FY1001/TFY4109/TFY4145. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2015.
Øving 5. Veiledning: 28. september - 1. oktober.

Oppgave 1: Parry People Movers

Energien i en tung roterende skive ("flywheel"; svinghjul) kan utnyttes til å drive en trikk eller buss framover og oppover, som et alternativ til eksterne strømførende ledninger, bensin eller gass. I en *Parry People Movers* trikk benyttes kompakte stålskiver på 500 kg, diameter 1 m, og rotasjonshastighet opp mot 2500 rpm ("revolutions per minute"). I spørsmålene nedenfor antar vi maksimal rotasjonshastighet, der det er relevant.

http://www.parrypeoplemovers.com/products.htm

a) Hva er svinghjulets treghetsmoment I_0 mhp hjulets sylinderakse (dvs en akse sammenfallende med akslingen)?

A) 62.5 kg m^2 B) $62.5 \cdot 10^3$ kg m^2 C) $62.5 \cdot 10^{-3}$ kg m^2 D) $62.5 \cdot 10^5$ kg m^2

b) Hva er svinghjulets omløpstid (periode) ?

A) 2.4 s B) 0.24 s C) 24 ms D) 24 μs

c) Hva er svinghjulets vinkelhastighet?

A) 0.417 s^{-1} B) 2.62 s^{-1} C) 41.7 s^{-1} D) 262 s^{-1}

d) Hva er svinghjulets kinetiske energi?

A) 0.59 Wh B) 0.59 kWh C) 59 Wh D) 59 kWh

e) Hva er svinghjulets dreieimpuls?

A) 4.61 Js B) 16.4 Js C) 4.61 kJs D) 16.4 kJs

Oppgave 2: Idrett og treghetsmoment

(Bruk resultatene i Frivillig ekstraoppgave side 4. Slå opp tallverdier eller gjør rimelige estimater.)

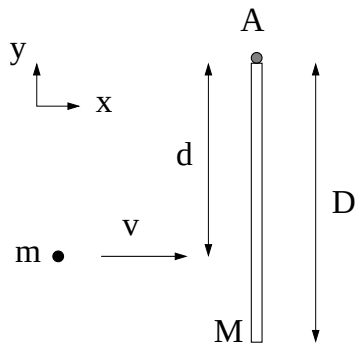
a) Hva er treghetsmomentet til en bordtennisball mhp en akse gjennom CM?

A) $7.2 \cdot 10^{-5}$ kg m^2 B) $7.2 \cdot 10^{-7}$ kg m^2 C) $7.2 \cdot 10^{-9}$ kg m^2 D) $7.2 \cdot 10^{-11}$ kg m^2

b) Hva er treghetsmomentet til ei friidrettskule (for menn) mhp en akse gjennom CM?

A) 10 kg m^2 B) 1.0 kg m^2 C) 0.10 kg m^2 D) 0.010 kg m^2

Oppgave 3: 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 $\boldsymbol{v}$ 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 aksen 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 $\boldsymbol{p}_i$ 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 $\boldsymbol{L}_i$ mhp A før sammenstøtet?

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

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

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

e) Hva er systemets vinkelhastighet $\boldsymbol{\omega}$ 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) $\hat{z}\, mvd/(md^2 + MD^2/3)$

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

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

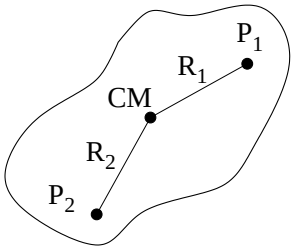
g) For hvilken verdi av d er $p_f = p_i$?

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 4: Mer om I og L



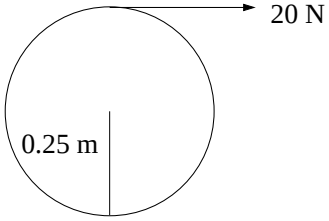
a) For legemet i figuren er $R_1 = R_2$, og CM angir tyngdepunktet. Treghetsmomentene om parallelle akser gjennom CM, P_1 og P_2 er hhv I_0, I_1 og I_2. (Punktene CM, P_1 og P_2 ligger alle i papirplanet, og de tre aksene står normalt på papirplanet.) Da er

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

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

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}.



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.

Frivillig ekstraoppgave: I_0 for kuleskall og kompakt kule

Vis at $I_0 = 2MR^2/3$ for et tynt kuleskall og at $I_0 = 2MR^2/5$ for ei kompakt kule.

Tips, kuleskall: Del opp kuleskallet i tynne ringer med omkrets $2\pi R \sin\theta$ og "bredde" $R\,d\theta$, dvs masse $dm = MdA/A = M \cdot 2\pi R \sin\theta \cdot R\,d\theta/4\pi R^2$, og "legg sammen" (dvs integrer). Tegn figur! Du kan få bruk for $\sin^3 x = (3/4)\sin x - (1/4)\sin 3x$.

Tips, kompakt kule: Del opp kula i tynne kuleskall med radius r, tykkelse dr, og dermed masse $dm = MdV/V = M \cdot 4\pi r^2 dr/(4\pi R^3/3)$, og "legg sammen" (dvs integrer). Tegn figur!