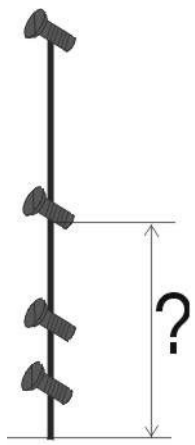
Aufgaben zum freien Fall

Aufgaben

1. Aus welcher Höhe müssen Fallschirmspringer zu Übungszwecken frei herabspringen, um mit derselben Geschwindigkeit (7 ms^{-1}) anzukommen wie beim Absprung mit Fallschirm aus großer Höhe?

2.
An einer 4 m langen Schnur sind vier Schrauben befestigt. Läßt man sie auf einen Donnerboden fallen, hört man in gleichen Zeitabständen 4 Geräusche. Welchen Abstand hat die 3. Schraube vom unteren Ende der Fallschnur?



3. Im luftleeren Raum fallen alle Körper gleich schnell und erleiden die gleiche Beschleunigung. Zwei Kugeln, die im luftgefüllten Raum fallen, mögen gleiche Abmessungen haben, doch sei die eine aus Blei und die andere aus Holz. Der Luftwiderstand ist den Oberflächen proportional, und diese sind gleich.
Beide Kugeln werden gleichzeitig fallengelassen. Was ist zu erwarten:
a) Beide Kugeln erreichen gleichzeitig den Boden, da der Luftwiderstand für beide gleich ist und somit keine Rolle mehr spielt.
b) Die Holzkugel trifft eher auf, weil sie eine geringere Dichte hat.
c) Die Bleikugel trifft eher auf, weil auf sie eine größere Schwerkraft wirkt.

4. Die Schüler schenken dem Ph-Lehrer einen Tandem-Fallschirmsprung.
Durch Gespräche weiß er:
- nach ca. 5s ist der Übergang zur gleichförmigen Bewegung abgeschlossen und man fällt dann mit ca. 130 km/h.
- insgesamt dauert die Freifallphase 30s, in der eine Fallhöhe von ca. 1000m (statt ca. 4.5 km) zurückgelegt werden.
Frage: nach welcher Zeit wurden 500m Freifallstrecke geschafft?

5. Ein frei fallender Körper passiert zwei 12 m untereinanderliegende Messpunkte im zeitlichen Abstand von 1,0 s. Aus welcher Höhe über dem oberen Messpunkt fällt der Körper und welche Geschwindigkeit hat er in den beiden Punkten?

Lösungen:

1.

geg.:	$v = 7\,\frac{m}{s}$	ges.:	s
Lösung:	Es muss die Höhe berechnet werden, aus der ein Körper fallen muss, damit er mit 7 m/s auf dem Boden aufkommt. Es gilt das Weg-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung: $s = \frac{g}{2} \cdot t^2$ Leider ist in dieser Gleichung die Geschwindigkeit nicht enthalten. Dafür aber die Fallzeit. Das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz hilft weiter: $v = g \cdot t$ Das wird nach t umgestellt $t = \frac{v}{g}$ und eingesetzt: $s = \frac{g}{2} \cdot \frac{v^2}{g^2}$ $s = \frac{v^2}{2 \cdot g}$ $s = \frac{7^2\,\frac{m^2}{s^2}}{2 \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2}}$ $s = 2{,}5\,m$		
Antwort:	Die Fallschirmspringer müssen aus einer Höhe von 2,5 m springen, um mit 7 m/s auf dem Boden aufzukommen.		

2. 1. Frage: Wie lange fällt die letzte Schraube? s=g/2*t², nach t umgestellt :
t4=Wurzel(2s/g). Dabei ist s die Gesamtlänge, also 4m. Wenn man einsetzt, kommt man auf etwa 0,9 s
2. Frage: wie lange brauchen dann die anderen Schrauben? 1/4, 2/4 und 3/4 dieser Zeit, denn sie sollen ja in gleichen zeitlichen Abständen auftreffen.
3. Frage: in welchen Abständen hängen dann die Schrauben? Die vierte Schraube in 4 m Höhe, die dritte Schraube in s=g/2*t3² = g/2 * 3/4Wurzel(2s/g) =2,25 m Höhe. Für die anderen Schrauben erhält man 1 m und 0,25 m.
Probe: Zeit für die erste Schraube in 0,25 m Höhe: t=Wurzel(2s1/g)= 0,226 s =0,9/4
Zeit für die zweite Schraube: 0,45 s = 0,9/2
Zeit für die dritte Schraube : 0,677 s = 3/4 von 0,9s
Zeit für die letzte Schraube: 0,9 s

3. c ist richtig.
Wenn man vom Luftwiderstand absieht, greift am fallenden Körper allein die Gewichtskraft G an, die er von der Erde erfährt. Sie wirkt voll als beschleunigende Kraft F; es gilt $F=G$. In Erdnähe ist die Gewichtskraft hinreichend konstant. Nach dem Newtonschen Grundgesetz $F=m*a$ erwartet man, daß der Körper mit der Masse m in Richtung der Gewichtskraft G die konstante Beschleunigung $a=F/m=G/m$ erfährt.
Hier steht die Gewichtskraft im Zähler; deshalb sollte der schwerere Körper mit größerer Beschleunigung a fallen. Im Nenner steht aber die Masse m als Maß für die Trägheit und die ist der Gewichtskraft proportional. Ist ein Körper 1000 mal schwerer als ein anderer, so ist er auch 1000 mal träger. Damit ist die Beschleunigung im luftleeren Raum für alle Körper gleich.
Spielt nun die Luft mit, taucht eine zusätzliche Kraft auf: die Reibung. Sie ist der Gewichtskraft entgegen gerichtet und steigt mit wachsender Geschwindigkeit stark an. Die Resultierende aus beiden ist dann kleiner als die Gewichtskraft des Körpers.
Was ist nun, wenn die Reibungskraft so groß wie die Gewichtskraft ist? Dann fällt der Körper mit konstanter Geschwindigkeit. Bei einem großen Regentropfen kann das z.B. bis zu 8 m/s sein. Glück für uns: gäbe es keine Reibung, würden wir von den Regentropfen erschlagen werden.
Zurück zu den Kugeln: Die Bleikugel habe die Masse M, die Holzkugel die Masse m. Als beschleunigende Kraft wirkt in beiden Fällen die Differenz zwischen der Gewichtskraft und der für beide Kugeln gleichen Reibungskraft R. Die Bleikugel erhält daher eine Beschleunigung $A=(M*g-R)/M=g-(R/M)$, die Holzkugel $a=(m*g-m)/m=g-(R/m)$.
Da $M>m$ ist, ist auch $A>a$, die Bleikugel fällt schneller.

4. Es bleiben also 25s Fallzeit, die mit konstanter Geschwindigkeit von 130 km/h = 36.1 m/s zurückgelegt werden. Also eine Strecke von ca. 903m. In den ersten 5s wurden also 97m geschafft (statt 122m bei ungebremsten Freifall) Folglich braucht man nur noch zu rechnen:
$500m=97m+36.1m*t(kF)$, was $t(kF)=11.2s$ ergibt und schließlich ergibt, dass 500m nach 16.2s geschafft wurden.

5.

geg.:	$\Delta s = 12\,m$ $\Delta t = 1\,s$	ges.:	s_0 v_1 v_2
Lösung:	Der Körper startet im Punkt s_0 und erreicht den Punkt s_1. Nach 1 s erreicht er den 12 m darunter liegenden Punkt s_2. Wie lange braucht er bis zum Punkt s_1? Die bekannten Tatsachen werden in Formal gefasst: $s_1 = \frac{g}{2} \cdot t^2$ $s_2 = \frac{g}{2} \cdot (t + \Delta t)^2$ $\Delta s = s_2 - s_1$ In die letzte Gleichung werden die beiden ersten eingesetzt: $\Delta s = \frac{g}{2} \cdot (t + \Delta t)^2 - \frac{g}{2} \cdot t^2$ Darin ist nun nur noch die Zeit eine unbekannte Größe, also die Zeit, die der Körper bis zum Punkt s_1 braucht. Nun muss nur noch umgestellt werden und fertig: $\Delta s = \frac{g}{2} \cdot (t + \Delta t)^2 - \frac{g}{2} \cdot t^2$ $\Delta s = \frac{g}{2} \cdot (t^2 + 2t\Delta t + \Delta t^2) - \frac{g}{2} \cdot t^2$ $\Delta s = \frac{g}{2} \cdot t^2 + \frac{g}{2} 2t\Delta t + \frac{g}{2} \Delta t^2 - \frac{g}{2} \cdot t^2$ $\Delta s = g t\Delta t + \frac{g}{2} \Delta t^2$ $\Delta s - \frac{g}{2} \Delta t^2 = g t\Delta t$ $\frac{\Delta s - \frac{g}{2} \Delta t^2}{g \cdot \Delta t} = t$ $t = 0{,}72\,s$ Der Körper erreicht nach 0,72 s die erste Marke. Wie weit ist er dabei gefallen? $s_1 = \frac{g}{2} \cdot t^2$ $s_1 = 2{,}56\,m$ Die Geschwindigkeit berechnen sich nun einfach mit: $v_1 = g \cdot t$ $v_1 = 7{,}09\,\frac{m}{s}$ $v_2 = g \cdot (t + \Delta t)$ $v_2 = 16{,}9\,\frac{m}{s}$		
Antwort:	Der Körper ist 2,56 m über dem ersten Punkt gestartet. Die beiden Punkte werden mit 7 m/s und 17 m/s passiert.		