

Zentralabituraufgabe 2010

Leistungskurs Physik

Aufgabenteil G1: Untersuchung von Gasen



Diese Aufgabe basiert auf einer Zentralabituraufgabe des Landes Sachsen-Anhalt. Die Originalversion ist im Downloadbereich für Abituraufgaben auf dem Bildungsserver Sachsen-Anhalt unter der Lizenz *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike* verfügbar.



Dieses Dokument wurde vom Abi-Physik Team erstellt. Weitere Informationen:

www.abi-physik.de/materialien

Mit der industriellen Entwicklung im 18. und 19. Jahrhundert einher ging die Entwicklung der Thermodynamik. Die Nutzung thermischer Energie war und ist auch heute von großer Bedeutung.

1 Das Modell „ideales Gas“ in der Thermodynamik

Die für ideale Gase gefundenen Gesetze können auf reale Gase nur unter bestimmten Bedingungen angewandt werden.

- Nennen Sie Grundannahmen zum Modell des „idealen Gases“.
- Geben Sie zwei verschiedene Bedingungen an, unter denen das Modell auf reale Gase anwendbar ist. Begründen Sie Ihre Aussagen.

2 Die Geschwindigkeit der Gasteilchen

Maxwell und Boltzmann sagten bereits 1860 voraus, dass sich die Teilchen eines Gases nicht mit einer einheitlichen Geschwindigkeit bewegen, sondern die Geschwindigkeit der Gasteilchen einer Verteilung unterliegt.

Otto Stern untersuchte um 1920 mithilfe des schematisch abgebildeten Experiments die Geschwindigkeit von Silberatomen (Bild 1). Für die Durchführung dieses Versuches und die Interpretation seiner Ergebnisse erhielt er 1943 den Nobelpreis für Physik.

Versuchsbeschreibung:

Im Vakuum befinden sich ein mit Silber überzogener Platindraht D und zwei coaxial angeordnete und starr miteinander verbundene Zylinder (Z_1 , Z_2). Der Draht wird erhitzt und zum Glühen gebracht. Die Silberatome verdampfen (bei 1200°C) und es bildet sich ein Gas aus Silberatomen. Der innere Zylinder Z_2 hat eine kleine Öffnung. Ruhen die Zylinder, so treten die Silberatome durch die Öffnung und es entsteht auf der Innenseite des äußeren Zylinders Z_1 ein Niederschlag an der Stelle S_0 . Lässt man die Zylinder mit einer konstanten Geschwindigkeit rotieren, so entsteht ein breiter verschmierter Niederschlag bei S_1 .

Daten:

Außerer Radius	R	$= 8,0 \text{ cm}$
Abstand der Zylinder	ℓ	$= 5,0 \text{ cm}$
Drehfrequenz	f	$= 45 \frac{1}{\text{s}}$
Abstand S_0S_1	Δs	$= 2,2 \text{ mm}$

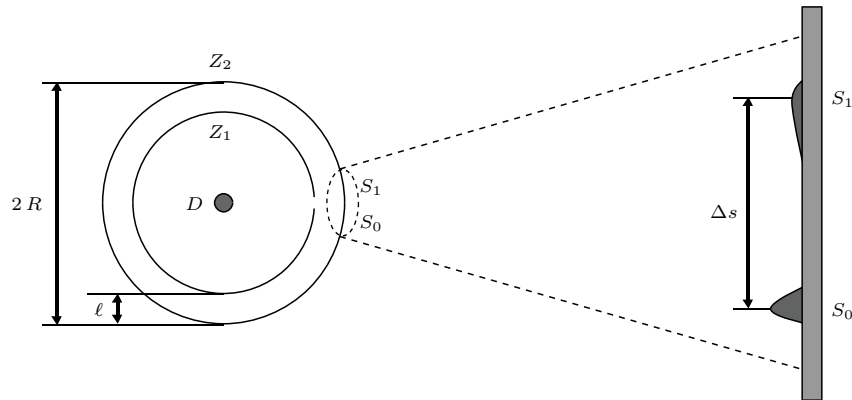
- Leiten Sie die Gleichung zur Berechnung der Geschwindigkeit der Atome

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \ell \cdot f}{\Delta s}$$

entsprechend der Skizze im Bild 1 her.

Berechnen Sie aus den Daten die Geschwindigkeit der Silberatome, die im Abstand Δs auftreffen.

Ergebnis zur Kontrolle: $v = 514 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



- b) Der Niederschlag bei S_1 ist bedeutend breiter als bei S_0 (Bild 1). Begründen Sie dieses Phänomen.
- c) Berechnen Sie die mittlere Geschwindigkeit der Silberatome nach den Gesetzen der kinetischen Gastheorie bei einer Temperatur von 1200°C .
Begründen Sie die Abweichung zum Ergebnis in Aufgabe 2a) Beziehen Sie dazu auch eine Skizze der Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung ein, in der Sie die mittlere und die wahrscheinlichste Geschwindigkeit kennzeichnen.

3 Der Heißluftballon

Ein Heißluftballon habe ein Volumen von $V_0 = 3000 \text{ m}^3$. Er sei mit Luft gefüllt bei einer Temperatur von $T_1 = 20^\circ\text{C}$ und einem Druck von $p_1 = 980 \text{ hPa}$. Der Ballon hat einschließlich aller Zubehöre eine Masse m_B von 330 kg .

Unter Normbedingungen (0°C , 1013 hPa) gilt: $\rho_{\text{Luft}} = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

- a) Berechnen Sie die Masse der Luft im Ballon bei 20°C . Ergebnis zur Kontrolle: $m \approx 3500 \text{ kg}$
- b) Durch Zünden des Gasbrenners wird die Temperatur auf 110°C erhöht. Berechnen Sie die Masse der dadurch ausströmenden Luft.
- c) Zeigen Sie durch Rechnung, dass der Ballon mit einer Zuladung von 300 kg noch aufsteigen kann.
Begründen Sie, warum trotz konstanter Lufttemperatur im Innern der Ballonhülle dieser nur eine bestimmte Höhe erreichen kann.

4 Das pneumatische Feuerzeug

Rudolf Diesel soll als Schüler von einem Experiment mit einem pneumatischen Feuerzeug so beeindruckt gewesen sein, dass er versuchte, die beim Expandieren des Gases auftretende Energie technisch zu nutzen.

Ein pneumatisches Feuerzeug (Bild 2) besteht aus einem einseitig verschlossenen Glasrohr, in dem ein dicht schließender Kolben reibungsfrei verschoben wird. Im Rohr befindet sich Watte, die z. B. mit Äther (Zündtemperatur 170°C) getränkt ist. Wird die Luft im Kolben sehr schnell zusammengedrückt, so entzündet sich der Äther.

In einem speziellen Fall befindet sich in einem zylindrischen Glasrohr Luft ($p = 105 \text{ Pa}$, $J = 20^\circ\text{C}$). Sie wird auf ein Zehntel des ursprünglichen Volumens zusammengedrückt. Dabei entzündet sich der Äther.

Es handelt sich hierbei um eine adiabatische Zustandsänderung.

- a) Was versteht man unter einer adiabatischen Zustandsänderung? Wenden Sie den ersten Hauptsatz der Thermodynamik auf diesen an. Geben Sie Möglichkeiten der näherungsweisen Realisierung an. Geben Sie einen weiteren Vorgang in Natur oder Technik an, den man als adiabatische Zustandsänderung betrachten kann.

- b) Für den Kompressionsvorgang werden folgende Werte ermittelt:

$V \text{ in cm}^3$	33,60	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	3,36
$p \text{ in } 10^5 \text{ Pa}$	1,00	1,17	1,51	2,07	3,09	5,46	14,40	25,12

Zeichnen Sie das $p(V)$ - Diagramm und ermitteln Sie aus der grafischen Darstellung die beim Zusammendrücken zugeführte Arbeit.

Weisen Sie nach, dass bei der Kompression der Luft die Zündtemperatur des Äthers überschritten wird. Nehmen Sie dazu an, dass es sich um ein zweiatomiges Gas handelt.

