PROFESSOR ERKLÄRBÄR

Serie Chemie · Folge 2 · Advanced

CHEMIE

LEHRERINFO ZUM VIDEO

Dampfdruck und Phasendiagramm

FACH	STUFE	DAUER	VIDEO
Chemie	Gymnasium (Klasse 10–12)	16 min	youtube.com/@Erklaerbaer

01 Lernziele

Nach dem Video können die Schülerinnen und Schüler …

- den Aggregatzustand als Wettstreit zwischen Anziehung und Teilchenbewegung erklären und Temperaturen in Kelvin umrechnen,
- die Heizkurve deuten und mit Schmelz- und Verdampfungswärme (pro Gramm) rechnen,
- Dampfdruck, Sieden und Luftfeuchtigkeit (Taupunkt) erklären und Werte aus der Dampfdruckkurve ablesen,
- die Phasendiagramme von Wasser und CO_2 lesen (Tripelpunkt, kritischer Punkt, Sublimation),
- kristalline und amorphe Feststoffe unterscheiden und den Schmelzbereich als Reinheitsprüfung nutzen.

02 Voraussetzungen

Folge 2 Grundlagen (Teilchenmodell, Übergänge, Siedetemperatur und Luftdruck); Druck und Kelvin aus dem Physikunterricht. Erste Folge der Advanced-Reihe; die Zellen-Bausteine des Serienprojekts beginnen in Folge 4. Vor Folge 8 Advanced bewusst ohne Stoffmenge: Enthalpien pro Gramm.

03 Ablauf des Videos

ZEIT	KAPITEL	INHALT UND PRAXISBEISPIEL
0:00	Einstieg	Trockeneis schmilzt nie, CO_2-Löscher flüssig · Ident · Ausblick Zelle
0:47	Was du brauchst	Teilchenmodell, Übergänge, Siedetemperatur und Luftdruck (02G)
1:16	Anziehung gegen Bewegung	Wettstreit · Kelvin, absoluter Nullpunkt · Wasser flüssig, O_2 gasförmig
2:09	Die Heizkurve	Plateaus · 419 / 334 / 2257 J pro g (Merksatz 1) · Praxis: Schwitzen ≈ 330 W

3:44	Dampfdruck	geschlossenes Gefäss · Dampfdruckkurve · Kochen (Merksatz 2) · Berge, Schnellkochtopf, Ethanol PAUSE-FRAGE Wasser kocht bei 20 °C
5:54	Luftfeuchtigkeit und Taupunkt	relative Feuchte · Taupunkt 9 °C · beschlagene Flasche, Brille, Nebel PAUSE-FRAGE 40 %, Flasche 8 °C
7:21	Phasendiagramm von Wasser	drei Kurven · Tripelpunkt · kritischer Punkt · Schmelzkurve nach links (Merksatz 3) · Schlittschuh-Mythos
9:06	Phasendiagramm von CO_2	Tripelpunkt 5,2 bar · Trockeneis sublimiert · Feuerlöscher · überkritisch, Entkoffeinieren · Gefriertrocknung
10:25	Kristallin oder amorph	scharf gegen Erweichungsbereich · Schokolade Form V · Reinheitsprüfung · Ausblick Handy-Akku
11:46	Prüfungsfallen	vier Fallen (siehe 04)
12:36	Zusammenfassung	sechs Kernaussagen
13:16	Quiz	4 Fragen · Endkarte Folge 3 Advanced

04 Typische Fehlvorstellungen

- „Wasser siedet immer bei 100 °C“ – nur bei 1013 hPa; es siedet, wenn der Dampfdruck den äusseren Druck erreicht (Kapitel 4).
- „Stärker heizen macht siedendes Wasser heisser“ – die Temperatur bleibt, es verdampft nur schneller (Kapitel 3).
- „Trockeneis schmilzt“ – bei 1 bar sublimiert es; flüssiges CO_2 gibt es erst über 5,2 bar (Kapitel 7).
- „Schlittschuhe gleiten, weil der Druck das Eis schmilzt“ – der Druck senkt die Schmelztemperatur nur um Zehntelgrad (Kapitel 6).
- „Glas ist eine zähe Flüssigkeit“ – amorpher Feststoff; ungleich dicke Kirchenfenster stammen aus der Herstellung (Kapitel 8).

05 Einsatz im Unterricht

Einstieg: Trockeneis (falls verfügbar, mit Handschuhen) in ein Glas Wasser geben – Nebel; Frage: Warum gibt es keine Pfütze?

Experiment: Heizkurve mit Eis und Thermometer aufnehmen (Messwerte alle 30 s); kaltes Glas beschlagen lassen und Taupunkt schätzen.

Vertiefung: Siedeverzug und Unterdruck: Wasser in einer Spritze bei Raumtemperatur „kochen“ lassen (Kolben zuhalten und ziehen).

Repetition: Kapitel 9–11 vor der Prüfung; Quiz pausieren und begründen lassen.

Hinweise: Die Phasendiagramme sind schematisch (Druckachse nicht linear). Schwitzen: Verdampfungswärme bei Hauttemperatur ≈ 2,4 kJ/g. Schlittschuh: Die Gleitschicht ist eine flüssigkeitsähnliche Oberflächenschicht des Eises; Reibungswärme trägt bei. Schokolade: Kakaobutter hat sechs Kristallformen (I–VI), Form V schmilzt bei ≈ 34 °C.

06 Quellen

- Dampfdruck von Wasser: Antoine-Gleichung (A = 8,07131, B = 1730,63, C = 233,426; mmHg, °C); Ethanol A = 8,20417, B = 1642,89, C = 230,3
- Tripelpunkt Wasser 273,16 K / 611,657 Pa; kritischer Punkt 647,1 K / 22,06 MPa; CO_2: Tripelpunkt 216,6 K / 0,518 MPa, Sublimation bei 1 atm 194,7 K, kritischer Punkt 304,1 K / 7,38 MPa (CRC Handbook of Chemistry and Physics)
- Schmelz- und Verdampfungsenthalpie Wasser: 334 J/g und 2257 J/g (bei 100 °C)
- Beckett, S. T.: The Science of Chocolate, RSC Publishing (Kakaobutter-Polymorphie)
- Rosenberg, R.: Why Is Ice Slippery?, Physics Today 58 (2005) 50

NAME _____ KLASSE _____ DATUM _____

Dampfdruck und Phasendiagramm

1 Merksätze ergänzen ●○○

Während eines Phasenübergangs bleibt die _____ konstant – die Energie trennt die Teilchen.

Eine Flüssigkeit siedet, wenn ihr _____ den äusseren Druck erreicht.

Das _____ zeigt für jeden Druck und jede Temperatur den stabilen Zustand.

2 Heizkurve ●●○

Wie viel Energie braucht man, um 50 g Eis von 0 °C vollständig in Dampf von 100 °C zu verwandeln? (334 J/g; 4,19 J/(g·K); 2257 J/g) Welcher Schritt braucht am meisten?

3 Dampfdruckkurve ●●○

Dampfdruck von Wasser: 20 °C 23 hPa · 40 °C 74 hPa · 60 °C 199 hPa · 80 °C 474 hPa · 100 °C 1013 hPa. a) Zeichne die Kurve. b) Bei welcher Temperatur siedet Wasser auf einem Berg mit 474 hPa? c) Warum kann man in einem Topf mit Deckel nicht über 100 °C kommen, im Schnellkochtopf aber schon?

4 Taupunkt ●●○

Ein Badezimmer hat 24 °C (Sättigungsdampfdruck 29,8 hPa) und 70 % relative Luftfeuchtigkeit. Der Spiegel hat 18 °C (20,6 hPa). Beschlägt er? Rechne.

5 Phasendiagramm von CO_2 ●●●

Skizziere das Phasendiagramm von CO_2 mit Tripelpunkt (−56,6 °C, 5,2 bar) und kritischem Punkt (31 °C, 74 bar). Markiere a) Trockeneis bei 1 bar, b) den Inhalt eines Feuerlöschers bei 20 °C, c) den Bereich, in dem man Kaffee entkoffeiniert. Begründe, warum Trockeneis keine Pfütze hinterlässt.

6 Quiz aus dem Video – kreuze an ●○○

a) Eine Flüssigkeit siedet, wenn ☐ 100 °C ☐ Dampfdruck = äusserer Druck ☐ Teilchen gleich schnell

b) Kein flüssiges CO_2 bei 1 bar, weil ☐ zu leicht ☐ Tripelpunkt bei 5,2 bar ☐ reagiert mit Luft

c) Temperatur beim Schmelzen von Eis ☐ steigt ☐ sinkt ☐ bleibt bei 0 °C

d) Verunreinigte Probe ☐ tiefer und breiter ☐ höher ☐ gar nicht flüssig

Lösungen

1 Merksätze

Temperatur · Dampfdruck · Phasendiagramm

2 Heizkurve

Schmelzen: 50 g · 334 J/g = 16,7 kJ · Erwärmen: 50 g · 4,19 J/(g·K) · 100 K = 21,0 kJ · Verdampfen: 50 g · 2257 J/g = 112,9 kJ · zusammen ≈ 150,5 kJ. Das Verdampfen braucht mit drei Vierteln am meisten.

3 Dampfdruckkurve

b) bei 80 °C (Dampfdruck 474 hPa = Luftdruck) · c) Im offenen oder lose gedeckelten Topf bleibt der Druck ≈ 1013 hPa: Bei 100 °C erreicht der Dampfdruck diesen Wert, zusätzliche Energie verdampft nur mehr Wasser. Der Schnellkochtopf ist dicht, der Druck steigt auf ≈ 2 bar – Wasser siedet erst bei ≈ 120 °C.

4 Taupunkt

Wasserdampf in der Luft: 0,70 · 29,8 hPa = 20,9 hPa. Der Spiegel (18 °C) erlaubt höchstens 20,6 hPa – das ist weniger. Er liegt also unter dem Taupunkt (≈ 18,2 °C) und beschlägt.

5 Phasendiagramm von CO_2

a) links unten auf der 1-bar-Linie im Feststoffbereich, die Linie trifft bei −78,5 °C die Sublimationskurve · b) auf der Dampfdruckkurve bei 20 °C und ≈ 57 bar (Flüssigkeit und Gas im Gleichgewicht) · c) oberhalb von 31 °C und 74 bar (überkritisch). Bei 1 bar kreuzt man nur die Sublimationskurve; der flüssige Bereich beginnt erst über 5,2 bar – darum gibt es keine Pfütze.

6 Quiz

a) Dampfdruck = äusserer Druck b) Tripelpunkt bei 5,2 bar c) bleibt bei 0 °C d) tiefer und breiter