

Grundwissen Physik – 10. Jahrgangsstufe

I. Astronomische Weltbilder

1. **Geozentrisches Weltbild:** Planeten und Fixsterne bewegen sich auf Kugelschalen um die Erde.
2. **Heliozentrisches Weltbild:** Die Himmelskörper (außer dem Mond) bewegen sich um die Sonne; die Fixsterne sind sehr weit entfernt und ruhen (Kopernikus).
3. **Keplersche Gesetze:**
 1. Die Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.
 2. Die gedachte Verbindungslinie Sonne -Planet überstreicht in gleichen Zeitspannen gleich große Flächen.
 3. Die Quadrate der Umlaufzeiten T zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer großen Halbachsen a.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

4. **Modernes Weltbild:** Die Sterne sind in Galaxien angeordnet; kein Punkt im Universum ist in besondere Weise ausgezeichnet; das Universum ist vor ca. 14 Milliarden Jahren in einem Urknall entstanden.

Aufgaben zu I.:

- a) Die Umlaufzeit des Mondes um die Erde beträgt 27,3 Tage. Die große Halbachse des Mondes beträgt $3,84 \cdot 10^5$ km.
Berechne die Umlaufdauer der Internationalen Raumstation ISS, wenn sie auf einer Kreisbahn in 400 km Höhe über der Erdoberfläche die Erde umkreist. ($r_E = 6370$ km)
- b) Die Umlaufzeit des Planeten Mars um die Sonne beträgt 1,88 Jahre.
Berechne die große Halbachse der Marsumlaufbahn. Gib sie in AE an.

II. Newtonsche Mechanik

5. **Die newtonschen Gesetze:**
 1. Trägheitssatz
 2. Kraftgesetz: $F = m \cdot a$
 3. Wechselwirkungsgesetz: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
6. **Harmonische Schwingungen:** sinusförmig; werden durch lineare rücktreibende Kräfte bewirkt: $F = -D \cdot x$; Frequenz f: $f = \frac{1}{T}$ (T: Schwingungsdauer; Einheit von f: 1 Hz = 1/s).
7. **Impuls:** $p = m \cdot v$; **Erhaltungssatz:** In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls erhalten.
8. **Kreisbewegung:**
Winkelgeschwindigkeit: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$;
Bahngeschwindigkeit: $v = \omega \cdot r$
Zentripetalkraft: $F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$;

9. **Gravitationsgesetz:** $F_G = G^* \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$ ($G^* = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$)

10. **Relativitätstheorie:** Die **Lichtgeschwindigkeit c** ist überall im Universum konstant und unabhängig von der Bewegung eines Beobachters.

Die Masse eines Körpers vergrößert sich mit seiner Geschwindigkeit.

Gesamtenergie E eines Körpers der Masse m: $E = m \cdot c^2$

Aufgaben zu II.:

a) Die maximale Startmasse eines Airbus A380 beträgt 560 t. Die maximale Schubkraft jedes der vier Triebwerke beträgt 312 kN.

Berechne die maximale Beschleunigung des Flugzeugs auf der Startbahn.

Wie lange muss in diesem Fall die Startbahn mindestens sein, wenn das Flugzeug eine Geschwindigkeit von 260 km/h für das Abheben erreichen muss.

b) Max ($m_1 = 40 \text{ kg}$) und Moritz ($m_2 = 80 \text{ kg}$) stehen sich auf je einem Skateboard gegenüber. Plötzlich schubst Max seinen Freund mit der Kraft F.

Erkläre, was passieren wird.

c) Auf einem See schwimmt ein ruhendes Boot der Masse $m = 160 \text{ kg}$. Im Boot steht ein Junge ($m = 60 \text{ kg}$). Der Junge springt mit der Geschwindigkeit $v = 3,5 \text{ m/s}$ ins Wasser.

Erkläre, was mit dem Boot passiert und berechne die Geschwindigkeit des Bootes.

d) Im Film „Asterix erobert Rom“ wirft Obelix einen Speer mit solcher Geschwindigkeit, dass er die Erde umrundet.

Berechne die dafür notwendige Geschwindigkeit des Speers, wenn die Luftreibung vernachlässigt wird. ($r_E = 6370 \text{ km}$)

e) Berechne die Höhe über der Erdoberfläche, bei der die Anziehungskraft halb so groß wie auf der Erdoberfläche ist. ($M_{\text{Erde}} = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$)

III. Wellenlehre und Quantenphysik

11. **Wellen:** Räumliche Ausbreitung einer Schwingung;

Longitudinalwellen: Ausbreitungs- und Schwingungsrichtung sind parallel.

Transversalwellen: Ausbreitungsrichtung ist senkrecht zur Schwingungsrichtung.

Ausbreitungsgeschwindigkeit v: $v = \lambda \cdot f$; (λ : Wellenlänge; f: Schwingungsfrequenz)

Beugung: Eindringen einer Welle in den Schattenraum.

Interferenz: Überlagerung periodischer Wellen gleicher Frequenz (Verstärkung und Auslöschung).

12. **Licht:** Licht ist eine **Welle**, denn Beugung und Interferenz treten auf.

Licht hat **Teilchencharakter**: es kann Elektronen aus Körpern herauslösen (Fotoeffekt).

Photonen: Licht-„Teilchen“, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und eine von der Frequenz abhängige Energie besitzen.

13. **Quantenobjekte** (z.B. Elektronen, Photonen): besitzen **Teilchen- und**

Welleneigenschaften; bewegen sich nicht auf Bahnen; nur Wahrscheinlichkeitsaussagen für Aufenthalt und Verhalten sind möglich.

Aufgaben zu III.:

a) Nenne je ein Beispiel für eine Longitudinal- und eine Transversalwelle.

- b) Berechne die Wellenlänge der Schallwelle, die eine Stimmgabel der Frequenz 440 Hz aussendet. Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt bei Normalbedingungen 343 m/s.
- c) Beschreibe jeweils einen Versuch, der sich gut mit dem Wellenmodell des Lichts erklären lässt sowie einen Versuch, der sich gut mit dem Teilchenmodell des Lichts erklären lässt.

Lösungen:

- I. a) Man wendet das 3. Keplersche Gesetz mit der Erde als umkreistes Objekt auf die ISS und den Mond an.

Es gilt:
$$\frac{T_{ISS}^2}{T_{Mond}^2} = \frac{a_{ISS}^3}{a_{Mond}^3}$$

$$\Rightarrow T_{ISS} = \sqrt{T_{Mond}^2 \cdot \frac{a_{ISS}^3}{a_{Mond}^3}} = \sqrt{(27,3 \cdot 24 \cdot 3600s)^2 \cdot \frac{(6770000m)^3}{(3,84 \cdot 10^8m)^3}} \approx 552s \approx 92 \text{ min}$$

- b) Man wendet das 3. Keplersche Gesetz mit der Sonne als Zentralgestirn auf die Planeten Mars und Erde an.

Es gilt:
$$\frac{T_{Mars}^2}{T_{Erde}^2} = \frac{a_{Mars}^3}{a_{Erde}^3}$$

$$\Rightarrow a_{Mars} = \sqrt[3]{\frac{T_{Mars}^2}{T_{Erde}^2} \cdot a_{Erde}^2} = \sqrt[3]{\frac{(1,88a)^2}{(1a)^2} \cdot (1AE)^3} \approx 1,5AE$$

- II. a) Laut dem Grundgesetz der Mechanik gilt: $F = m \cdot a$

$$\Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{4 \cdot 312000N}{56000kg} \approx 2,23 \frac{m}{s^2}$$

$$\Rightarrow v^2 = 2 \cdot a \cdot s \quad \Rightarrow \quad s = v^2 / (2a) \approx 1,17 \text{ km}$$

(Beachte: $v = 260 \text{ km/h} \approx 72,2 \text{ m/s}$)

- b) Moritz wird mit $a_2 = F/m_2$ beschleunigt. Aufgrund des Wechselwirkungsgesetzes erfährt Max ebenfalls eine gleich große, entgegengesetzt wirkende Kraft F und damit ebenfalls eine Beschleunigung. Diese berechnet sich zu $a_1 = F/m_1$ und wirkt in die entgegengesetzte Richtung.
- c) Aufgrund des Impulserhaltungssatzes muss der Gesamtimpuls am Ende des Vorgangs gleich dem Gesamtimpuls zu Beginn sein. Da der Junge zu Beginn im ruhenden Boot steht, gilt $p_{Anfang} = p_{Ende} = 0$.

p_{Ende} berechnet sich zu:

$$p_{Ende} = p_{Junge} + p_{Boot} = 0$$

$$\Rightarrow p_{Boot} = - p_{Junge}$$

$$m_{Boot} \cdot v_{Boot} = - m_{Junge} \cdot v_{Junge}$$

$$\Rightarrow v_{Boot} = - (m_{Junge} \cdot v_{Junge}) / m_{Boot} \approx - 1,3 \text{ m/s}$$

Das Minus zeigt an, dass sich das Boot in die entgegengesetzte Richtung bewegt.

- d) Beim Flug des Speers ist die Gewichtskraft die Zentripetalkraft, die den Speer auf der Kreisbahn mit dem Radius r_{Erde} hält.

$$F_G = F_{Zp}$$

$$m \cdot g = m \cdot v^2 / r_{\text{Erde}}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{g \cdot r_{\text{Erde}}} = \sqrt{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6370000 \text{m}} \approx 7,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

- e) Es sei r der Abstand eines Körpers der Masse m vom Erdmittelpunkt. Dann gilt:

$$G^* \cdot \frac{m \cdot M_{\text{Erde}}}{r^2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot g$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{\frac{2 \cdot G^* \cdot M_{\text{Erde}}}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \text{m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{s}^2) \cdot 5,974 \cdot 10^{24} \text{kg}}{9,81 \text{m} / \text{s}^2}} \approx 9,01 \cdot 10^6 \text{m}$$

Die Höhe über der Erdoberfläche berechnet sich damit zu:

$$h = r - r_{\text{Erde}} \approx 2,64 \cdot 10^6 \text{m} = 2,64 \cdot 10^3 \text{km}$$

- III. a) Longitudinalwelle: Schallwelle
 Transversalwelle: Seilwelle, elektromagnetische Welle

b) $c = \lambda \cdot f \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{343 \text{m/s}}{440 \frac{1}{\text{s}}} \approx 78 \text{cm}$

- c) Wellenmodell: Interferenz am Doppelspalt:
 Überlagerung der von den beiden Spalten ausgehenden Elementarwellen;
 Konstruktive Interferenz bei Aufeinandertreffen von Wellenberg und Wellenberg, bzw. Wellental und Wellental;
 Destruktive Interferenz bei Aufeinandertreffen von Wellenberg und Wellental;

Teilchenmodell: Fotoeffekt:
 Die Photonen schlagen aus einer negativ geladenen Zinkplatte Elektronen heraus. Dies geschieht nur, wenn die einzelnen Photonen genügend Energie besitzen;