Universitetet
i Oslo

Norsk Fysikklærerforening

Fysikk-OL – Norsk finale 2004

3. uttakingsrunde

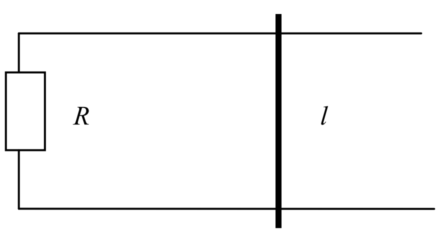
Fredag 2. april kl 09.00 til 11.00
Hjelpemidler: Tabell/formelsamling og lommeregner

Oppgavesettet består av 6 oppgaver på 3 sider
Lykke til!

Oppgave 1

Et lite legeme er i ro på et bord. Det blir gitt et dytt og det beveger seg 1 m i løpet av 2 s før det faller ned fra bordet. Er det rimelig å anta at det lille legemet har hjul?

Oppgave 2

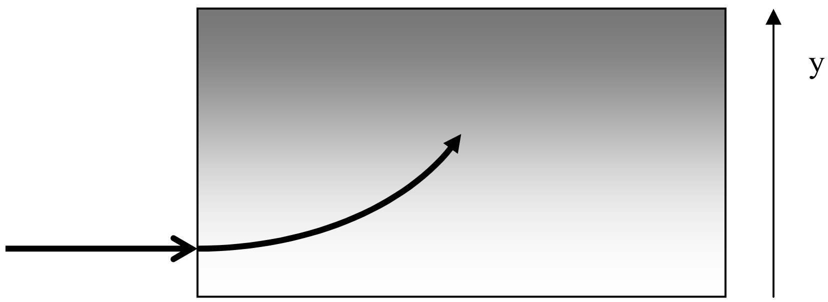


En metallstav kan gli uten friksjon på to lange horisontale parallelle skinner. Skinnene er forbundet med en motstand med resistansen R, og avstanden mellom dem er l. Systemet befinner seg i et magnetisk felt med flukstettheten B som står normalt på planet skinnene og staven danner. Staven blir gitt et dytt og får startfarten v_0. Hvor langt vil staven gli før den stopper?
(Hint: du kan få bruk for at $x = \int v\,dt$)

Oppgave 3

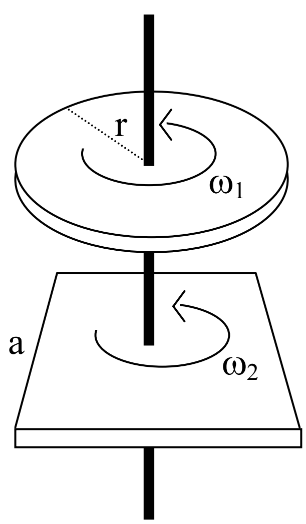
Bestem endringen i entropi når vi blander 1,00 kg vann med temperaturen 20 ^{o} C med 2,00 kg vann med temperaturen 80 ^{o} C.
Vann har spesifikk varmekapasitet c = 4190 J/kg·K.
Se bort fra varmeutveksling med omgivelsene.

Oppgave 4



Figuren viser en lysstråle som kommer inn (praktisk talt vinklerett) mot et legeme med varierende brytningsindeks i y-retning, *n(y)*. Lysstrålen bøyes av som vist, og den følger en sirkel med radien *R*. Det er luft rundt legemet, og luft har brytningsindeks n_0.
Finn et uttrykk for *n(y)* uttrykt ved n_0 og *R*.

Oppgave 5

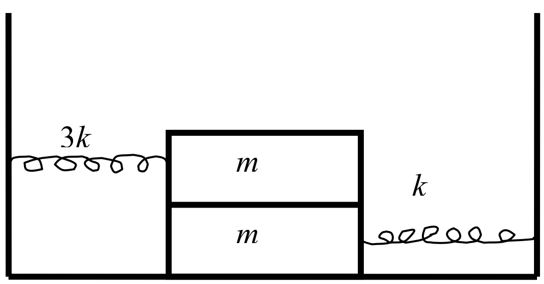


En rund skive med radius r = 0,30 m og masse m_1 = 3,0 kg roterer friksjonsfritt med vinkelhastigheten ω_1 = 40 rad/s om en vertikal, tynn, masseløs aksling. En kvadratisk skive er festet til akslingen. Kvadratet har sidelengde a = 0,60 m og masse m_2 = 5,0 kg. Kvadratet roterer friksjonsfritt med vinkelhastigheten ω_2 = 10 rad/s samme vei som den runde skiven.

Vi slipper den runde skiven ned på den kvadratiske. Friksjonen mellom de to er så stor at vi kan anta at de blir sittende sammen umiddelbart og roterer med en felles vinkelhastighet.

Hvor stor brøkdel av den opprinnelige rotasjonsenergien har systemet tapt under sammenkoblingen?

Oppgave 6



To like klosser ligger oppe på hverandre. Begge har massen *m*. Det er friksjon mellom klossene, og den statiske friksjonskoeffisienten er μ. Vi kan imidlertid se bort fra friksjonen mellom den underste klossen og underlaget. Det er en fjær festet til hver kloss med fjærkonstant på henholdsvis k og $3k$, - se figuren. Når systemet er i likevekt, er den høyre fjæren strukket en lengde x_1. Finn det største utslaget (amplituden) systemet kan svinge med uten at de to klossene begynner å gli mot hverandre.

Universitetet i Oslo

Norsk Fysikklærerforening

Fysikk-OL – Norsk finale 2004

3. uttakingsrunde

Løsningsforslag

Oppgave 1

Vi gjør et overslag:
Gjennomsnittsfarten er $\bar{v} = 0{,}5\,\text{m/s}$.
Det betyr at startfarten kan maksimalt være $v_o = 2 \cdot \bar{v} = 1\,\text{m/s}$. (Sluttfarten er større enn null).

Akselerasjonen kan maksimalt være: $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = 0{,}5\ \text{m/s}^2$.

Videre får vi: $\mu mg = ma$ og altså: $a = \mu g$ der vi setter $g = 10\ \text{m/s}^2$.
Det vil si:

$\mu = \dfrac{0{,}5}{10} = 0{,}05$ som er en liten friksjonskoeffisient, og det er rimelig å anta at legemet har hjul!

Oppgave 2

Newton: $F = m\dfrac{dv}{dt}$

Her er også $F = IlB$ og $\varepsilon = vBl$

Vi får da $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{vBl}{R}$ og $F = IlB = \frac{vB^2l^2}{R} = m\frac{dv}{dt}$

Staven glir en avstand x før den stopper, der $x = \int v dt$

Dermed får vi: $x = \int v dt = \int \frac{mR}{B^2l^2} dv$ som gir $\underline{x = \frac{mRv_0}{B^2l^2}}$

Oppgave 3

Vi finner temperaturen etter at vannet har blandet seg:

$m_1c(T - T_C) = m_2c(T_H - T)$ som gir $T = 333$ K

Endringen i entropi:

$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$ der $dQ = mc \cdot dT$, altså $\Delta S = \int_{T1}^{T2} \frac{mc \cdot dT}{T} = mc \cdot \ln\frac{T_2}{T_1}$

Her blir:

$$\Delta S = m_1c\ln\frac{T}{T_C} + m_2c\ln\frac{T}{T_H}$$

$\underline{\Delta S = 47{,}4 \text{ J/K}}$

Oppgave 4

Systemet vårt består av de to platene. Det virker ingen ytre kraftmoment på systemet under sammenkoblingen, og spinnet må dermed være bevart.

Totalt spinn før sammenkobling:

$$L_{tot} = I_1\omega_1 + I_2\omega_2$$

$$L_{tot} = \tfrac{1}{2}m_1r^2 \cdot \omega_1 + \tfrac{1}{6}m_2a^2 \cdot \omega_2$$

$\underline{L_{tot} = 8{,}4 \text{ kgm}^2\text{/s}}$

Totalt treghetsmoment etter sammenkoblingen:

$I_{tot} = I_1 + I_2$

I_{tot} = 0,435 kgm^2

Vinkelhastighet etter sammenkoblingen:

$\omega = L_{tot} / I_{tot}$ = 19,3 rad/s

Rotasjonskinetisk energi **før** sammenkobling:

$E_{kin\ (FØR)} = 1/2\ I_1\ \omega_1^2 + 1/2\ I_2\ \omega_2^2$

$E_{kin\ (FØR)}$ = 123 J

Rotasjonskinetisk energi **etter** sammenkobling:

$E_{kin\ (ETTER)} = 1/2\ I_{tot}\ \omega^2$

$E_{kin\ (ETTER)}$ = 81 J

Andel kinetisk energi som er tapt:

$$\frac{E_{kin(FØR)} - E_{kin(ETTER)}}{E_{kin(FØR)}} = 0{,}34$$

Systemet taper altså 34 % av den kinetiske energien ved sammenkoblingen.

Oppgave 5

Snells brytningslov gir:

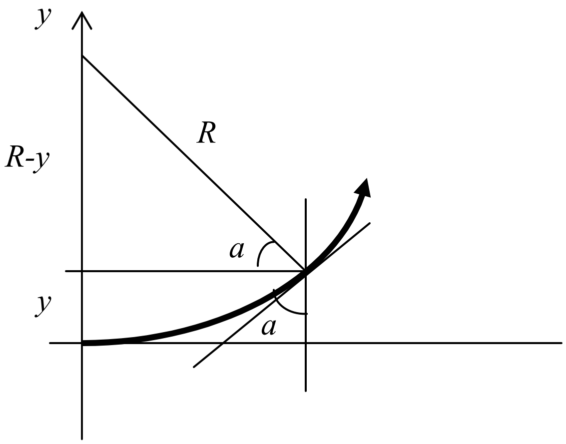
$$n_0 \sin a_0 = n_1 \sin a_1 = n_2 \sin a_2 = n(y) \sin a$$

Det starter med $a_0 \approx 90^0$

Det vil si: $n(y) \sin a = n_0$

Av figuren ser vi at

$\sin a = \dfrac{R-y}{R}$ og dermed er $n(y) = \dfrac{n_0 R}{R-y}$



Oppgave 6

Ved likevekt:

$f_1 = kx_1 = F_1$

der f_1 er kraften fra fjæra på den underste klossen og F_1 kraften fra fjæra på den øverste klossen.

Hvis klossene er forskjøvet en avstand x mot høyre i figuren, uten at de har sklidd i forhold til hverandre, får vi:

$f = f_1 - kx = kx_1 - kx$ og

$F = F_1 + 3k = kx_1 + 3kx$

Newtons 2. lov: $f - F = 2ma$ som gir:

$$a = -\frac{2kx}{m}$$

For den underste klossen får vi: $kx_1 - kx - \mu N = ma$

Og for maksimalt utslag, A, blir:

$$kx_1 - kA - \mu mg = ma = m(-\frac{2kx}{m})$$

Altså: $\underline{A = \frac{\mu mg}{k} - x_1}$