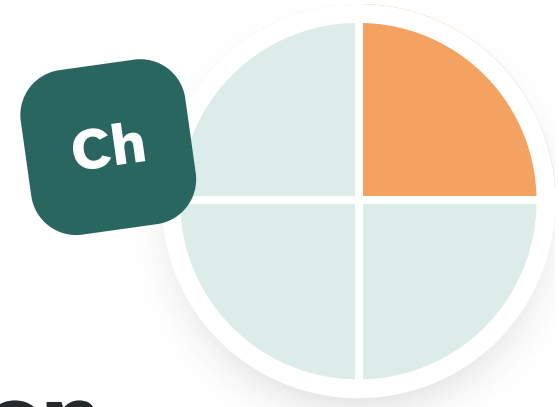
DYS+ Campus



Übungsheft · Chemie · Klasse 12

Energetik: Satz von Hess, Wirkungsgrad und freie Enthalpie

Erklärungen, 26 Aufgaben in drei Stufen und alle Lösungen, viele mit Begründung.

Name _____ **Datum** _____

Das lernst du

- Ich berechne Reaktionsenthalpien mit Bildungsenthalpien und dem Satz von Hess.
- Ich berechne und vergleiche Wirkungsgrade von Energiewandlern.
- Ich wende den zweiten Hauptsatz und $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ an.

So arbeitest du mit dem Heft

●○○ **Basis** zum Einstieg

●●○ **Standard** zum Üben

●●● **Plus** zum Weiterdenken

Du musst nicht alles machen. Fang bei Basis an. Die Lösungen stehen hinten im Heft.

Noch unsicher?

Scanne den Code. Dort wird das Thema Schritt für Schritt erklärt.

dysplus.de/lernen/gymnasium/klasse-12/chemie/energetik-und-satz-von-hess/energie-in-stoffen-waerme-und-arbeit

Kurz erklärt

Merksatz: $\Delta H° = \Sigma \nu \cdot \Delta fH°(\text{Produkte}) - \Sigma \nu \cdot \Delta fH°(\text{Edukte})$. Hess: Umkehren ändert das Vorzeichen, Multiplizieren multipliziert ΔH. $\eta = W(\text{Nutz}) / |\Delta H|$. $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S = -z \cdot F \cdot \Delta E$.

ΔfH° in kJ/mol

Stoff	ΔfH°
CO_2 (g)	−393,5
H_2O (l)	−285,8
CH_4 (g)	−74,9
Fe_2O_3 (s)	−824,2
Al_2O_3 (s)	−1675,7
MgO (s)	−601,6
Zn^{2+} (aq)	−153,9
Cu^{2+} (aq)	+64,8

Methan verbrennen

1. $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O(l)$.
2. Produkte: $-393{,}5 + 2 \cdot (-285{,}8) = -965{,}1$ kJ.
3. Edukte: −74,9 kJ.
4. $\Delta H° = -965{,}1 - (-74{,}9) = -890{,}2$ kJ.

Typischer Fehler: Koeffizienten nicht vergessen, Produkte minus Edukte rechnen und die Temperatur in Kelvin einsetzen.

Tipp: Datenrecherche: Immer Quelle, Jahr und Bezugsgröße (Heiz- oder Brennwert) notieren.

●○○ Basis

Wärme, Arbeit und Vorzeichen

1 Kreuze an.

a) $\Delta H < 0$ bedeutet: Die Reaktion ist _____. ☐ **exotherm** ☐ **endotherm**

b) Elemente im Standardzustand haben $\Delta_f H° =$ _____. ☐ **0** ☐ **−100**

c) Läuft $Zn + Cu^{2+}$ im Becherglas ab, wird die Energie als _____ frei. ☐ **elektrische Arbeit** ☐ **Wärme**

d) Die Umkehrung einer Reaktion hat das _____ Vorzeichen von ΔH. ☐ **gleiche** ☐ **entgegengesetzte**

2 Rechne.

a) Ladung für 1 mol Zink (z = 2): _____ C

b) Elektrische Arbeit mit 1,10 V: _____ kJ (eine Nachkommastelle)

●●○ Standard

Bildungsenthalpien, Hess und Wirkungsgrad

3 Berechne ΔH° in kJ (eine Nachkommastelle).

a) $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O(l)$: _____

b) $2\ Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2\ Fe$: _____

c) $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$: _____

d) $2\ Mg + O_2 \rightarrow 2\ MgO$: _____

e) Hess: $C + \frac{1}{2}\ O_2 \rightarrow CO$ aus −393,5 und −283,0: _____

f) Hess: $Fe_2O_3 + 3\ CO \rightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$ aus +824,2 und −849,0: _____

4 Wirkungsgrad.

a) 142,9 kJ Arbeit aus $|\Delta H| = 285{,}8$ kJ: η = _____ (eine Nachkommastelle)

b) 30 % von 890,2 kJ: _____ kJ (ganze Zahl)

c) 100 kJ Nutzarbeit bei $\eta = 0{,}50$ brauchen _____ kJ Brennstoff-Energie.

5 Stimmt der Satz? Schreibe falsche Sätze richtig auf.

a) Nach Hess hängt ΔH vom Reaktionsweg ab. ☐ **stimmt** ☐ **stimmt nicht**

b) Multipliziert man eine Gleichung mit 2, verdoppelt sich ΔH. ☐ **stimmt** ☐ **stimmt nicht**

c) Wasserstoff ist immer klimaneutral. ☐ **stimmt** ☐ **stimmt nicht**

d) Brennwert und Heizwert darf man nicht vermischen. ☐ **stimmt** ☐ **stimmt nicht**

●●● Plus

Zweiter Hauptsatz und freie Enthalpie (vor allem für den Leistungskurs)

6 Berechne.

a) Carnot-Wirkungsgrad bei 900 K und 300 K: _____ % (ganze Zahl)

b) Carnot-Wirkungsgrad bei 1200 K und 300 K: _____ %

c) $\Delta G = -285{,}8 - 298 \cdot (-0{,}1634) =$ _____ kJ/mol (eine Nachkommastelle)

d) ΔG für $Zn + 2\ Ag^+$ mit $\Delta E = 1{,}56$ V: _____ kJ/mol (ganze Zahl)

e) Zellspannung aus $\Delta G = -237{,}1$ kJ/mol, $z = 2$: _____ V (zwei Nachkommastellen)

7 Werte aus.

a) Aus $\Delta G(300\ K) = -80{,}0$ und $\Delta G(400\ K) = -70{,}0$ kJ/mol: Berechne ΔS und ΔH.

b) Warum kann eine Wärmekraftmaschine Wärme nie vollständig in Arbeit umwandeln?

Kannst du das schon?

Kreuze an, wie sicher du dich fühlst. Hier gibt es kein Richtig oder Falsch.

Ich kann …	sicher	fast	noch nicht
Ich berechne Reaktionsenthalpien mit Bildungsenthalpien und dem Satz von Hess.	☐	☐	☐
Ich berechne und vergleiche Wirkungsgrade von Energiewandlern.	☐	☐	☐
Ich wende den zweiten Hauptsatz und $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ an.	☐	☐	☐

Tipp: Bei „noch nicht“ schau dir „Kurz erklärt“ vorne im Heft noch einmal an oder scanne den Code auf dem Deckblatt. Dann probierst du die Aufgaben noch einmal.

Lösungen

Erst selbst lösen, dann vergleichen. Bei vielen Aufgaben steht die Begründung dabei.

●○○ Basis: Wärme, Arbeit und Vorzeichen

1 Kreuze an.

a) **exotherm**

→ Energie wird an die Umgebung abgegeben.

b) **0**

→ Das ist so festgelegt.

c) **Wärme**

→ Ohne Stromkreis gibt es keine Arbeit.

d) **entgegengesetzte**

→ Hin- und Rückreaktion gleichen sich aus.

2 Rechne.

a) **Ladung für 1 mol Zink (z = 2): 192970 C**

→ 2 · 96485.

b) **Elektrische Arbeit mit 1,10 V: 212,3 kJ (eine Nachkommastelle)**

→ 192970 · 1,10 = 212267 J.

●●○ Standard: Bildungsenthalpien, Hess und Wirkungsgrad

3 Berechne ΔH° in kJ (eine Nachkommastelle).

a) **$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O(l)$: −890,2**

b) **$2\ Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2\ Fe$: −851,5**

c) **$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$: −218,7**

d) **$2\ Mg + O_2 \rightarrow 2\ MgO$: −1203,2**

e) **Hess: $C + ½\ O_2 \rightarrow CO$ aus −393,5 und −283,0: −110,5**

f) **Hess: $Fe_2O_3 + 3\ CO \rightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$ aus +824,2 und −849,0: −24,8**

4 Wirkungsgrad.

a) **142,9 kJ Arbeit aus $|\Delta H|$ = 285,8 kJ: η = 0,5 (eine Nachkommastelle)**

b) **30 % von 890,2 kJ: 267 kJ (ganze Zahl)**

c) **100 kJ Nutzarbeit bei η = 0,50 brauchen 200 kJ Brennstoff-Energie.**

5 Stimmt der Satz? Schreibe falsche Sätze richtig auf.

a) **Stimmt nicht. Richtig: ΔH hängt nur von Anfangs- und Endzustand ab.**

b) **Stimmt.**

c) **Stimmt nicht. Richtig: Es kommt auf die Herkunft des Wasserstoffs und des Stroms an.**

d) **Stimmt.**

●●● Plus: Zweiter Hauptsatz und freie Enthalpie (vor allem für den Leistungskurs)

6 Berechne.

a) **Carnot-Wirkungsgrad bei 900 K und 300 K: 67 % (ganze Zahl)**

→ $1 - \frac{300}{900} = 0{,}667$.

b) **Carnot-Wirkungsgrad bei 1200 K und 300 K: 75 %**

→ $1 - \frac{300}{1200} = 0{,}75$.

c) **ΔG = −285,8 − 298 · (−0,1634) = −237,1 kJ/mol (eine Nachkommastelle)**

d) **ΔG für Zn + 2 Ag^+ mit ΔE = 1,56 V: −301 kJ/mol (ganze Zahl)**

→ −2 · 96485 · 1,56 = −301033 J.

e) **Zellspannung aus ΔG = −237,1 kJ/mol, z = 2: 1,23 V (zwei Nachkommastellen)**

7 Werte aus.

a) **ΔS = −0,100 kJ/(mol·K) = −100 J/(mol·K); ΔH = −110,0 kJ/mol.**

→ Steigung = +0,100 = −ΔS.

→ ΔH = ΔG + T·ΔS = −80,0 + 300 · (−0,100) = −110,0.

b) **Nach dem zweiten Hauptsatz muss ein Teil der Wärme bei niedrigerer Temperatur abgegeben werden, damit die Gesamtentropie wächst.**

→ Entropie wächst insgesamt.

→ η(max) = 1 − T(kalt) / T(warm).