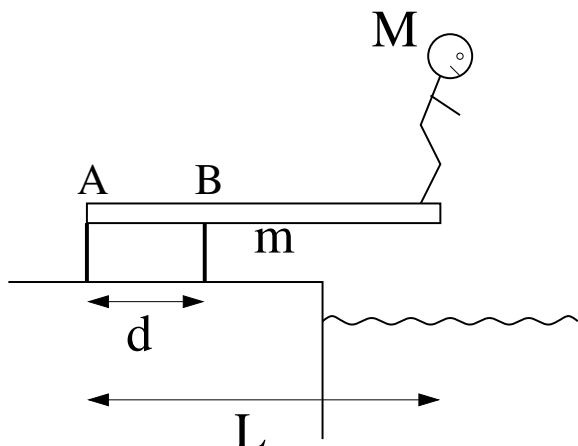


TFY4104/TFY4125 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Øving 6.

Oppgave 1: Stupebrett



En stuper med masse M står på kanten av et stupebrett med lengde L og masse m . Stupebrettet er festet til to støtter som vist i figuren. Støttene står en avstand d fra hverandre. Bruk A som referansepunkt.

a) Hvor stor kraft F_B virker på stupebrettet i festet til støtten i B?

- A) $gd(M - m/2)/L$ B) $gd(M + m/2)/L$
 C) $gL(M + m/2)/d$ D) $gd(M + m/2)/d$

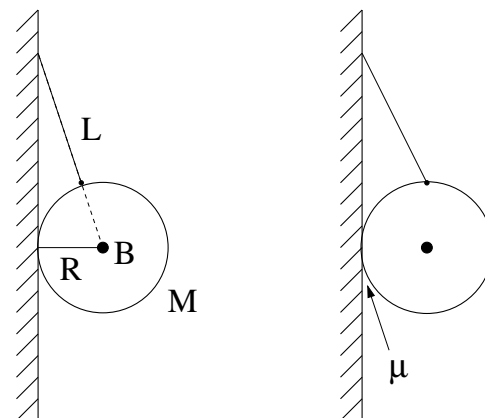
b) Hvor stor kraft F_A virker på stupebrettet i festet til støtten i A?

- A) $F_B + (M - m)g$ B) $F_B + (M + m)g$ C) $F_B - (M - m)g$ D) $F_B - (M + m)g$

Oppgave 2: Ball på vegg

a) En ball med masse M og radius R henger mot en vertikal vegg. Ei snor med lengde L er festet til veggen og ballen som vist i figuren til venstre. Anta i første omgang at det ikke er friksjon mellom veggen og ballen. Hva er da snordraget S og normalkraften N fra veggen?

- | | |
|---|--------------------------------------|
| A) $S = Mg \frac{L + R}{\sqrt{L(L + 2R)}}$ | $N = Mg \frac{R}{\sqrt{L(L + 2R)}}$ |
| B) $S = Mg \frac{L + R}{\sqrt{R(L + 2R)}}$ | $N = Mg \frac{R}{\sqrt{R(L + 2R)}}$ |
| C) $S = Mg \frac{2L + R}{\sqrt{L(L + 2R)}}$ | $N = Mg \frac{2R}{\sqrt{L(L + 2R)}}$ |
| D) $S = Mg \frac{2L + R}{\sqrt{R(L + 2R)}}$ | $N = Mg \frac{2R}{\sqrt{R(L + 2R)}}$ |



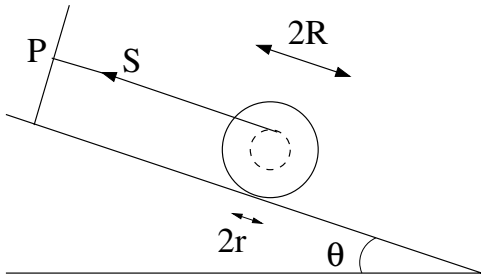
(Tips 1: Forlengelsen av snora må passere gjennom ballens tyngdepunkt B. Hvorfor?)

Tips 2: Vurder om uttrykkene for S og N er rimelige hvis snora er veldig lang, $L \gg R$.)

b) Hvor stor må den statiske friksjonskoeffisienten μ (minst) være for at ballen skal kunne henge med snor-festet på toppen, som vist i figuren til høyre?

- A) $\mu \geq \tan \alpha$ B) $\mu \geq 1$ C) $\mu \geq R/L$ D) $\mu \geq 0.5$

Oppgave 3: Sluresnelle



Ei snelle – to hjul med radius R forbundet med en aksling med radius r – ligger på et skråplan med helningsvinkel θ . Ei snor er vikla om akslingen, og strukket parallellt med skråplanet til et feste-punkt P på oversiden av det lille hjulet. Snellas treghetsmoment om akslingen er I , massen er M , statisk friksjonskoeffisient mot skråplanet er μ_s , og kinetisk friksjonskoeffisient er μ_k , der $\mu_k < \mu_s$.

a) Hva er maksimal helningsvinkel θ_0 uten at snella glir (slurer) nedover skråplanet?

A) $\theta_0 = \arctan [\mu_s (1 + R/r)]$ B) $\theta_0 = \arccos [\mu_s (1 + R/r)]$

C) $\theta_0 = \arctan [\mu_s (1 + r/R)]$ D) $\theta_0 = \arccos [\mu_s (1 + r/R)]$

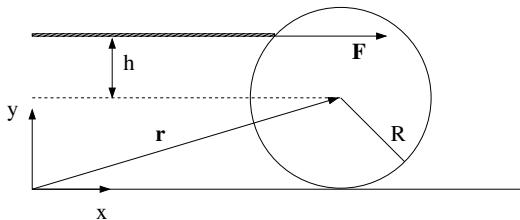
b) Hva er snordraget S når $\theta = \theta_0$?

A) $S = Mg\mu_s(r/R) \cos \theta_0$ B) $S = Mg\mu_s(r/R) \sin \theta_0$

C) $S = Mg\mu_s(R/r) \cos \theta_0$ D) $S = Mg\mu_s(R/r) \sin \theta_0$

Oppgave 4: Elementær snooker

Snooker er en krevende sport, og fordrer at spilleren har et godt praktisk grep på kulers tyngdepunktsbevegelse og rotasjon, friksjonskreftenes rolle, samt resultatet av elastiske støt mellom kuler. Her skal vi ta for oss en "enkel" problemstilling som likevel er en god illustrasjon av den relativt subtile mekanikk som kommer til anvendelse på snookerbordet.



Situasjonen vi skal se på er som følger: Snookerkula med masse M og radius R får et kraftig, men kortvarig støt av en horisontal kø. Vi legger et koordinatsystem xyz med origo på bordflata og xy -planet lik vertikalplanet gjennom kulas massesenter.

Køen er rettet i x -retning og treffer kula (som ligger i ro) i xy -planet med en kraft F i x -retning. Treffpunktet er i høyden h over massesenteret (eller under, hvis $h < 0$), se figuren. Kinetisk friksjonskoeffisient mellom snookerkula og bordflata er μ_k .

Støtet er så kraftig og er over på så kort tid at vi under selve støtet kan neglisjere innvirkningen av friksjonskraften fra snookerbordet. *Etter* støtet derimot, vil friksjonskraften f spille en viktig rolle for kulas fortsatte bevegelse. Vi antar for enkelthets skyld at kraften F er konstant i støtets korte varighet Δt .

a) Det kortvarige støtet gir kula en impuls $\Delta p = F \Delta t$, som resulterer i at massesenteret får starthastigheten V_0 . Det kortvarige støtet gir også kula en dreieimpuls $\Delta L = \tau \Delta t$, som resulterer i at kula starter opp med vinkelhastigheten ω_0 . Hva blir sammenhengen mellom V_0 og ω_0 ?

A) $V_0 = \frac{2h^2}{5R} \cdot \omega_0$

B) $V_0 = \frac{5h^2}{2R} \cdot \omega_0$

C) $V_0 = \frac{5R^2}{2h} \cdot \omega_0$

D) $V_0 = \frac{2R^2}{5h} \cdot \omega_0$

b) Hva er betingelsen for at vi allerede fra første øyeblikk får ren rulling? Dvs, i hvilken høyde h_0 må køen treffe snookerkula?

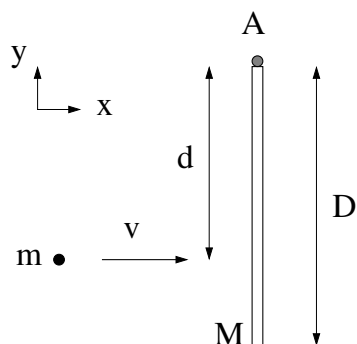
A) $h_0 = R/5$ B) $h_0 = 2R/5$ C) $h_0 = 3R/5$ D) $h_0 = 4R/5$

c) For andre verdier enn h_0 av treffhøyden h (også kalt "støtparameteren") vil snookerkula i begynnelsen gli på bordet samtidig som den roterer. Hvilken absoluttverdi og retning vil friksjonskraften f , fra bordet på kula, ha i denne fasen, dersom $h > h_0$?

A) $f = \mu_k Mg$ mot venstre. B) $f = \mu_k Mg$ mot høyre.

C) $f = 2\mu_k Mg/5$ mot venstre. D) $f = 2\mu_k Mg/5$ mot høyre.

Oppgave 5: Kollisjon mellom tynn stav og lita kule



En tynn stav med lengde D og masse M kan rotere friksjonsfritt om sin ene ende (A). Ei kule med masse m og hastighet v kolliderer fullstendig uelastisk med staven i avstand d fra A. Kula kan her regnes som en punktmasse.

a) Hva er treghetsmomentet I til systemet stav + kule etter sammenstøtet, mhp aksens gjennom A (normalt planet)?

A) $md^2 + MD^2/3$ B) $(m + M)D^2/3$
 C) $md^2 + MD^2/12$ D) $(m + M)D^2/12$

b) Hva er systemets impuls p_i før sammenstøtet?

A) 0 B) $mv\hat{x}$ C) $(m + M)v\hat{x}$ D) $(m + M)v(d/D)\hat{x}$

c) Hva er systemets dreieimpuls L_i mhp A før sammenstøtet?

- A) 0 B) $mvd\hat{z}$ C) $(m + M)v d\hat{z}$ D) $(m + M)v(d + D)\hat{z}$

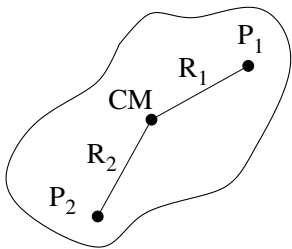
d) Hva er systemets dreieimpuls $\mathbf{L}_f$ mhp A umiddelbart etter sammenstøtet?

- A) 0 B) $mvd\hat{z}$ C) $(m + M)v d\hat{z}$ D) $(m + M)v(d + D)\hat{z}$

e) Hva er systemets vinkelhastighet ω umiddelbart etter sammenstøtet?

- A) $\hat{x} mvd/(md^2 + MD^2/12)$ B) $\hat{x} mvd/(md^2 + MD^2/3)$
 C) $\hat{z} mvd/(md^2 + MD^2/12)$ D) $\hat{z} mvd/(md^2 + MD^2/3)$

Oppgave 6: Mer om I og L



a) For legemet i figuren er $R_1 = R_2$, og CM angir tyngdepunktet. Treghetsmomentene om parallelle akser gjennom CM, P_1 og P_2 er hhv I_0 , I_1 og I_2 . (Punktene CM, P_1 og P_2 ligger alle i papirplanet, og de tre aksene står normalt på papirplanet.) Da er

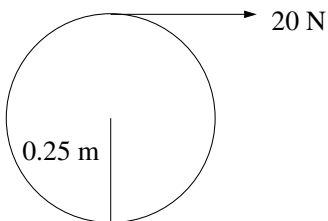
- A) $I_0 = I_1 = I_2$.
 B) $I_0 > I_1 = I_2$.
 C) $I_0 < I_1 = I_2$.
 D) $I_0 < I_1 < I_2$.



b) Du kjører en liten personbil rett østover fra Trondheim og holder omtrent fartsgrensen på 90 km/h. Hva er da bilens dreieimpuls relativt Oslo sentrum, sånn omtrent, angitt i SI-enheter?

- A) Eksakt null.
 B) 10^5 .
 C) 10^{10} .
 D) 10^{20} .

<http://www.kaosdesign.no/photogallery.htm>



c) Ei tynn, masseløs snor er trukket rundt en slipestein med radius 0.25 m. Steinen kan rotere friksjonsfritt om symmetriaksen. En konstant kraft på 20 N i snora får steinen til å øke vinkelhastigheten fra null til 60 rad/s på 12 sekunder. Da er slipesteinens treghetsmomentet, i enheten kg m^2 ,

- A) 1.00.
 B) 3.00.
 C) 5.00.
 D) 7.00.

Oppgave 7: Svingninger

En kloss med masse m er festet til ei (masseløs) fjær med fjærkonstant k . Fjæra er festet til en vegg i sin venstre ende. Klossen kan gli uten friksjon på et horisontalt underlag. Bevegelsen blir startet (ved $t = 0$) ved å dra klossen fra likevektsposisjonen $x = 0$ mot høyre til posisjon x_0 og gi den en hastighet v_0 mot høyre. Klossen utfører deretter harmoniske svingninger beskrevet ved $x(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi)$ der $\omega_0 = 2\pi/T$ er vinkelfrekvensen, T er perioden og ϕ er en fasekonstant.

a) Hva er perioden T for denne harmoniske svingningen?

- A) $2\pi\sqrt{k/m}$ B) $\sqrt{k/m}$ C) $2\pi\sqrt{m/k}$ D) $\sqrt{m/k}$

b) Hva er amplituden A for denne harmoniske svingningen?

- A) $\sqrt{x_0^2 + (v_0/\omega_0)^2}$ B) $x_0 / \cos(\arctan(v_0/x_0\omega_0))$
C) Både A og B er riktige svar D) Verken A eller B er riktige svar

c) Hva er fasekonstanten ϕ for denne harmoniske svingningen?

- A) $-\arctan(v_0/x_0\omega_0)$ B) $\arccos(1/\sqrt{1 + mv_0^2/kx_0^2})$
C) Både A og B er riktige svar D) Verken A eller B er riktige svar

d) Hva er systemets totale mekaniske energi E ?

- A) $kx_0^2/2$ B) $mv_0^2/2$ C) $kx_0^2/2 + mv_0^2/2$ D) 0

e) Vi kunne alternativt ha skrevet løsningen på formen $x(t) = B \cos \omega_0 t + C \sin \omega_0 t$. Hva blir da de to koeffisientene B og C ?

- A) $B = v_0/\omega_0$ og $C = x_0$ B) $B = x_0$ og $C = v_0/\omega_0$ C) $B = C = x_0$ D) $B = C = v_0/\omega_0$

f) Hva blir svingebevegelsens maksimale utsving og maksimale hastighet dersom $m = 100$ g, $k = 10$ N/m, $x_0 = 1.0$ cm og $v_0 = 10$ cm/s.

- A) 1.4 cm og 14 cm/s B) 1.4 m og 14 m/s
C) 14 m og 1.4 m/s D) 14 cm og 1.4 cm/s

g) Svingesystemet dreies 90 grader slik at massen m henger vertikalt i tyngdefeltet. Med hvilken vinkelfrekvens ω vil massen nå svinge opp og ned?

- A) $\omega = \omega_0$ B) $\omega = 2\omega_0$ C) $\omega = 3\omega_0$ D) $\omega = 4\omega_0$

h) Figuren viser utsvinget

$$x(t) = x_0 e^{-t/\tau} \cos \omega t,$$

eller rettere sagt $x(t)/x_0$, for en dempet harmonisk svingning. Omtrent hvor stort er produktet $\omega\tau$ mellom vinkelfrekvensen og den "karakteristiske tiden" for dempingsforløpet?

- A) 0.022
- B) 1.7
- C) 14
- D) 45

