Name(n): Pia Malika RENZ Jannis Andrija SCHNITZER Gruppe: 67 Punkte: 10 | 6 | 10 | 8

6. Übungsblatt Experimentalphysik I WS 2011/2012

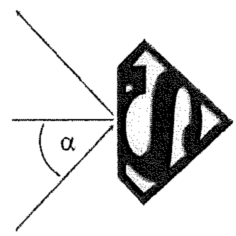
Abgabe: **24.-25. Nov 2011** im Gruppenunterricht

6.1 Zweistufige Rakete (10 Punkte)

Eine zweistufige Trägerrakete der Gesamtmasse $M_T = 100\,\mathrm{t}$ startet in Vakuum in Schwerelosigkeit. Die Masse M_T besteht aus der Masse der 2. Stufe plus der Masse der 1. Stufe, die zu 80% aus Treibstoff besteht. Nach Brennschluß der 1. Stufe startet die 2. Stufe, deren Masse $M_2 = 10\,\mathrm{t}$ aus der Nutzlast $M_N = 1\,\mathrm{t}$ plus der Masse der Rakete der 2. Stufe besteht, die wieder zu 80% aus Treibstoff besteht. Welche Geschwindigkeit v_N erreicht die Nutzlast? Die Relativgeschwindigkeit der Treibgase ist $v_r = 2000\,\mathrm{m/s}$. Welche Masse müsste eine Einstufenrakete haben, damit sie die Nutzlast auf dieselbe Geschwindigkeit bringt, wenn man annimmt, dass 90% ihrer Masse aus Treibstoff besteht?

6.2 Superman (10 Punkte)

Kugeln und andere Geschosse, die auf Superman abgefeuert werden, prallen an dessen Brust einfach ab. Er wird mit $N = 100$ Kugeln pro Minute beschossen, deren Gewicht und Geschwindigkeit $m = 9\,\mathrm{g}$ und $v = 1000\,\mathrm{m/s}$ betragen. Nehmen Sie an, die Kugeln prallen elastisch ab unter einem Winkel $\alpha = 45°$, wie in der Abb. gezeigt. Wie groß ist der Betrag der mittleren Kraft, die vom Strom der Geschosse auf stehenden Superman ausgeübt wird? Welche Arbeit muss Superman pro Minute verrichten, wenn er steht, bzw. wenn er sich mit konstant $u = 20\,\mathrm{km/h}$ auf den Schützen zubewegt?



6.3 Der Schuss auf den Apfel (10 Punkte)

Auf einem Pfosten der Höhe H liege ein Apfel der Masse M. Der Apfel werde von einer waagrecht fliegenden Kugel der Masse m durchschossen und dabei vom Pfosten gerissen. Die Kugel treffe dabei im doppelten Abstand vom Pfosten auf dem Boden auf wie der Apfel. Der Abstand zwischen den Auftreffpunkten des Apfels und der Kugel sei d.

a) Wie groß ist die Geschwindigkeit v der Kugel, bevor sie den Apfel durchbohrt?

b) Berechnen Sie v für $H = 1{,}5\,\mathrm{m}$, $M = 150\,\mathrm{g}$, $m = 5\,\mathrm{g}$ und $d = 8\,\mathrm{m}$.

c) Wie groß ist die Reibungsenergie, die beim Durchdringen der Kugel durch den Apfel in Wärme umgesetzt wird? Benutzen Sie die Zahlenwerte von Teilaufgabe b).

6.4 Beschleunigte Bezugssysteme (10 Punkte)

a) Aufzug

Ein Aufzug mit einer Kabinenhöhe von $h = 2{,}50\,\mathrm{m}$ wird von $t = 0$ an mit konstanter Beschleunigung $a = 1\,\mathrm{m/s^2}$ nach unten beschleunigt. Bei dem Start wird von der Decke eine Kugel fallen gelassen.

a1) Wann erreicht sie den Boden?

a2) Welche Fallstrecke l hat sie dann im Ruhesystem des Aufzugschachtes zurückgelegt?

a3) Welche Geschwindigkeit hat sie bei dem Aufprall im Ruhesystem und relativ zum Fahrstuhlsystem?

b) Corioliskraft

Ein ICE der Masse $M = 4 \cdot 10^5\,\mathrm{kg}$ fährt auf der Rheintalstrecke von Karlsruhe nach Basel mit $v = 200\,\mathrm{km/h}$ genau von Nord nach Süd über den 48. Breitengrad. Wie groß ist die Corioliskraft auf die Schienen? In welcher Richtung wirkt sie?

Ex - Übungsblatt 6 , Tutor:

6.1

a)

ges.: v_N

1. step: $v_1 = v_B \cdot \ln \frac{m_0}{m(t)}$ with v_1: speed at the end of the first acceleration

$v_1 = 2000 \frac{m}{s} \cdot \ln \frac{1000\,t}{28\,t}$

$\approx 2545{,}9 \frac{m}{s}$

$v_B = v_r = 2000 \frac{m}{s}$

$m_0(1)$: total mass: $100\,t$

$m(t) = m_{end}$ NR: $100\,t = M_T$

$= M_1 + M_2$

$= 90\,t + 10\,t$

$= \underbrace{72\,t}_{fuel\,1} + 18\,t + \underbrace{7{,}2\,t}_{fuel\,2} + 2{,}8\,t$

2. step $v_2 = v_B \cdot \ln \frac{m_0}{m(t)}$

$= 2000 \frac{m}{s} \cdot \frac{10\,t}{2{,}8\,t}$

(We're assuming that after the first step all the fuel 1 is blown out and everything except $M_2 = 10\,t$ is thrown away. The $m_{end}(1) = 28\,t$ mass after step 2 consists of $M_N = 1\,t$ and the 10% non-fuel of the rest of M_2 which equals 1,8 t)

$\approx 2545{,}9 \frac{m}{s}$

All in all $v_N = v_1 + v_2 = 5092 \frac{m}{s}$ (+)

b)

1. step: $v_N = \vec{v}_B \cdot \ln \frac{m_0}{0{,}1 m_0}$ → after burning all the fuel only 10% of m_0 is left.

$\ln \frac{m_0}{0{,}1 m_0} = \frac{v_N}{v_B}$

$\frac{m_0}{0{,}1 m_0} = e^{\frac{v_N}{v_B}}$ ↯ not solvable like that, but considering that the maximum velocity in one step is

$v = v_B \cdot \ln \frac{m_0}{0{,}1 m_0}$

$= 2000 \frac{m}{s} \cdot \ln 10$

assuming we can't realize higher v_B $\approx 4600 \frac{m}{s} < 5092 \frac{m}{s}$ → It's impossible to reach a velocity as high as in a) with only one step.

(+)

6.2
a)

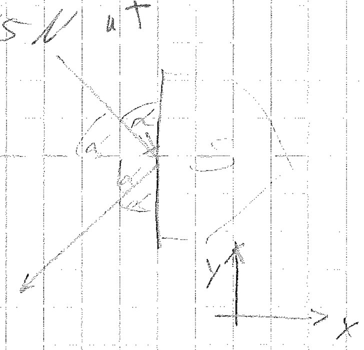
geg: $N = 100\ min^{-1}$; $m = 9\cdot 10^{-3}\,kg$, $v = 1000\,\frac{m}{s}$

→ p per bullet: $p_1 = m_1 \cdot v = 9\cdot 10^{-3}\,kg \cdot 1000\,\frac{m}{s} = 9\,\frac{kg\,m}{s}$

bullets per minute: $100 \mathrel{\hat=} 1{,}\bar{6}$ per second

⇒ p per second $\mathrel{\hat=} F$

$$p/t = F_1 = 9\,\frac{kg\,m}{s}\cdot 1{,}\bar{6}\,\frac{1}{s} = 15\,\frac{kg\,m}{s^2} = 15\,N$$



(1) Only the component in y-direction is of interest

→ $\cos\alpha$

(2) According to lecture $\Delta p = m\cdot\Delta v$ which equals

$m\cdot 2v$ because $\Delta v = v - (-v) = 2v$

$$\Rightarrow F_{ges} = 2\cdot F_1\cdot\cos\alpha$$
$$= 2\cdot 15\,N\cdot\cos 45° \approx 21{,}2\,N \quad (A)$$

b)

1. If Superman isn't moving, there's no way and thus no work, for ~~W=F·s~~ $W = -\int \vec{F}\,ds$ with $ds = 0$ equals 0 (+)

2. $u = 20\,\frac{km}{h} = 5{,}\bar{5}\,\frac{m}{s}$

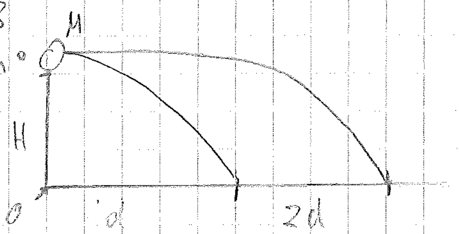
$W = F\cdot s = F\cdot u\cdot t \rightarrow t = 1\,min = 60\,s$

$= 21{,}2\,N\cdot 5{,}\bar{5}\,\frac{m}{s}\cdot 60\,s$

$= 7066{,}6\,\cancel{N}\,J$

$\approx 7\,kJ$

6.3



$M = 0{,}15\,kg$, $m = 0{,}005\,kg$; $H = 1{,}5\,m$

$d = 8\,m$

after hitting apple

$r_{end}(bullet)$ $\begin{matrix}x:\\y:\end{matrix}$ $\begin{pmatrix}2d\\0\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0\\-g\end{pmatrix}\frac{1}{2}t^2 + \begin{pmatrix}v_K\\0\end{pmatrix}t + \begin{pmatrix}0\\H\end{pmatrix} \Rightarrow H = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ (for bullet + apple)

$r_{end}(apple)$ $\begin{matrix}x:\\y:\end{matrix}$ $\begin{pmatrix}d\\0\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0\\-g\end{pmatrix}\frac{1}{2}t^2 + \begin{pmatrix}v_A\\0\end{pmatrix}t + \begin{pmatrix}0\\H\end{pmatrix} \Rightarrow d = v_A\cdot t \Rightarrow v_A = \frac{d}{t}$

and with $2d = v_K\cdot t \Rightarrow v_K = \frac{2d}{t}$

$$v_K = \frac{2d}{\sqrt{\frac{2H}{g}}}, \quad v_A = \frac{d}{\sqrt{\frac{2H}{g}}}$$

$$p_{ges} = M \cdot v_{0,k} = p_A + p_k = v_A \cdot m + v_k \cdot M$$

$v_{0,k}$ of bullet before hitting apple

$$\Rightarrow v_{0,k} = \frac{v_A m + v_k M}{m}$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{g}{2H}}\, d\,(M + 2m)}{m}$$ +

b)

$v_{0,k}$ for given values:

$$v_{0,k} = \frac{\sqrt{\frac{9{,}81 \frac{m}{s^2}}{2 \cdot 1{,}5m}} \cdot 8m\,(0{,}15kg + 2 \cdot 0{,}005kg)}{0{,}005kg}$$

$$= 462{,}9 \frac{m}{s}$$ +

c)

bullet before hitting apple; friction

$$E_{ges} = E_{kin,k,0} + E_{pot,k} = E_R + E_{kin,A} + E_{kin,k}$$

$$E_{kin,k,0} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}005kg \left(462{,}9 \frac{m}{s}\right)^2 \approx 535{,}7 \, J$$

$$E_{kin,A} = \frac{1}{2} M \left(\frac{d}{\sqrt{\frac{2H}{g}}}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}15kg \left(\frac{8m}{\sqrt{\frac{3m}{9{,}81\frac{m}{s^2}}}}\right)^2 \approx 15{,}7 \, J$$

$$E_{kin,k} = \frac{1}{2} m \left(\frac{2d}{\sqrt{\frac{2H}{g}}}\right)^2 = \approx 2{,}1 \, J$$

$$E_{pot,k} = (M+m) \cdot g \cdot H = 0{,}155kg \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2} \cdot 1{,}5m = 2{,}3 \, J$$

$$\Rightarrow E_R = E_{kin,k,0} + E_{pot} - E_{kin,A} - E_{kin,k}$$

$$= 535{,}7J + 2{,}3J - 2{,}1J - 15{,}7J$$

$$= 515 \, J$$

518 J

6.4

a1) $\vec{a}_{res} = \vec{g} - \vec{a} = 9{,}81 \frac{m}{s^2} - 1 \frac{m}{s^2} = 8{,}81 \frac{m}{s^2}$

$s = \frac{1}{2} a_{res} t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a_{res}}} = \sqrt{\frac{5m}{8{,}81\frac{m}{s^2}}} = 0{,}75 \, s$ +

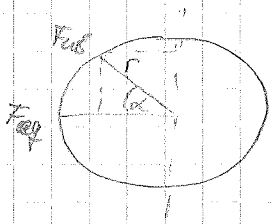
a2) $s = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot (0{,}75 s)^2 = 2{,}78 m$ +

a3) $v(\text{static}) = g \cdot t = 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}75 s = 7{,}36 \frac{m}{s}$ +

$v(\text{moving}) = a_{res} \cdot t = 8{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}75 s = 6{,}6 \frac{m}{s}$ +

b)

$M = 4 \cdot 10^5\, kg$, $v = 200 \frac{km}{h} = 55,\bar{5} \frac{m}{s}$, $\alpha = 48°$, $\omega = \frac{2\pi}{24h} = \frac{2\pi}{24 \cdot 60^2 s}$



F_{cor} at equator $= -2 \cdot v \cdot \omega \cdot M$

$F_{48°} = \cos \alpha \cdot F_{cor,eq}$

$= \cos 48° \cdot (-2) \cdot v \cdot \omega \cdot M$

$= \cos 48° \cdot \left(-2 \cdot 55,\bar{5} \frac{m}{s} \cdot \frac{2\pi}{24 \cdot 60^2 s} \cdot 4 \cdot 10^5 kg\right)$

$\approx -2162,7\, N$

As it's directed opposite to F_{zp} it's directed towards west (coming from north that would mean towards the right side).