

**Physik für Studierende der Biologie, Chemie, Biochemie,
Geowissenschaften und anderer Fächer im Wintersemester 2016/2017**

Übungsblatt 4

Rückgabe: Di 28.11. / Do 30.11. / Fr 1.12 in der jeweiligen Übungsgruppe

AUFGABE 1

Probenerwärmung in einem biophysikalischen Laserexperiment

In einem biophysikalischen Experiment wird eine hochkonzentrierte Suspension des aus Pflanzen isolierten Photosystem-II-Proteins mit einem Nanosekunden-Laserpuls angeregt; die durch den Lichtpuls ausgelösten Prozesse werden mittels zeitaufgelöster Schwingungsspektroskopie verfolgt. Die Proteinsuspension befindet sich zwischen zwei CaF_2 -Plättchen, deren Abstand $20\ \mu\text{m}$ beträgt. Der Laserstrahl belichtet $1\ \text{mm}^2$ der Probe, so dass das belichtete Volumen gleich $20\ \mu\text{m} \times 1\ \text{mm}^2$ ist.

Wie stark erwärmt sich die Proteinprobe, wenn ein Laserpuls mit einer Energie von $20\ \mu\text{J}$ vollständig in dem belichteten Probenvolumen absorbiert und in Wärme umgewandelt wird? (Bei der Abschätzung können Sie annehmen, dass die Wärmekapazität der Proteinsuspension gleich der Wärmekapazität von Wasser ist.)

2 Punkte

AUFGABE 2

CO₂-Emissionen bei Benzin-getriebenen PKW

Sie fahren mit Ihrem SUV zum Oktoberfest-Feiern von Berlin nach München an einem warmen Herbsttag ($T = 25^\circ\text{C}$) und am nächsten Tag wieder zurück. Für die ca. 1200 km verbrauchen Sie 150 L Benzin.

a) Wieviel Kilogramm CO_2 werden bei der Verbrennung von 150 L Benzin freigesetzt?

Benzin ist eine Mischung verschiedener Kohlenstoffverbindungen, insbesondere Alkane. Wir nehmen zur Vereinfachung an, dass Benzin alleine aus Octan besteht. Die chemische Formel von Octan ist: C_8H_{18} . Die Dichte von Octan ist $0,72\ \text{g/cm}^3$. Bei der Verbrennung wird jedes der acht Kohlenstoffatome des Octan in ein CO_2 -Molekül umgesetzt.

2 Punkte

Derzeit beträgt der CO_2 -Gehalt der Atmosphäre ca. 400 ppm. Um die globale Erwärmung zu begrenzen, sollte der CO_2 -Gehalt auf nicht mehr als 500 ppm ansteigen.

b) Rechnen Sie aus, für wie viele Kubikmeter Luft ihre Oktoberfestreise den CO_2 Gehalt um 100 ppm ansteigen lassen kann!

Ermitteln Sie als ersten Zwischenschritt das Volumen für ein Mol eines idealen Gases, das sogenannte *Molvolumen*. Berechnen Sie dann die Anzahl der Kubikmeter für ein kg CO_2 und

zum Abschluss die Kubikmeterzahl für einen Anstieg um 100 ppm, wenn sie die gesamte Oktoberfestreise berücksichtigen. (Alle Berechnung für den Atmosphärendruck an der Oberfläche der Erde, unter Annahme der Gültigkeit des Allgemeinen Gasgesetzes.)

2 Punkte

AUFGABE 3

Herleitung eines allgemeinen Ausdrucks für die Wärmekapazität kondensierter Materie

In kondensierter Materie (flüssige oder feste Stoffe) macht es oft Sinn anzunehmen, dass bei N Atomen die Anzahl der Freiheitsgrade für Bewegungen der Atome gleich $3N$ ist (unabhängige Bewegungsmöglichkeit für jedes einzelne Atom in X-, Y- und Z-Richtung).

Wir betrachten im Folgenden alleine die Situation in der Nähe von Raumtemperatur (keine Komplikationen durch Phasenübergänge) sowie bei konstantem Druck und ohne Volumenänderungen der kondensierten Materie.

a) Wie groß ist dann die molare Wärmekapazität für ein beliebiges Molekül, welches aus N Atomen besteht? **2 Punkte**

b) Welche Wärmekapazität erhalten Sie nun – mit dem Ergebnis aus a) – für ein Liter Wasser und wie vergleicht sich dieser Wert zum realen (experimentellem) Wert? **1 Punkt**

c) In welcher Beziehung steht ihr Ergebnis aus a) zum Dulong-Petit Gesetz (siehe Lehrbuch oder Wikipedia) für die Wärmekapazität von Festkörpern? **1 Punkt**

In der Vorlesung wurde die Wärmekapazität eines idealen Gases hergeleitet. Bei der analogen Herleitung einer allgemeinen Beziehung im Aufgabenteil a) ist zur berücksichtigen, dass die Innere Energie U ($\Delta U/\Delta T = \Delta Q/\Delta T$) der "idealen" Festkörpern oder Flüssigkeiten genau doppelt so groß ist, wie die innere Energie idealer Gase. Näheres hierzu kann in den Übungsgruppen besprochen werden (alternativ Nutzung umfassender Physiklehrbücher bzw. geeigneter Internetquellen).