die Auswirkungen der Molekülform auf die Stärke der zwischenmolekularen Kräfte für verschiedene Alkohol-Isomere.

Fragen zum Transfer

Nutzen Sie die verfügbaren Daten, um die folgenden Fragen zu beantworten:

1. Starke körperliche Betätigung bringt den Menschen zum Schwitzen. Wie reguliert die Transpiration die Körpertemperatur?
2. Wenn man Methanol in einem Behälter und Butanol in einem zweiten Behälter einschließen würde, wie würden sich die Drücke in diesen Behältern unterscheiden? Erklären Sie.
3. Welcher Stoff hat Ihrer Meinung nach den höheren Siedepunkt, Butanol oder 2-Butanol? Erklären Sie die Ursache.
4. Würden Sie erwarten, dass Wasser (H₂O) oder Schwefelwasserstoff (H₂S) eine stärkere intermolekulare Anziehungskraft hat? Erläutern Sie Ihre Überlegungen.

Gestaltung und Durchführung eines Experiments

Abschließende Fragen

Quellennachweise:

PASCO

Diese Versuchsanleitung wurde im Februar 2023 erstellt.

Bitte beachten Sie, dass die Versuchsanleitung lediglich als Orientierung dient. Sie wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt, ersetzt jedoch keine fachgerechte Unterrichtsvorbereitung. Wir können keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernehmen und bitten Sie, die jeweiligen Aussagen und Quellen vor Verbreitung zu überprüfen.