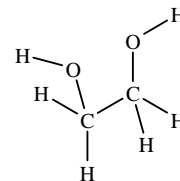
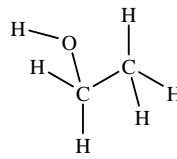


1.9. Aufgaben zu zwischenmolekularen Kräften

Aufgabe 1: Dipol-Dipol-Kräfte

Gib jeweils die Strukturformeln mit der Polarität der Bindungen an und ordne nach Siedepunkten. Begründe mit Hilfe der **Dipol-Dipol-Kräfte**:

- HF und HCl
- H₂O und H₂S
- NF₃ und OF₂
- HCl und NH₃
- C₂H₆O und C₂H₆O₂ (siehe rechts)
- CH₄ und H₂S



Aufgabe 2: Van-der-Waals-Kräfte

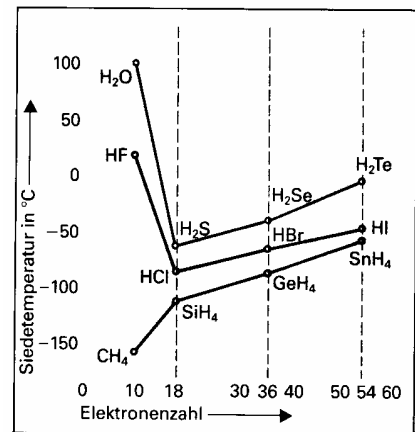
Gib jeweils die Strukturformeln mit der Polarität der Bindungen an und ordne nach Siedepunkten. Begründe mit Hilfe der **Dipol-Dipol-Kräfte** und der **Van-der-Waals-Kräfte**:

- CH₄, C₂H₆, C₃H₈
- OF₂ und SCl₂
- NF₃ und PCl₃
- CF₄, CCl₄ und CH₃F

Aufgabe 3: Siedepunkte

In dem nebenstehenden Diagramm sind die Siedetemperaturen einiger Wasserstoffverbindungen der 4., 6., und 7. Hauptgruppe eingezeichnet. Entscheide jeweils, ob für die Zu- oder Abnahme der Siedepunkte die **Van-der-Waals-** oder die **Dipol-Dipol-Kräfte** ausschlaggebend sind.

- Abnahme H₂O → H₂S:
- Zunahme H₂S → H₂Se → H₂Te
- Abnahme HF → HCl
- Zunahme HCl → HBr → HI
- Zunahme 7. Hauptgruppe → 6. Hauptgruppe
- Zunahme CH₄ → SiH₄ im Vergleich zur Abnahme HF → HCl.



Aufgabe 4: Siedepunkte

Vergleiche die Siedepunkte der folgenden Verbindungen und entscheide, ob für ihren Verlauf die **Van-der-Waals-** oder die **Dipol-Dipol-Kräfte** ausschlaggebend sind

- I₂ (184 °C) → IBr (116 °C) → ICl (100 °C) → IF (zersetzt sich beim Erwärmen in I₂ und F₂)
- CH₃I (42 °C) → CH₃Br (4 °C) → CH₃Cl (-24 °C) → CH₃F (-78 °C).
- NH₃ (-33 °C) → PH₃ (-88 °C) → AsH₃ (-62 °C) → SbH₃ (-17 °C).
- NF₃ (-129 °C) → NCl₃ (-40 °C) → NH₃ (-33 °C)

Aufgabe 5: Löslichkeit

Vervollständige die Tabelle und begründe durch Vergleich der zwischenmolekularen Kräfte, warum sich die Stoffkombinationen lösen bzw. nicht lösen:

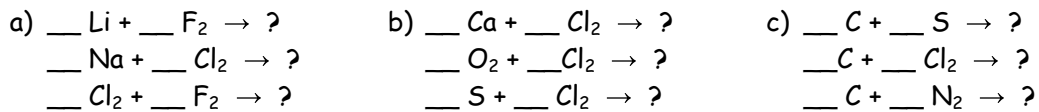
Stoffkombination	Kraft A - A	Kraft B - B	Kraft A - B	Verhalten und Begründung
polar - polar: Salz A - Wasser B	Ionen- bindung	Dipol- Dipol	Ion-Dipol	Löst sich, wenn $A-B > A-A, B-B$
polar - unpolar: Salz A - Benzin B				
unpolar - polar: Fett A - Wasser B				
unpolar - unpolar: Fett A - Benzin B				

Aufgabe 6: Löslichkeit

Zwei Reagenzgläser sollen gereinigt werden. Reagenzglas A enthält Phosphorreste, Reagenzglas B dagegen Kaliumchloridreste. Als Reinigungsmittel stehen Benzin und Wasser zur Verfügung. Gib an, welches Lösungsmittel für welches Reagenzglas geeignet ist und begründe Deine Entscheidung.

Aufgabe 7: Bindungsarten, zwischenmolekulare Kräfte, Siedepunkte, Löslichkeit

Gegeben sind jeweils die drei folgenden Reaktionen:



1. Gib die Reaktionsgleichung und die Summenformel der drei Endprodukte an.
2. Gib für alle beteiligten Stoffe die Bindungsart an.
3. Beschreibe die Struktur aller beteiligten Stoffe (Strukturformel, Zeichnung bzw. Stichworte genügen!)
4. Beschreibe die Kräfte, die die Teilchen der drei Endprodukte im festen Zustand zusammenhalten.
5. Ordne die drei Endprodukte nach Siedepunkten und begründe.
6. Welches der drei Endprodukte löst sich am besten in polaren Lösungsmitteln? Begründe.
7. Welches der drei Endprodukte löst sich am besten in unpolaren Lösungsmitteln? Begründe.

1.9. Lösungen zu den Aufgaben zu zwischenmolekularen Kräften

Aufgabe 1: Dipol-Dipol-Kräfte

- HF ($\Delta EN = 1,9$, Sp 20 °C) > HCl ($\Delta EN = 1,4$, Sp -84 °C),
- H₂O ($\Delta EN = 1,4$, Sp 100 °C) > H₂S ($\Delta EN = 0,4$, Sp -60 °C)
- NF₃ ($\Delta EN = 1,0$; Sp -129 °C) > OF₂ ($\Delta EN = 0,5$ und Sp -144 °C)
- HCl ($\Delta EN = 1,4$, Sp -84 °C) < H₂O ($\Delta EN = 1,4$, Sp 100 °C), da bei Wasser jeweils **vier** H-Brücken pro Molekül zu dreidimensional vernetzten Strukturen im festen und flüssigen Zustand führen., während bei HCl nur jeweils **zwei** H-Brücken pro Molekül zu Zick-Zack-Ketten bzw. gewinkelten Ringen führen.
- C₂H₆O ($\Delta EN = 1,4$; Sp 78 °C) < C₂H₆O₂ ($\Delta EN = 1,4$; Sp 197 °C), da Ethanol C₂H₆O nur **eine** und Glykol C₂H₆O₂ **zwei** polare OH-Bindungen aufweisen.
- CH₄ ($\Delta EN = 0,4$, Sp -162 °C) < H₂S ($\Delta EN = 0,4$, Sp -60 °C), denn aufgrund der **gleichmäßigen Verteilung** der positiv polarisierten H-Atome um das negativ polarisierte C-Atom gleichen sich die Ladungsverschiebungen aus und das Molekül ist nach außen hin völlig unpolar.

Aufgabe 2: Van-der-Waals-Kräfte

- CH₄ (Sp -162 °C), C₂H₆ (Sp -87 °C) und C₃H₈ (Sp -42 °C). Wegen der Molekülsymmetrie sind alle Verbindungen völlig unpolar und die Siedepunkte werden allein durch die mit der Molekülgröße steigenden **Van-der-Waals-Kräfte** bestimmt.
- OF₂ ($\Delta EN = 0,5$ und Sp -144 °C) < SCl₂ ($\Delta EN = 1,0$; Sp 60 °C) ist eindeutig sowohl durch **Van-der-Waals-** als auch durch **Dipol-Dipol-Kräfte** begründet.
- NF₃ ($\Delta EN = 1,0$; Sp -129 °C) und PCl₃ ($\Delta EN = 1,4$; Sp 70 °C) ist eindeutig sowohl durch **Van-der-Waals-** als auch durch **Dipol-Dipol-Kräfte** begründet.

Aufgabe 3: Siedepunkte

ausschlaggebend sind

- | | |
|--|---------------------------|
| a) stärkere H-Brücken bei H ₂ O | d) wachsende Molekülgröße |
| b) wachsende Molekülgröße | e) Zahl der H-Brücken |
| c) stärkere H-Brücken bei HF | f) Molekülsymmetrie |

Aufgabe 4: Siedepunkte

- I₂ ($\Delta EN = 0$; 184 °C), IBr ($\Delta EN = 0,3$; 116 °C), ICl ($\Delta EN = 1,0$; 100 °C), IF ($\Delta EN = 1,5$; zersetzt sich beim Erwärmen in I₂ und F₂) Trotz der kurzen Summenformeln handelt es sich um sehr große Moleküle (I₂ z.B. hat mit 106 Elektronen ungefähr die Größe von Dodekan C₁₂H₂₆), bei denen die Siedepunkte durch die Van-der-Waals-Kräfte bestimmt werden.
- CH₃I ($\Delta EN = 0$; 42 °C), CH₃Br ($\Delta EN = 0,3$; 4 °C), CH₃Cl ($\Delta EN = 1,0$; -24 °C), CH₃F ($\Delta EN = 1,5$; -78 °C). Die steil ansteigende Größe der Halogenmoleküle (CH₃I hat mit 66 Elektronen ungefähr die Größe von Pentan C₅H₁₂) gibt gegenüber der fallenden ΔEN den Ausschlag.
- NH₃ ($\Delta EN = 0,9$; -33 °C) > PH₃ ($\Delta EN = 0$; -88 °C), AsH₃ ($\Delta EN = 0,1$; -62 °C), (SbH₃; $\Delta EN = 0,2$; -17 °C). NH₃ hat aufgrund der hohen ΔEN und seiner H-Brücken den höchsten Sp. Bei den übrigen Verbindungen sind die ΔEN sehr klein und der Sp wird durch die wachsende Molekülgröße bzw. die van-der-Waals-Kraft bestimmt.
- CCl₄ (77 °C) > CF₄ (-130 °C) wegen der **Van-der-Waals-Kräfte**. Aufgrund der **Molekülsymmetrie** spielen die Dipol-Dipol-Kräfte bei diesem Paar keine Rolle. CHF₃ ($-16,3\text{ °C}$) > CF₄ (-130 °C) trotz der geringeren Van-der-Waals-Kräfte hat CHF₃ wegen der fehlenden Symmetrie einen deutlich **polaren** Charakter und ist übrigens im Gegensatz zu CF₄ und CCl₄ bis zu 75 Vol% in Wasser löslich!

Aufgabe 5: Löslichkeit

Stoffkombination	Kraft A - A	Kraft B - B	Kraft A - B	Verhalten und Begründung
polar - polar: Salz A - Wasser B	Ionenbindung	Dipol-Dipol	Ion-Dipol	Löst sich, wenn A-B > A-A, B-B
polar - unpolar: Salz A - Benzin B	Ionenbindung	van-der-Waals	van-der-Waals	Löst sich nicht, weil A-B < A-A, B-B
unpolar - polar: Fett A - Wasser B	van-der-Waals	Dipol-Dipol	van-der-Waals	Löst sich nicht, weil A-B < A-A, B-B
unpolar - unpolar: Fett A - Benzin B	van-der-Waals	van-der-Waals	van-der-Waals	Löst sich, wenn A-B > A-A, B-B

Aufgabe 6: Löslichkeit

unpolares Phosphor löst sich in unpolarem Benzin, polares KCl in polarem Wasser

Aufgabe 7: Bindungsarten, zwischenmolekulare Kräfte, Siedepunkte, Löslichkeit

- a) $2 \text{Li} + \text{F}_2 \rightarrow 2 \text{LiF}$ (Fp 848 °C, Sp 1673 °C, Löslichkeit in Wasser 0,13 % bei 25 °C)
 $2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl}$ (Fp 800 °C, Sp 1465 °C, Löslichkeit in Wasser 26 % bei 25 °C)
 $\text{F}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{ClF}$ (Sp -100 °C, reagiert mit Wasser zu HF und HOCl, löslich in CCl_4)
- b) $\text{Ca} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2$ (Fp 775 °C, Sp 1936 °C, Löslichkeit in Wasser 45 % bei 25 °C)
 $\text{O}_2 + 2 \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{Cl}_2\text{O}$ ($\Delta\text{EN} = 0$; Sp 2 °C, reagiert mit Wasser zu HOCl, löslich in CCl_4)
 $\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{SCl}_2$ ($\Delta\text{EN} = 1,0$; Sp 60 °C, reagiert mit Wasser zu SO_2 und HCl, löslich in CCl_4)
- c) $\text{C} + 2 \text{S} \rightarrow \text{CS}_2$ ($\Delta\text{EN} = 0$; Sp 46 °C, unlöslich in Wasser, löslich in Benzin)
 $\text{C} + 2 \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4$ ($\Delta\text{EN} = 1,0$ aber symmetrisch, Sp 77 °C, schlecht löslich in Wasser, gut löslich in Benzin)
 $2 \text{C} + \text{N}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{N}_2$ ($\Delta\text{EN} = 0,5$ aber symmetrisch, Sp -21 °C, schlecht löslich in Wasser, gut löslich in Benzin)