

Staatsexamen Physik (Unterrichtsfach) / Fachdidaktik

Prüfungstermin Herbst 2007/Thema I

1. Geben Sie unter Verwendung einer geeigneten Modellvorstellung eine fachliche Erklärung des Begriffs innere Energie!

Eine geeignete Modellvorstellung, um den Begriff „innere Energie“ zu erklären, ist das Teilchenmodell. Im Teilchenmodell wird ein Körper durch die Atome und Moleküle, aus denen er besteht, dargestellt. Je nach dem, welchen Aggregatzustand der Körper annimmt, stellt man sich die Bindungen zwischen den einzelnen Teilchen als gitterförmig (fest), lose (flüssig) oder frei (gasförmig) vor.

Bei einem idealen Gas werden die Gasatome als einzelne Kugeln betrachtet, die nicht miteinander verbunden sind. Diese Kugeln bewegen sich frei im Raum, haben also lediglich kinetische Energie. Im Fall eines idealen Gases ist die innere Energie also gleich der mittleren kinetischen Energie der einzelnen Gasmoleküle.

Bei einem realen Gas sind mindestens zwei Atome, die auch durch Kugeln dargestellt werden, mit einander verbunden. Man stellt sich ein reales Gasmolekül z.B. als zwei Kugeln vor, die durch eine Feder miteinander verbunden sind. Dieses Gasmolekül kann sich ebenfalls frei im Raum bewegen, hat also kinetische Energie. Es kann sich aber auch um seine Achse drehen, hat also Rotationsenergie, und die Feder, die die beiden Kugeln miteinander verbindet, kann gestaucht oder gedehnt werden – es gibt also auch noch die potentielle Energie. Bei einem realen Gas besteht die innere Energie aus den drei Komponenten: kinetische Energie, Rotationsenergie und potentielle Energie.

Bei einem Festkörper sind alle Atome miteinander verbunden. Man stellt sich hier ebenfalls Kugeln vor, die durch feste Stäbe miteinander in Verbindung stehen. Die Kugeln können schwach an ihrem Ort zittern, sich aber nicht von der Bindung lösen. Diese Zitterbewegung erzeugt kinetische Energie. Durch diese Bewegungen werden aber auch die Verbindungen zwischen den Atomen gestaucht oder gedehnt, was potentieller Energie entspricht. Die innere Energie bei einem Festkörper besteht also aus der kinetischen und potentiellen Energie.

2. Beschreiben sie eine Möglichkeit, den Schülerinnen und Schülern den Unterschied zwischen den Begriffen innere Energie und Temperatur deutlich zu machen!

Eine Möglichkeit, den Unterschied zwischen innerer Energie und Temperatur zu verdeutlichen, sind zwei Versuche zur Aggregatzustandsänderung:

1. Versuch:

Eiswasser wird auf eine heiße Herdplatte gestellt und die Temperatur des Wassers wird laufend gemessen. Die Schüler wissen bereits, dass die Herdplatte Energie in Form von Wärme abgibt. Solange das Eis nicht völlig geschmolzen ist, erhöht sich die Temperatur des Wassers nicht. Die zugeführte Energie wird also komplett zur Lösung der Bindungen im Festkörper genutzt, also zur Erhöhung der inneren Energie und nicht zur Temperaturerhöhung.

2. Versuch:

Ein Topf voll Wasser wird zum Kochen gebracht und bleibt weiterhin auf der heißen Herdplatte. Die Temperatur wird laufend gemessen. Sobald das Wasser kocht, wird ihm zwar weiterhin Energie in Form von Wärme zugeführt, es erhöht seine Temperatur aber nicht weiter. Also wird die zugeführte Energie in innere Energie umgewandelt, indem die Bindungen in der Flüssigkeit gelöst werden, wodurch ein Gas (Wasserdampf) entsteht.

3. Beschreiben Sie zwei einfache Experimente, die die Umwandlung von mechanischer Energie in innere Energie demonstrieren!

a) Die Schraube:

Mit einem Akkuschauber wird eine Schraube schnell in ein Brett hineingedreht und wieder herausgedreht. Die Schüler befühlen vorsichtig die Spitze der Schraube und erkennen, dass der vordere Teil der Schraube hohe Temperaturen erreichen kann.

Erklärung: Die mechanische Arbeit (Reibungsarbeit), die beim Hinein- und Herausdrehen der Schraube an der Schraube verrichtet wurde, wurde in innere Energie umgewandelt und ist nun in Form von Temperaturerhöhung spürbar.

b) Die Luftpumpe (Hausaufgabe):

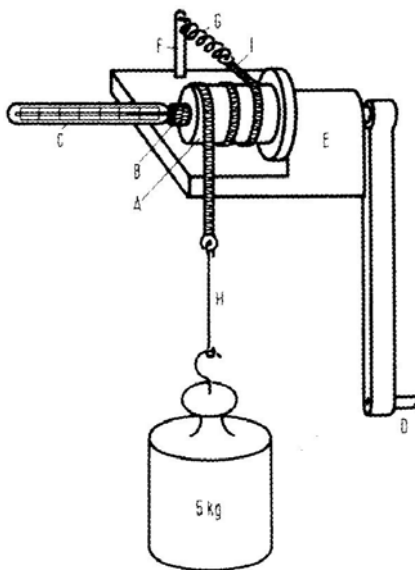
Die Schüler bekommen die Aufgabe, zu Hause ihr Fahrrad schnell mit einer Handluftpumpe aufzupumpen und dann das Ventil und die Pumpe auf Temperaturänderung zu untersuchen. Das Ventil und der gesamte untere Teil der Luftpumpe werden heiß.

Erklärung: In der Luftpumpe befindet sich Luft, die in den Reifen gedrückt wird. An der Luft wird also mechanische Arbeit verrichtet. Diese mechanische Arbeit wird in kinetische und potentielle Energie der Luftmoleküle umgeformt. Dadurch erwärmt sich die Luft und diese Wärme wird auch an das Ventil und die Luftpumpe weitergegeben.

4. Beschreiben Sie den Aufbau, die Durchführung und die Auswertung eines quantitativen Experiments, anhand dessen der (näherungsweise) direkt proportionale Zusammenhang zwischen Änderung der inneren Energie, Masse und Temperaturänderung ermittelt werden kann!

Die Schüler wissen bereits, dass die innere Energie eines Körpers durch Verrichten von Arbeit geändert werden kann. Es eignet sich ein Experiment, bei dem mechanische Arbeit verrichtet wird und eine Temperaturerhöhung zu messen ist.

Aufbau:



- Kurbel mit Zylinder aus Aluminium (M2)
- Kraftmesser (M2)
- Gewicht (M2)
- Schnur (M1)
- Digital - Thermometer (M5)

Beschreibung:

An der fest installierten Kurbel kann man Zylinder mit unterschiedlicher Masse befestigen. Um den Zylinder wird eine Schnur gewickelt. An das Ende der Schnur, das nach unten hängt wird ein Gewicht befestigt, an das andere Schnurende ein Kraftmesser. In die Zylinder wird ein Thermometer eingeführt.

Bekannte Größen sind:

- Der Umfang U des Zylinders
- Die Masse m_Z des jeweiligen Zylinders
- Die Masse m_G des angehängten Gewichts

Durchführung:

Der Zylinder wird so schnell gedreht, dass der Kraftmesser keine Kraft anzeigt, weil dann die Reibungskraft genauso groß wie die Zugkraft des angehängten Gewichts ist: $F_{\text{Reibung}} = F_{\text{Zug}}$. Die durch das Kurbeln verrichtete Arbeit W_{Reibung} pro Umdrehung ist dann:

$W_{\text{Reibung}} = F_{\text{Reibung}} \cdot s = F_{\text{Reibung}} \cdot U = F_{\text{Zug}} \cdot U$. Es werden die Anzahl der Umdrehungen n gezählt und die Temperatur wird nach 50, 100, 150 und 200 Umdrehungen abgelesen. Es gilt:

$W_{\text{Reibung}} = F_{\text{Reibung}} \cdot s = F_{\text{Reibung}} \cdot n \cdot U = F_{\text{Zug}} \cdot n \cdot U$ Diese mechanische Arbeit wird in innere Energie umgewandelt. Es gilt: $W = \Delta E_i$

Es wird folgender Zusammenhang deutlich: Je mehr Energie in Form von mechanischer Arbeit dem Zylinder zugeführt wurde, desto höher ist seine Temperatur. Genauer: Die Temperaturerhöhung ist direkt proportional zur Änderung inneren Energie E_i .

Nun werden Zylinder mit unterschiedlicher Masse verwendet. Dann wird wieder gedreht, die Umdrehungen gezählt und die verrichtete mechanische Arbeit berechnet.

Folgender Zusammenhang wird deutlich: Beim schwereren Zylinder führt die gleiche Energie zu einer kleineren Temperaturerhöhung. Oder anders gesagt: Je schwerer der Zylinder ist, desto mehr mechanische Arbeit muss an ihm verrichtet werden, um die gleiche Temperaturerhöhung zu erreichen. Die für eine bestimmte Temperaturerhöhung benötigte Arbeit bzw. Energie ist direkt proportional zur Masse.

Wenn nun beide Proportionalitäten zusammengefasst werden, erhält man folgendes:
Die Änderung der inneren Energie ΔE_i ist direkt proportional zur Änderung der Temperatur ΔT und zur Masse m .

Also: $\Delta E_i \sim \Delta T \cdot m$