FACHHOCHSCHULE ESSLINGEN - HOCHSCHULE FÜR TECHNIK

Wintersemester	2004/2005	
Studiengang:	CI / BT	Semester CI1 / BT1
Prüfungsfach:	Physik 1	Fachnummer: CI 1044 BT 1040
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 60 min.

Lösungsvorschlag – ohne Gewähr

Aufgabe 1 (Agarose-Gel) ***Autor: Prof. Hiesgen***

a) Mit der Elementarladung $e = 1{,}06 \cdot 10^{-19}\,C$ muss das Protein $\dfrac{0{,}53 \cdot 10^{-17}\,C}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C} = 33$ Elektronen zur Ladungsneutralität abgeben.

b) Das elektrische Feld beträgt $F_{el} = \dfrac{U}{d} = \dfrac{150\,\frac{Nm}{C}}{0{,}30\,m} = 5 \cdot 10^2\,\dfrac{N}{C} = 5 \cdot 10^2\,\dfrac{V}{m}$

c) Die **positiven Ladungen müssen auf der linken Platte sitzen**, damit das negativ geladene Protein nach links wandert.

d) Da die Geschwindigkeit des Proteins konstant sein soll, ist die Beschleunigung und damit die Summe aller Kräfte auf das Protein null. Auf das Protein wirkt die Coulombkraft im elektrischen Feld nach links und die Reibungskraft nach rechts. Die positive Richtung des Koordinatensystems zeigt nach links.

$$F_{el} = q \cdot E$$

$$F_{Reib} = -a\,\eta R v^{\frac{2}{3}}.$$

$$F_{el} + F_{Reib} = 0$$

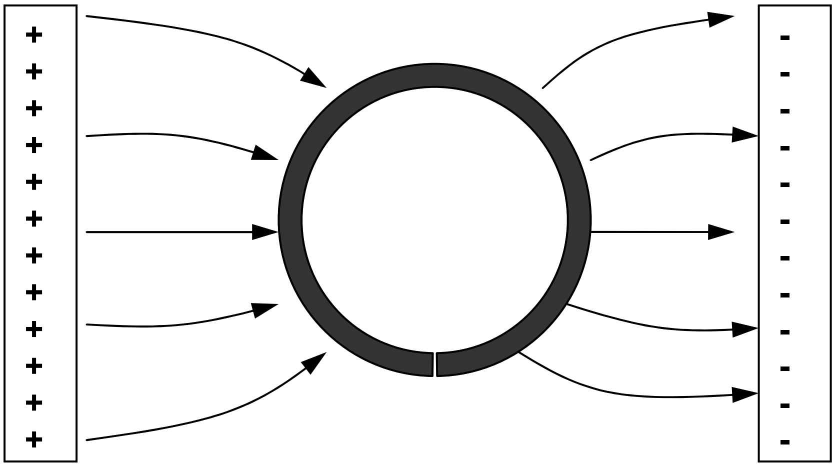
$$q \cdot E - a\,\eta\,R\,v^{\frac{2}{3}} = 0$$

daraus folgt $v = \left(\dfrac{-q \cdot E}{a\,\eta R}\right)^{\frac{3}{2}}$

$$v = \left(\frac{-(-0{,}53 \cdot 10^{-17}\,C) \cdot 5 \cdot 10^2\,\frac{N}{C}}{0{,}1085 \left(\frac{m}{s}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot 5\,Pa \cdot s \cdot 5 \cdot 10^{-9}\,m}\right)^{\frac{3}{2}} = 3{,}054 \cdot 10^{-4}\,\frac{m}{s} = 3{,}054 \cdot 10^{-2}\,\frac{cm}{s} = 10{,}99\,\frac{cm}{h}$$

$$= 11\,\frac{cm}{h}$$

Aufgabe 2: **(Feldlinien)** ***Autor: Prof. Hiesgen***



- Feldlinien laufen von positiver zu negativer Platte
- Feldlinien stehen senkrecht auf den Leiteroberflächen
- keine Feldlinien im Inneren des Rings (Faraday-Käfig)

Aufgabe 3: **(Kurzaufgaben Mechanik)** ***Autor: Prof. Hanak***

Lösung: Profs. Käß / Hiesgen

Teilaufgabe a)

Die mittlere Beschleunigung a_m folgt aus der während der Zeitspanne $\Delta t = 20$ ms auf den Ball wirkenden mittleren Kraft F_m : $F_m = m\, a_m$

Die mittlere Kraft F_m folgt dabei nach dem 2. Newtonschen Axiom aus der Impulsänderung Δp des Balls: $F_m = \Delta p / \Delta t$

Damit wird : $m\, a_m = m\, \Delta v / \Delta t$

und es bleibt : $a_m = \Delta v / \Delta t = [30 \text{ m/s} - (- 26 \text{ m/s})] / 20 \text{ ms}$

$= [\ 56 \text{ m/s}\ ] / 0{,}02 \text{ s} = 2{,}8\ 10^3$ m/s2 = 285 g (!!)

Teilaufgabe b)

Die Anfangswinkelgeschwindigkeit ist Null, das Winkelgeschwindigkeits-Zeitgesetz lautet daher

(1) $\omega(t) = \alpha \cdot t$ und das Winkel-Zeitgesetz lautet

(2) $\varphi(t) = \frac{1}{2}\alpha \cdot t^2$.

Nach t aufgelöst erhält man aus Gleichung (2) $t = \sqrt{\frac{2\varphi}{\alpha}}$. Eingesetzt in Gleichung (1) ergibt sich für die Winkelgeschwindigkeit

$\omega(t) = \alpha \cdot \sqrt{\frac{2\varphi}{\alpha}}$.

Mit dem zurück gelegten Winkel $\varphi = \frac{\pi}{2}$ und der Winkelbeschleunigung $\alpha = 0{,}01\frac{1}{s^2}$ wird

$\omega = 0{,}177\frac{1}{s}$.

Die lineare Geschwindigkeit am Punkt P erhält man aus $v = \omega \cdot r = 0{,}177\frac{1}{s} \cdot 2m = 0{,}344\frac{m}{s}$.

Teilaufgabe c)

Die Zentripetalkraft, welche die Masse m auf der Kreisbahn hält, wird von der Feder aufgebracht. Also : $F_Z = F_{Feder}$

Für F_Z gilt : $F_Z = mv^2 / r = 0{,}4\ kg\ (2\ m/s)^2 / 0{,}6\ m = 2{,}67\ N$

Der Betrag der Federkraft bei Dehnung der Feder um die Wegstrecke Δx berechnet sich aus : $F_{Feder} = c\ \Delta x = F_Z$

und Δx beträgt : $\Delta x = F_Z / c = 2{,}67\ N / (30\ N/m) = 0{,}089\ m$

Die Gesamtlänge der gedehnten Feder beträgt 0,6 m, daher beträgt die Länge L_0 der entspannten Feder : $L_0 = 0{,}6\ m – 0{,}089\ m = 0{,}511\ m$

Teilaufgabe d)

Das Eindringen der Kugel in den Block ist ein unelastischer Stoß, für den der Impulserhaltungsatz gilt

$m_K v_K = (m_B + m_K) v_B$.

Nach dem Stoß bewegt sich der Block mit der Geschwindigkeit v_B.

$$v_B = \frac{m_K v_K}{(m_B + m_K)} = \frac{0{,}008\,kg \cdot 290\frac{m}{s}}{(4\,kg + 0{,}008\,kg)} = 0{,}579\frac{m}{s}$$

Beim Stoß mit der Feder wird die Bewegungsenergie des Blockes in Spannenergie der Feder umgewandelt, es gilt der Energieerhaltungssatz

$\frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} c \cdot \Delta x^2$.

Daraus ergibt sich die Strecke Δx, um die die Feder gestaucht wird, zu

$$\Delta x = \sqrt{\frac{m_B v_B^2}{c}} = \sqrt{\frac{4\,kg \cdot (0{,}579\frac{m}{s})^2}{1500\frac{N}{m}}} = 0{,}0299\,m.$$

Aufgabe 4: (Kuhmilch) ***Autor: Prof. Käß***

a) Ein Fetttröpfchen in frischer Kuhmilch mit Radius $R_{kuh} = 4 \cdot 10^{-6}$ m
hat ein Volumen von $V_{kuh} = 4/3\ \pi\ R_{kuh}^3$

Die Gewichtskraft dieses Tröpfchens beträgt :

$$F_{Gkuh} = m\ g = \rho_{fett}\ V_{kuh}\ g = \rho_{fett}\ 4/3\ \pi\ R_{kuh}^3\ g = 2{,}42 \cdot 10^{-12}\ N$$

Der Auftrieb des Tröpfchens folgt aus der Masse des verdrängten Wassers :

$$F_{Akuh} = m_{H2O}\ g = \rho_{H2O}\ V_{kuh}\ g = (\rho_{H2O} / \rho_{fett})\ F_G = 2{,}63 \cdot 10^{-12}\ N$$

b) Die resultierende Kraft ist nach oben gerichtet und beträgt

$$F_{reskuh} = F_{Akuh} - F_{Gkuh} = 0{,}2104 \cdot 10^{-12}\ N$$

c) In homogenisierter Milch haben die Tröpfchen einen Radius $R_{hom} = 1 \cdot 10^{-6}$ m

Gewichtskraft: $F_{Ghom} = F_{Gkuh}\ (R_{hom}^3 / R_{kuh}^3) = 3{,}78 \cdot 10^{-14}\ N$

Auftrieb: $F_{Ahom} = F_{Akuh}\ (R_{hom}^3 / R_{kuh}^3) = 4{,}11 \cdot 10^{-14}\ N$

Resultierende Kraft

$$F_{reshom} = F_{Ahom} - F_{Ghom} = F_{reskuh}\ (R_{hom}^3 / R_{kuh}^3) = 0{,}329 \cdot 10^{-14}\ N$$

d) Bei konstanter Geschwindigkeit (keine Beschleunigung) herrscht jeweils Gleichgewicht zwischen der oben berechneten resultierenden Kraft und der auf das Tröpfchen wirkenden Stokes-Reibungskraft : $F_R = 6\ \pi\ \eta\ R\ v = F_{res}$

damit folgt für die beiden Fälle

Frischmilch: $v_{kuh} = F_{reskuh} / (6\ \pi\ \eta\ R_{kuh}) = 1{,}860\ 10^{-6}$ m/s

homogenisiert: $v_{hom} = F_{reshom} / (6\ \pi\ \eta\ R_{hom}) = 0{,}11663 \cdot 10^{-6}$ m/s

e) Zentrifugalbeschleunigung a_Z auf ein Tröpfchen in der Zentrifuge, das sich auf einer Kreisbahn mit Radius 0,2 m bewegt. T ist die Umlaufdauer auf der Bahn:

$$a_Z = \omega^2 R = (2\ \pi / T)^2 R = (2\ \pi\ 3000 / 60\ s)^2\ 0{,}2\ m = 1{,}974 \cdot 10^4\ m/s^2$$

Die oben berechnete resultierende Kraft F_{reskuh} ergab sich unter der Annahme, dass die Erdbeschleunigung g auf die Anordnung einwirkt. In der Zentrifuge herrscht aber eine um den Faktor a_Z/g höhere Beschleunigung. Daher wirkt auf die Tröpfchen die um ein Vielfaches höhere Kraft F_Z :

$$F_Z = F_{reskuh}\ (a_Z / g) = 4{,}233 \cdot 10^{-10}\ N$$

Bei der radialen Bewegung der Tröpfchen herrscht wieder Gleichgewicht zwischen beschleunigender Kraft F_Z und Stokes-Reibungskraft F_R, analog zu Teilaufgabe d). Damit ergibt sich die Bewegungsgeschwindigkeit zu :

$$v_{zentrifuge} = F_Z / (6\ \pi\ \eta\ R_{kuh}) = 0{,}00374\ m/s = 13{,}47\ m / h$$