

Fachhochschule Aalen
Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen
Physik I Dr. Haan

Nachklausur am 27. Januar 2005

Folgendes bitte deutlich schreiben:

Name: _____

Vorname: _____

Geburtstag: _____

Matrikelnummer: _____

Sie haben für die Klausur 90 Minuten Zeit. Lösungen zählen nur dann, wenn der richtige Lösungsweg durch die Angabe der entsprechenden Formeln ersichtlich ist.
Zugelassene Hilfsmittel: Hering: Physik für Ingenieure, Kuchling: Taschenbuch der Physik, Scriptmitschrift der Vorlesung (gebunden, keine „Lose-Blatt-Sammlung“), Übungsaufgaben aus der Vorlesung (gebunden) und Taschenrechner.

Viel Erfolg,

Ihr

Hubertus Haan

1. Aufgabe (14 Punkte)

Robin Hood kämpft im Sherwood Forrest gegen die Soldaten des Sheriff von Notting Hill.

Er spannt die Feder seiner Armbrust ($c=4500 \text{ N/m}$) um 20 cm und legt einen Pfeil der Masse 200 g vor die Feder.

- a) Welche Geschwindigkeit hat der Pfeil beim Verlassen der Armbrust?
- b) Zeigen Sie, dass Robin Hood in horizontalem Gelände (d.h. die Treffpunktlage ist gleich hoch wie die Abschusshöhe) die weiteste Schussentfernung erreicht, wenn er den Pfeil in einem Winkel von 45° abschießt.

Lösung:

(a)

Spannungsenergie der Feder

$$E_{\text{elast}} = \frac{1}{2} cs^2$$

wird umgewandelt in kinetische Energie des Pfeiles

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2 \text{ also ist}$$

$$v = \sqrt{\frac{cs^2}{m}} = \sqrt{\frac{4500 \text{ N/m} * (0.2\text{m})^2}{0.2\text{kg}}} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

1

1

2

(b)

Entweder Bahnkurve für den schiefen Wurf (Wurfparabel) eben kurz herleiten oder im Script abschreiben :

10

$$y = \tan \beta * x + \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \beta} x^2$$

Für den horizontalen Schuß gilt doch, dass $y = 0$ ist, wenn der Pfeil wieder aufkommt. Mit dieser Bedingung Formel nach $x(\beta)$ umstellen, nach β ableiten, gleich Null setzen und Bedingung für β hinschreiben :

$$0 = \tan \beta * x + \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \beta} x^2$$

$$x(\beta) = \frac{2v_0^2 \cos^2 \beta \tan \beta}{g}$$

$$\frac{d}{d\beta} x(\beta) = \frac{2v_0^2}{g} 2 \cos \beta (-\sin \beta) \tan \beta + \frac{2v_0^2}{g} \cos^2 \beta \frac{1}{\cos^2 \beta} = 0$$

$$2 \cos \beta \sin \beta \tan \beta = 1$$

$$\text{mit } \tan \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$$

$$2 \sin^2 \beta = 1 \text{ oder } \beta = \arcsin\left(\sqrt{\frac{1}{2}}\right) = 45^\circ \text{ q.e.d.}$$

Man hätte auch $\tan \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$ früher ausnutzen können und

ausnutzen, dass $2 \sin \beta \cos \beta = \sin 2\beta$:

$$x(\beta) = \frac{2v_0^2 \cos^2 \beta \tan \beta}{g} = \frac{2v_0^2}{g} \sin \beta \cos \beta = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\beta$$

$$\frac{d}{d\beta} x(\beta) = \frac{v_0^2}{g} 2 \cos 2\beta = 0 \text{ also auch } \cos 2\beta = 0$$

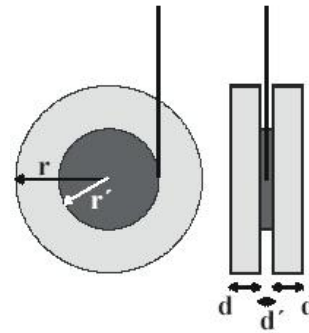
$$2\beta = \arccos(0) \text{ oder } \beta = \frac{1}{2} \arccos(0) = 45^\circ \text{ q.e.d.}$$

2. Aufgabe (15 Punkte)

Sie spielen mit ihrem neuerworbenen Jojo.
Das Spielzeug besteht wie in der Abbildung gezeigt

aus 3 Aluminiumscheiben $\rho_{Alu} = 2.7 \frac{g}{cm^3}$

mit den Abmessungen:



$r = 4cm, r' = 2cm, d = 1cm, d' = 0.5cm$. Die Fadenlänge l beträgt 1.2m.

- Berechnen Sie das Trägheitsmoment des Jojos.
- Berechnen Sie das Drehmoment, wenn man das Jojo loslässt. In welche Richtung zeigt das Drehmoment (Zeichnung anfertigen oder oben einzeichnen!)?
- Wie schnell rotiert das Jojo (also wie groß ist ω), wenn der Faden gerade halb abgerollt ist?

Lösung:

(a)

1

Trägheitsmoment einer Scheibe $\Theta_{Scheibe} = \frac{M}{2} r^2$

1

Trägheitsmoment des Jojos $\Theta_{Jojo} = 2 \frac{M}{2} r^2 + \frac{M'}{2} r'^2$

1

$M = V\rho = \pi r^2 d \rho = \pi (0.04m)^2 * 0.01m * 2.7 * 10^3 \frac{kg}{m^3} = 0.136kg$

$M' = V'\rho = \pi r'^2 d' \rho = \pi (0.02m)^2 * 0.005m * 2.7 * 10^3 \frac{kg}{m^3} = 0.017kg$

2

$\Theta_{Jojo} = \rho \pi \left(r^4 d + \frac{r'^4 d'}{2} \right) = 2.21 * 10^{-4} kgm^2$

b)

1

Drehmoment $\vec{D} = \vec{r} \times \vec{F}$

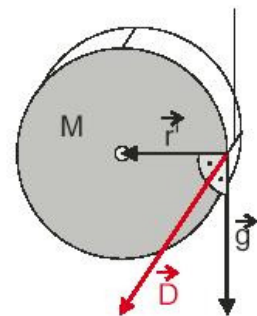
3

hier $|\vec{D}| = r' M_{Jojo} g = r' (2M + M') g = 0.0567 Nm$

(Annahme : die Gesamtmasse des Jojos sei auf r' konzentriert)

1

\vec{r} zeigt zur Drehachse, das Drehmoment \vec{D} zeigt aus der Papierebene heraus (Rechte – Hand – Regel).



(c)

5

Energieerhaltung $E_{pot} = E_{rot} + E_{kin}$, Gesamtfadenlänge l

$M_{Jojo} g \frac{l}{2} = \frac{1}{2} \Theta \omega^2 + \frac{1}{2} M_{Jojo} v^2 = \frac{1}{2} \Theta \omega^2 + \frac{1}{2} M_{Jojo} (\omega r')^2$

$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{M_{Jojo} gl}{\Theta + M_{Jojo} r'^2}} = 100.5 \frac{1}{s}$

3. Aufgabe (14 Punkte)

Zu Weihnachten haben Sie einen Tiefkühlschrank mit 160 l Innenvolumen geschenkt bekommen. Beim Einschalten herrscht sowohl im Innenraum als auch im Außenraum (Ihrer Küche) ein Luftdruck von 1013 mbar bei 21°C (trockene Luft). Nach einer Zeit öffnen Sie die Türe und stellen fest, dass dieses schwer geht und ein saugendes Geräusch beim erfolgreichen Öffnen der Türe zu hören ist.

- Wieviele Luftmoleküle enthält der Kühlschrank?
- Wieviele mol Luft enthält der Kühlschrank?
- Berechnen Sie den Druck im Kühlschrank, nachdem die Innentemperatur auf -18°C gefallen ist (da es ein neues Gerät ist, schließen die Türdichtungen den Innenraum noch luftdicht ab).

- Welche Wärmemenge wurde beim Abkühlen an die Umgebung abgeführt?

$$((c_v(\text{Luft}) = 20.7 \frac{J}{mol * K})$$

- Welche Kraft müssen Sie zum Öffnen der Türe aufwenden, wenn die Fläche der Türe 50 cm * 50 cm beträgt. (Wundern sie sich nicht über die Höhe der Kraft, bei realen Tiefkühl-Türdichtungen schließen diese nicht luftdicht ab, so ein Teil-Druckausgleich stattfindet).

Lösung:

a)

$$3 \quad pV = NkT \Rightarrow N = \frac{pV}{kT} = \frac{1.013 * 10^5 Pa * 0.160 m^3}{1.381 * 10^{-23} \frac{J}{K} * 294 K} = 4 * 10^{24} \text{ Moleküle}$$

b)

$$1 \quad n = \frac{N}{N_A} = \frac{4 * 10^{24}}{6.022 * 10^{23} \frac{1}{mol}} = 6.64 mol$$

c)

$$4 \quad p = \frac{NkT}{V} = \frac{4 * 10^{24} * 1.381 * 10^{-23} \frac{J}{K} * 255 K}{0.160 m^3} = 88038.75 Pa = 880.38 mbar$$

d)

$$3 \quad Q = nc_v \Delta T = 6.64 mol * 20.7 \frac{J}{mol * K} * 39 K = 5360 J$$

e)

$$3 \quad F = \Delta p * A = 13261 Pa * 0.25 m^2 = 3315.25 N$$

4. Aufgabe (4 Punkte)

Der Eiffelturm in Paris ist ca. 300 m hoch. Schätzen Sie ab, um welche Länge er aufgrund des Längenausdehnungskoeffizienten von Eisen ($\alpha_{\text{Eisen}} = 12.1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}$) im Sommer bei 35°C länger ist als im Winter bei -20°C .

Geben Sie die absolute und die prozentuale Längenänderung an.

Lösung:

2

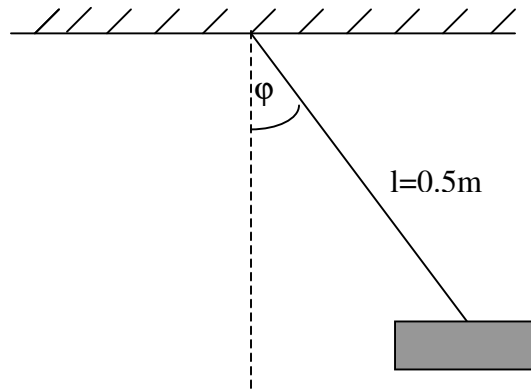
$$\Delta l = l \alpha_{\text{Eisen}} \Delta T = 300m * 12.1 * 10^{-6} \frac{1}{K} * 55K = 0.2m = 20cm$$

2

$$\frac{\Delta l}{l} * 100\% = \frac{0.2m}{300m} * 100\% = 0.066\%$$

5. Aufgabe (6 Punkte)

Mit einem Gewehr schießen Sie auf einen Holzklotz der Masse $M=10.0\text{ kg}$, der an einem masselosen Faden der Länge 0.5 m hängt (sog. Ballistisches Pendel). Das Geschossgewicht beträgt 10 g . Sie beobachten eine Auslenkung des Holzklotzes um $\varphi=30^\circ$.



- Wie schnell ist das Geschos?
- Welche kinetische Energie besitzt das Geschos kurz vor dem Auftreffen auf den Klotz.

Lösung:

a)

4

$$v = \frac{m+M}{m} \sqrt{2gl(1-\cos(\rho))} = \frac{0.01\text{kg} + 10\text{kg}}{0.01\text{kg}} \sqrt{2 * 0.5 * 9.81\text{m/s} * (1 - \cos(30^\circ))} = 1147.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b)

2

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}0.01\text{kg}(1147.6 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 6585\text{ J}$$