

TFY4104/TFY4125 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Ekstra 6.

Oppgave 4: Elementær snooker, ekstraoppgaver

Etter at støtet er overstått vil kulas totale dreieimpuls $\mathbf{L} = M(\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) \times \mathbf{V} + I_0 \boldsymbol{\omega}$ være bevart, *dersom* vi velger referansepunktet $\mathbf{r}_0$ i et punkt på skjæringslinja mellom bordets overflate og vertikalplanet gjennom kulas massesenter (dvs langs x -aksen i figuren). Enkleste valg er i origo, dvs $\mathbf{r}_0 = 0$, se figuren. (Hvorfor får vi dreieimpulsbevarelse med dette valget?) Vi antar at bare z -komponenten til $\mathbf{L}$ er aktuell her, dvs ingen rotasjon om andre akser.

d) Pga friksjonen mellom bord og kule vil kulas bevegelse etter en viss tid gå over til ren rulling. Hva blir massesenterhastigheten V_r til kula etter at ren rulling har inntrådt? (Tips: Bruk bevaring av L_z til å finne V_r .)

A) $V_r = \frac{7}{5} \left(1 + \frac{h}{R}\right) V_0$

B) $V_r = \frac{7}{5} \left(1 + \frac{R}{h}\right) V_0$

C) $V_r = \frac{5}{7} \left(1 + \frac{h}{R}\right) V_0$

D) $V_r = \frac{5}{7} \left(1 + \frac{R}{h}\right) V_0$

e) Anta at køen treffer kula i en høyde $h > h_0$. Hvor lang tid t_r tar det da fra støtet til snookerkula ruller uten å gli?

A) $t_r = \frac{2V_0}{7\mu_k g} \left(\frac{5h}{2R} - 1\right)$

B) $t_r = \frac{2V_0}{7\mu_k g} \left(\frac{7h}{2R} - 1\right)$

C) $t_r = \frac{2V_0}{5\mu_k g} \left(\frac{5h}{2R} - 1\right)$

D) $t_r = \frac{2V_0}{5\mu_k g} \left(\frac{7h}{2R} - 1\right)$

(Hvis betingelsen for ren rulling er oppfylt fra første øyeblikk, skrumper denne "en viss tid" inn til null, og $V_r = V_0$. Dette kan du jo ha som en kontroll av svaret.)

f) Bestem energitapet $\Delta K = K_r - K_0$.

g) Bestem forskjøvet strekning x_r langs underlaget i tiden t_r , dvs fra støtet til ren rulling oppnås.

Oppgave 5: Kollisjon mellom tynn stav og lita kule, ekstraoppgaver

f) Hva er systemets impuls $\mathbf{p}_f$ umiddelbart etter sammenstøtet?

- A) $\mathbf{p}_i \cdot (1 + MD/2md)/(1 + MD^2/3md^2)$ B) $\mathbf{p}_i \cdot (1 - MD/2md)/(1 - MD^2/3md^2)$
 C) $\mathbf{p}_i \cdot (1 + MD/md)/(1 + MD^2/7md^2)$ D) $\mathbf{p}_i$

g) For hvilken verdi av d er $p_f = p_i$?

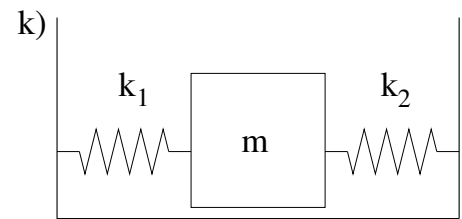
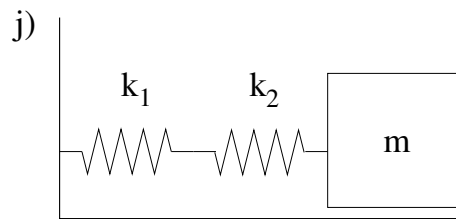
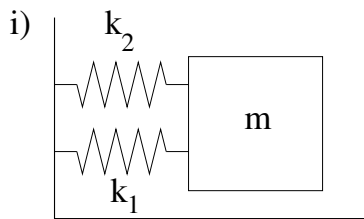
- A) Alltid B) $D/3$ C) $2D/3$ D) D

h) Hva er $|\Delta K/K_i| = |(K_f - K_i)/K_i|$, dvs relativ endring i systemets kinetiske energi i sammenstøtet?

- A) $1/(1 + 3md^2/MD^2)$ B) $1/(1 - 3md^2/MD^2)$ C) $1 + 3md^2/MD^2$ D) $1 - 3md^2/MD^2$

Oppgave 7: Svingninger, ekstraoppgaver

Et enkelt masse-fjær-svingesystem med masse m og fjærstivhet k har som kjent vinkelfrekvens $\omega = \sqrt{k/m}$. Sett opp "N2" for de tre svingesystemene vist i figuren nedenfor og finn vinkelfrekvensen for hvert av systemene uttrykt ved $\omega_1 = \sqrt{k_1/m}$ og $\omega_2 = \sqrt{k_2/m}$. I alle tilfellene er fjærene masseløse, og det er ingen friksjon.



i) $\omega_i = \dots$

- A) $\omega_1 + \omega_2$ B) $\omega_1\omega_2/\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$ C) $\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$ D) $\sqrt{\omega_1\omega_2}$

j) $\omega_j = \dots$

- A) $\omega_1 + \omega_2$ B) $\omega_1\omega_2/\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$ C) $\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$ D) $\sqrt{\omega_1\omega_2}$

k) $\omega_k = \dots$

- A) $\omega_1 + \omega_2$ B) $\omega_1\omega_2/\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$ C) $\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$ D) $\sqrt{\omega_1\omega_2}$

Ekstraoppgaver opprinnelig inkludert i Test 6

Oppgave 1

Snooker spilles på en bordflate med lengde 3569 mm og bredde 1778 mm. Det er hull – der kulene skal senkes – i de fire hjørnene og midt på hver langside. Snookerkuler har diameter 52.5 mm. De er kompakte, med uniform massefordeling, og dermed et treghetsmoment $2MR^2/5$ mhp akser gjennom CM. Kulenes masse er ca 130 g. (Offisielle regler foreskriver ikke en bestemt masse.) Etter et forsiktig støt ruller den svarte kula uten å gli (slure) mot et av hjørnehullene med hastighet 50 cm/s. Hva er kulas kinetiske energi?

- A 7.0 mJ
- B 16 mJ
- C 23 mJ
- D 29 mJ
- E 46 mJ

Oppgave 2

Hva er spinnet til den svarte kula i forrige spørsmål (dvs den indre dreieimpulsen L_s knyttet til rotasjonsbevegelsen om CM)?

- A 0.34 mJs
- B 0.68 mJs
- C 1.02 mJs
- D 1.36 mJs
- E 1.70 mJs

Oppgave 3

Den svarte kula i de to foregående oppgavene ruller langs snookerbordets diagonal. Hva er kulas banedreieimpuls L_b relativt et av hullene midt på bordets langside? (Banedreieimpulsen er den delen av den totale dreieimpulsen som er knyttet til massesenterets translasjonsbevegelse.)

- A 13 mJs
- B 26 mJs
- C 39 mJs
- D 52 mJs
- E 65 mJs

Oppgave 4

Hvilket intervall dekker omtrent fordelingen av stående voksne menneskers treghetsmoment om den vertikale symmetriaksen?

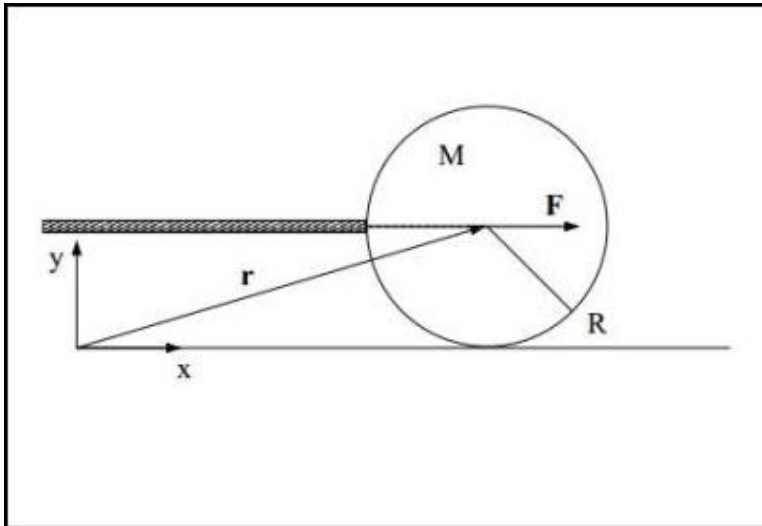
- A 0.05 - 0.4 kg m²
- B 0.5 - 4.0 kg m²
- C 5 - 40 kg m²
- D 50 - 400 kg m²
- E 500 - 4000 kg m²

Oppgave 5

Omtrent hvor stor er en personbils kinetiske energi K_{rot} knyttet til de fire hjulenes rotasjonsbevegelse, sammenlignet med hele bilens kinetiske translasjonsenergi K_{trans} ? Anta at bilens totale masse er 1 tonn, og at hvert hjul har masse 15 kg. Anta som en forenkling at hjulene kan betraktes som kompakte skiver, slik at det relevante treghetsmomentet er $mr^2/2$.

- A $K_{\text{rot}}/K_{\text{trans}}$ er ca 1/1000
- B $K_{\text{rot}}/K_{\text{trans}}$ er ca 1/100
- C $K_{\text{rot}}/K_{\text{trans}}$ er ca 3/100
- D $K_{\text{rot}}/K_{text{trans}}$ er ca 6/100
- E $K_{\text{rot}}/K_{\text{trans}}$ er ca 9/100

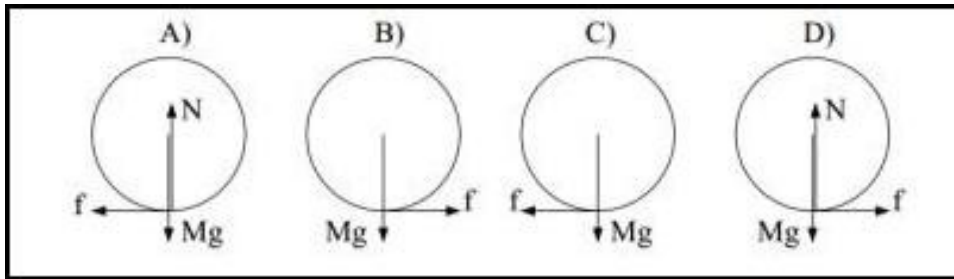
Oppgave 6



Ei snookerkule med masse $M = 128 \text{ g}$ og radius $R = 26.25 \text{ mm}$ får et kraftig og kortvarig støt av en horisontal kø (stav) med treffpunkt i samme høyde som kulas massesenter. Anta at kraften er konstant lik 500 N i støtet som varer i 1.0 ms . Vi kan da neglisjere friksjonskraften f fra underlaget på kula under selve støtet. (Når støtet er avsluttet, kan vi generelt ikke neglisjere f .) Denne og de to neste oppgavene er knyttet til figuren over. Hva er kulas hastighet umiddelbart etter at støtet er fullført?

- A 0.15 m/s
- B 0.45 m/s
- C 1.0 m/s
- D 2.8 m/s
- E 3.9 m/s

Oppgave 7



Hvilken av disse figurene angir korrekt kreftene som virker på snookerkula like etter at støtet er fullført?

- A Ingen av figurene er korrekte
- B Figur A er korrekt
- C Figur B er korrekt
- D Figur C er korrekt
- E Figur D er korrekt

Oppgave 8

Etter fullført støt er kulas dreieimpuls relativt origo, $L = MRV + I_0\omega$, bevart. Her er V og ω hhv kulas hastighet og vinkelhastighet, og $I_0 = 2MR^2/5$. Umiddelbart etter fullført støt glir kula med hastighet V_0 uten å rotere. Hva er da kulas hastighet når ren rulling er oppnådd?

- A $3V_0/5$
- B $4V_0/5$
- C $3V_0/7$
- D $4V_0/7$
- E $5V_0/7$

Oppgave 9

En partikkel med total mekanisk energi E beveger seg i en dimensjon i et område der potensiell energi er $U(x)$. Partikkelens hastighet må da være lik null der

- A $dU/dx = 0$
- B $d^2U/dx^2 = 0$
- C $U = E$
- D $U = 0$
- E $E = 0$

Oppgave 10

I molekylet HI, hydrogenjodid, svinger atomene fram og tilbake langs molekylets akse med en egenfrekvens f . Hvor stor er f ? Tips: Iodatomet har mye større masse (ca 127u) enn hydrogenatomet (ca 1u), slik at vi med bra tilnærming kan anta at iodatomet står i ro mens hydrogenatomet svinger fram og tilbake som en enkel harmonisk oscillator. Fjærkonstanten for denne oscillatoren er ca 800 N/m.

- A $f = 1.1$ MHz
- B $f = 1.1$ GHz
- C $f = 1.1 \cdot 10^{12}$ Hz
- D $f = 1.1 \cdot 10^{14}$ Hz
- E $f = 1.1 \cdot 10^{16}$ Hz

Oppgave 11

Karbondioksydmolekylet, CO_2 , er lineært, med C i midten ($\text{O} = \text{C} = \text{O}$). Molekylet har tre egenfrekvenser som svarer til tre ulike svingebevegelser (vibrasjonsbevegelser). Den enkleste av disse kalles symmetrisk strekk. Her svinger de to oksygenatomene hver sin vei mens karbonatomet står i ro, dvs at de to CO-bindingene strekkes samtidig (og trykkes sammen samtidig). Det betyr at vi kan analysere denne vibrasjonsbevegelsen på samme måte som vi gjorde for hydrogenjodid i forrige oppgave. Det oppgis at oksygenatomet har masse 16u, og at fjærkonstanten for den (tilnærmet) harmoniske svingningen er ca 4.6 kN/m. Hva er da frekvensen f til denne vibrasjonsbevegelsen i CO_2 ?

- A $f = 6.6$ GHz
- B $f = 6.6 \cdot 10^{11}$ Hz
- C $f = 6.6 \cdot 10^{13}$ Hz
- D $f = 6.6 \cdot 10^{15}$ Hz
- E $f = 6.6 \cdot 10^{17}$ Hz

Oppgave 12

En masse er festet til ei fjær og utfører udempede harmoniske svingninger med vinkelfrekvens ω . Ved et bestemt tidspunkt er fjæra strukket en lengde x_0 , og massens hastighet er da null. Hva er massens maksimale hastighet?

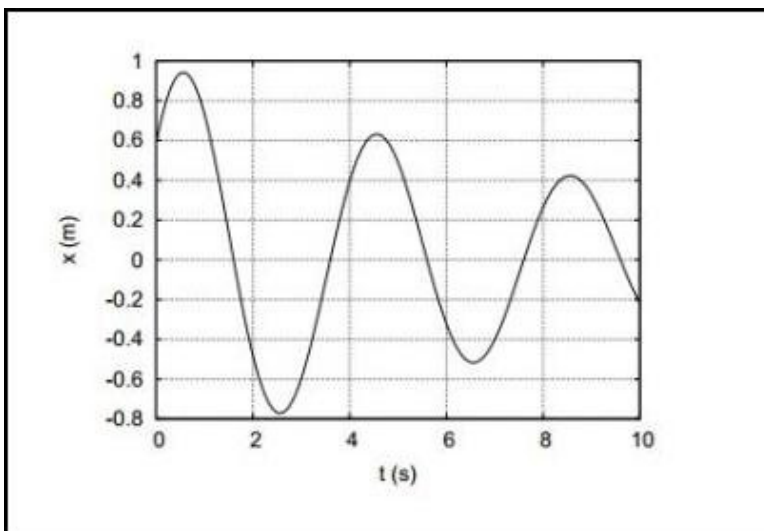
- A ωx_0
- B $2\omega x_0$
- C $\sqrt{2}\omega x_0$
- D $\omega x_0/\sqrt{2}$
- E $\omega x_0/2$

Oppgave 13

En masse er festet til ei fjær og utfører udempede harmoniske svingninger med vinkelfrekvens ω . Ved et bestemt tidspunkt har massen akselerasjon a og hastighet v . Hva er massens maksimale utsving?

- A v/ω
- B a/ω^2
- C $\sqrt{2}(v/\omega + a/\omega^2)$
- D $\sqrt{v^2/\omega^2 + a^2/\omega^4}$
- E $\sqrt{a^2/\omega^4 - v^2/\omega^2}$

Oppgave 14



Figuren viser en dempet svingning der utsvinget er gitt som

$$x(t) = Ae^{-t/\tau} \cos(\omega t + \phi).$$

Hva er startverdiene for posisjon og hastighet, $x(0)$ og $\dot{x}(0)$, for dette svingeforløpet?

- A $x(0) \simeq 60 \text{ cm}$, $\dot{x}(0) \simeq -120 \text{ cm/s}$
- B $x(0) \simeq -60 \text{ cm}$, $\dot{x}(0) \simeq 120 \text{ cm/s}$
- C $x(0) \simeq 60 \text{ cm}$, $\dot{x}(0) \simeq 120 \text{ cm/s}$
- D $x(0) \simeq -60 \text{ cm}$, $\dot{x}(0) \simeq -120 \text{ cm/s}$
- E $x(0) \simeq 60 \text{ cm}$, $\dot{x}(0) \simeq -60 \text{ cm/s}$