

## Physik GK 11, Arbeitsblatt 02 – Gleichförmig beschleunigte Bewegung – Lösung 16.09.2013

**Aufgabe 1:** Ein Triebwagen wird aus dem Stillstand mit  $a_0 = 0,5 \text{ m s}^{-2}$  gleichmäßig beschleunigt.

a) Berechne, nach welcher Zeit er eine Geschwindigkeit von  $v_1 = 80 \text{ km/h}$  erreicht.

$$v_1 = v(t_1) = a_0 \cdot t_1 \quad 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t_1 \quad | : 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Leftrightarrow 22,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2 \frac{\text{s}^2}{\text{m}} = t_1 \Leftrightarrow 44,4 \text{ s} = t_1$$

**A:** Nach 44,4 s wird die Geschwindigkeit von 80 km/h erreicht.

b) Berechne die zurückgelegte Strecke bis zu diesem Zeitpunkt.

$$s(t_1) = \frac{1}{2} a_0 t_1^2 = \frac{1}{2} 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (44,4 \text{ s})^2 = \frac{1}{4} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1975,31 \text{ s}^2 = 493,83 \text{ m}$$

**Aufgabe 2:** Die Relativitätstheorie zeigt, dass kein Körper mit einer Ruhemasse die Lichtgeschwindigkeit erreichen kann. In dieser Aufgabe ignorieren wir diese Erkenntnis und berechnen die Bewegungen rein klassisch.

a) Berechne die Zeit, die ein Raumschiff mit konstant  $a_0 = 10 \text{ m s}^{-2}$  (das ist etwa 1 g) beschleunigen müsste, um die Lichtgeschwindigkeit von  $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  zu erreichen?

$$v_1 = v(t_1) = a_0 \cdot t_1 \\ 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t_1 \quad | : 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Leftrightarrow 2,998 \cdot 10^7 \text{ s} = t_1 = \frac{2,998 \cdot 10^7 \cdot 1}{365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} a = 0,95 a$$

**A:** Nach weniger als einem Jahr (11 Monate, 12 Tage) würde die Lichtgeschwindigkeit erreicht werden.

b) Berechne die zurückgelegte Strecke in dieser Zeit.

$$s(t_1) = \frac{1}{2} a_0 t_1^2 = \frac{1}{2} 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2,998 \cdot 10^7 \text{ s})^2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9,988 \cdot 10^{14} \text{ s}^2 = 4,994 \cdot 10^{15} \text{ m} = 4,994 \cdot 10^{12} \text{ km} = 0,475 \text{ ly}$$

**A:** Das Raumschiff würde 4,5 Billionen Kilometer zurückgelegt haben, was etwa ein halbes Lichtjahr ist.

**Aufgabe 3:** Der Pfeil einer Armbrust wird längs einer Strecke von  $\Delta s = 32 \text{ cm}$  beschleunigt und verlässt die Armbrust mit der Geschwindigkeit  $v = 70 \text{ m/s}$ . Die Beschleunigung  $a_0$  wird zur Vereinfachung als konstant angenommen.

a) Berechne die Beschleunigung  $a_0$ .

$$s = \frac{1}{2} a t^2 \Leftrightarrow \frac{2s}{a} = t^2 \Leftrightarrow \sqrt{\frac{2s}{a}} = t \quad \text{Einsetzen in}$$

$$v = a \cdot t \Leftrightarrow a = \frac{v}{t} = \frac{v}{\sqrt{\frac{2s}{a}}} \Rightarrow a^2 = \frac{v^2}{\frac{2s}{a}} \Leftrightarrow a^2 = \frac{a v^2}{2s} \Leftrightarrow a = \frac{v^2}{2s} = \frac{\left(70 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 0,32 \text{ m}} = \frac{4900 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{0,64 \text{ m}} = 7656,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**A:** Die Beschleunigung beträgt 7656,23 m/s<sup>2</sup>. Das entspricht dem 780-fachen der Erdbeschleunigung.

## Physik GK 11, Arbeitsblatt 02 – Gleichförmig beschleunigte Bewegung – Lösung 16.09.2013

b) Berechne die Zeitspanne  $\Delta t$ , in welcher der Pfeil beschleunigt wurde.

$$v = a \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{70 \frac{m}{s}}{7656,25 \frac{m}{s^2}} = \frac{8}{875} s = 9,14 \cdot 10^{-3} s. \quad \mathbf{A: \text{ Der Pfeil wurde in } 9,14 \text{ ms beschleunigt.}}$$

**Aufgabe 4:** Zwei Autos starten mit der Geschwindigkeit null und beschleunigen gleichmäßig. Dabei fahren Sie aus  $\Delta s = 1 \text{ km}$  Abstand aufeinander zu. Wagen 1 beschleunigt mit  $a_1 = 4 \text{ m s}^{-2}$ , Wagen 2 mit  $a_2 = 3 \text{ m s}^{-2}$ . Berechne Zeit und Ort des Zusammenpralls.

Zwei Bewegungsgleichungen. Da sie aufeinander zufahren, muss eine Beschleunigung negativ sein. Welche ist egal, das hängt von der Wahl des Bezugssystems ab. Hier nehmen wir den Start von Wagen 1 als Ursprung. Wagen 2 befindet sich dann zum Start an Ort  $s_0 = \Delta s = 1 \text{ km}$ .

$$s_1(t) = \frac{1}{2} a_1 t^2 \quad s_2(t) = -\frac{1}{2} a_2 t^2 + s_0$$

Zum Unfallzeitpunkt  $t_U$  befinden sich beide am Ort  $s_U$ .

$$s_U = \frac{1}{2} a_1 t_U^2$$

$$s_U = -\frac{1}{2} a_2 t_U^2 + s_0 \quad \text{Gleichsetzen: } \frac{1}{2} a_1 t_U^2 = -\frac{1}{2} a_2 t_U^2 + s_0 \quad | +\frac{1}{2} a_2 t_U^2 - s_0$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} (a_1 + a_2) t_U^2 = s_0 \quad | \cdot \frac{2}{a_1 + a_2}$$

$$\Leftrightarrow t_U^2 = \frac{2 s_0}{a_1 + a_2} \quad | \sqrt{\quad} \quad \text{negative Zeit ist unplausibel, also}$$

$$\Leftrightarrow t_U = \sqrt{\frac{2 s_0}{a_1 + a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ km}}{4 \frac{m}{s^2} + 3 \frac{m}{s^2}}} = \sqrt{\frac{2000 \text{ m}}{7 \frac{m}{s^2}}} = \sqrt{\frac{2000}{7} s^2} = 16,90 \text{ s}$$

$$s_U = s_1(t_U) = \frac{1}{2} \cdot 4 \frac{m}{s^2} \cdot (16,90 \text{ s})^2 = \frac{4000}{7} \text{ m} = 571,43 \text{ m}$$

**A: Nach 16,90 s und 571,43 m vom Startpunkt des ersten Wagens entfernt treffen die beiden Fahrzeuge aufeinander.**

**Aufgabe 5:** Ein Flugzeug startet. Nach einer Rollstrecke von  $\Delta s = 2,4 \text{ km}$  hebt es mit einer Geschwindigkeit von  $v_1 = 340 \text{ km/h}$  ab (Annahme: Beschleunigung  $a_0 = \text{konstant}$ )

a) Berechne die Zeitspanne  $\Delta t$ , in der das Flugzeug beim Startvorgang rollt.

b) Berechne  $a_0$ .

Beim Landeanflug setzt es mit der Geschwindigkeit  $v_2 = 270 \text{ km/h}$  auf der Landebahn auf. Die anschließende Bremsphase dauert  $\Delta t_2 = 18 \text{ s}$ , danach ist die Geschwindigkeit auf  $v_2 = 30 \text{ km/h}$  gesunken.

- c) Berechne die Verzögerung, die das Flugzeug erfahren hat.  
 d) Berechne die Länge der Bremsstrecke.

**Aufgabe 6:** Ein Zug fährt verlässt den Bahnhof gleichmäßig beschleunigt und erreicht nach  $\Delta t = 30\text{ s}$  die Geschwindigkeit  $v_1 = 80\text{ km/h}$ . Anschließend durchfährt er den Ortsbereich mit gleich bleibender Geschwindigkeit, wozu er weitere 3 Minuten benötigt, und erhöht dann seine Geschwindigkeit bei konstanter Beschleunigung auf  $v_2 = 150\text{ km/h}$ .

- a) Berechne die Beschleunigung während der Anfahrtsphase des Zuges.

$$v(t) = a \cdot t \Leftrightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{80\text{ km h}^{-1}}{30\text{ s}} = \frac{22,2\frac{\text{m}}{\text{s}}}{30\text{ s}} = \frac{20\text{ m}}{27\text{ s}} = 0,74\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**A: Die Beschleunigung betrug  $0,74\text{ m/s}^2$ .**

- b) Berechne die Strecke, die der Zug in dieser ersten Beschleunigungsphase zurücklegt.

$$s(30\text{ s}) = \frac{1}{2} \cdot 20\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (30\text{ s})^2 = \frac{10\text{ m}}{27\text{ s}^2} \cdot 900\text{ s}^2 = \frac{1000}{3}\text{ m} = 333,3\text{ m}$$

**A: Der Zug legte  $333,3\text{ m}$  zurück.**

- c) Berechne die Entfernung, die der Zug bei Erreichen des Ortsrandes zurückgelegt hat.

Die Durchfahrt ist eine geradlinige gleichförmige Bewegung mit  $v_1 = 80\text{ km/h}$ .

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta s = v \cdot \Delta t = 80\text{ km/h} \cdot 3\text{ min} = \frac{200\text{ m}}{9\text{ s}} \cdot 180\text{ s} = 4000\text{ m}$$

Gesamtstrecke  $s_G = s(30\text{ s}) + 4000\text{ m} = 4333,3\text{ m}$

**A: Der Zug hat  $4333\text{ m}$  zurückgelegt.**

- d) Berechne die Beschleunigung während der anschließenden zweiten Beschleunigungsphase.

**Für diese Aufgabe fehlt die Zeitangabe, wie lange er für die Beschleunigung von  $80\text{ km/h}$**

**auf  $150\text{ km/h}$  benötigt.**  $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{150\text{ km/h} - 80\text{ km/h}}{\Delta t} = \frac{70\text{ km/h}}{\Delta t} = \frac{175\text{ m}}{9\text{ s}} \Delta t \text{ benötigt.}$

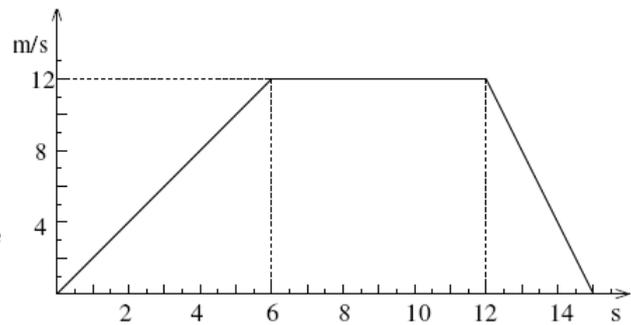
- e) Berechne die zurückgelegte Gesamtstrecke nach Erreichen der Geschwindigkeit von  $150\text{ km/h}$ .

**Aufgabe ohne Zeitangabe nicht lösbar. (siehe oben).**

- f) Berechne die mittlere Geschwindigkeit des Zuges zu diesem Zeitpunkt seit Beginn der Fahrt.

**Aufgabe ohne Zeitangabe nicht lösbar. (siehe oben).**

**Aufgabe 7:** Die Abbildung zeigt ein v-t-Diagramm der Bewegung eines Körpers.



- Beschreibe den Bewegungsverlauf.
- Zeichne das zugehörige s-t-Diagramm.
- Zeichne das zugehörige a-t-Diagramm.
- Denke dir eine plausible Bewegungsgeschichte zu diesem Bewegungsverlauf aus.
- Wie weit war der Körper 6 Sekunden, 12 Sekunden und 15 Sekunden nach Bewegungsbeginn von seinem Ursprungsort entfernt?

**Aufgabe 8:** Eine Gewehrkugel trifft mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 600 \text{ m/s}$  auf einen Baumstamm und dringt  $\Delta s = 2 \text{ cm}$  tief in das Holz ein, bis sie stecken bleibt.

- Berechne die Bremszeit  $\Delta t_1$  und die Bremsverzögerung  $a_0$ .
- Berechne die Durchschnittsgeschwindigkeit  $\bar{v}$  der Kugel im Holz.
- Berechne die benötigte Zeitspanne  $\Delta t_2$ , nach der Pfeil 1 cm tief in das Holz eingedrungen ist.

**Aufgabe 9:** 40 m vor einem Hindernis beginnen die Bremsen eines Pkw mit  $a_0 = -4 \text{ m/s}^2$  zu greifen. Die Geschwindigkeit des Wagens beträgt zu diesem Zeitpunkt  $v_0 = 25 \text{ m/s}$ .

- Berechne die Zeitdauer des Bremsvorgangs bis zum Stillstand ohne Berücksichtigung des Hindernisses.
- Berechne den zugehörigen Bremsweg. Was bedeutet das Ergebnis?
- Berechne den Zeitpunkt des Aufpralls und die Geschwindigkeit, die der Wagen dann hat.