Institutt for fysikk

Eksamensoppgave i FY1001 Mekanisk fysikk

Eksamensdato: 01.12.2023

Eksamenstid (fra-til): 09:00-13:00

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: Hjelpemiddelkode C. Bestemt, enkel kalkulator; Rottmann: Matematisk formelsamling; Angell og Lian: Fysiske størrelser og enheter.

Faglig kontakt under eksamen: Knut Bjørkli Rolstad
Tlf.: 99 444 263 / 735 59 203

Faglig kontakt møter i eksamenslokalet: JA (ca. 11:00)

ANNEN INFORMASJON:

Skaff deg overblikk over oppgavesettet før du begynner på besvarelsen din.

Les oppgavene nøye, gjør dine egne antagelser og presiser i besvarelsen hvilke forutsetninger du har lagt til grunn i tolkning/avgrensing av oppgaven. Faglig kontaktperson kontaktes kun dersom det er direkte feil eller mangler i oppgavesettet. Henvend deg til en eksamensvakt hvis du mistenker feil og mangler. Noter spørsmålet ditt på forhånd.

Denne eksamenen tillater ikke bruk av håndtegninger. Har du likevel fått utdelt skanne-ark, er dette en feil. **Arkene vil ikke bli akseptert for innlevering, og de vil derfor heller ikke sendes til sensur.**

Vekting av oppgavene: Alle oppgaver teller likt. 1 poeng for riktig svar, 0 poeng for feil svar.

Varslinger: Hvis det oppstår behov for å gi beskjeder til kandidatene underveis i eksamen (f.eks. ved feil i oppgavesettet), vil dette bli gjort via varslinger i Inspera. Et varsel vil dukke opp som en dialogboks på skjermen. Du kan finne igjen varselet ved å klikke på bjella øverst til høyre.

Trekk fra/avbrutt eksamen: Blir du syk under eksamen, eller av andre grunner ønsker å levere blankt/avbryte eksamen, gå til "hamburgermenyen" i øvre høyre hjørne og velg «Lever blankt». Dette kan ikke angres selv om prøven fremdeles er åpen.

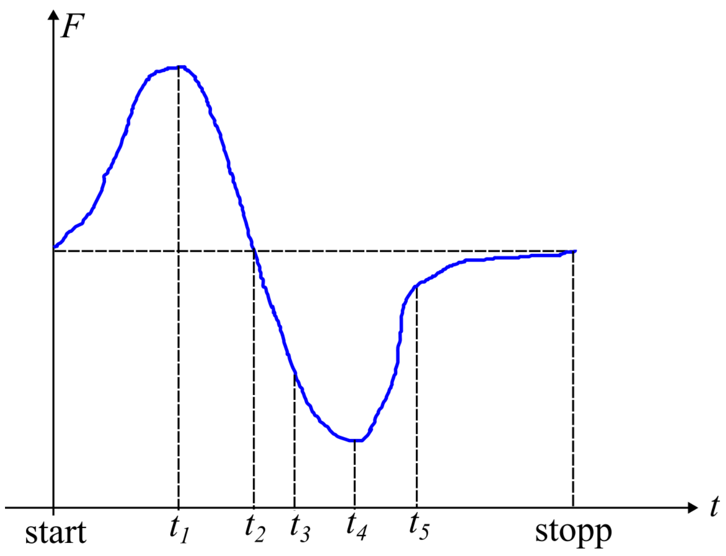
Tilgang til besvarelse: Etter eksamen finner du besvarelsen din i arkivet i Inspera. Merk at det kan ta én virkedag før eventuelle håndtegninger vil være tilgjengelige i arkivet.

1 Hvor mange $\mathrm{m/s^2}$ tilsvarer en akselerasjon på $1,0\ \mathrm{km/h^2}$?
Velg ett alternativ:

- ○ $2,8\ \mathrm{m/s^2}$
- ○ $0,28\ \mathrm{m/s^2}$
- ○ $3,6\ \mathrm{m/s^2}$
- ○ $7,7 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{m/s^2}$
- ○ $1,3 \cdot 10^{4}\ \mathrm{m/s^2}$

Maks poeng: 1

2 En person står på en elektronisk badevekt inne i en heis. Heisen starter i ro i 1. etasje ved $t = 0$, og beveger seg så loddrett opp til 2. etasje der den stanser. Grafen under viser den målte krafta F på badevekta fra personen som funksjon av tid.



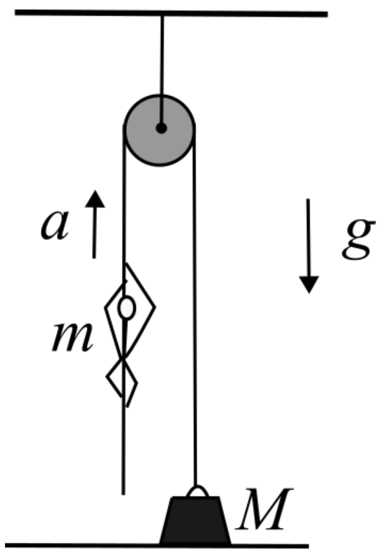
Ved hvilket av tidspunktene $t_1, \ldots, t_5$ er absoluttverdien til heisens fart maksimal?

Velg ett alternativ:

- t_1
- t_2
- t_3
- t_4
- t_5

Maks poeng: 1

3 En akrobat med masse m klatrer oppover et masseløst tau som løper over en friksjonsfri trinse festet i taket. Den andre enden av tauet er festet til et lodd med masse M som hviler på gulvet. Tyngdeakselerasjonen er g. Se figuren under.



Hva er den største akselerasjonen a som akrobaten kan ha oppover tauet før loddet løfter seg fra gulvet?

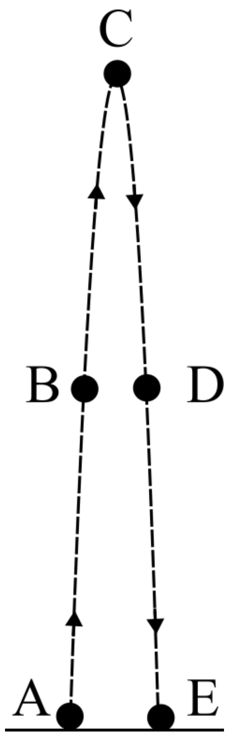
Velg ett alternativ:

- $a = \frac{M-m}{m} g$
- $a = \frac{M-m}{M+m} g$
- $a = \frac{M-m}{M} g$
- $a = \frac{M+m}{m} g$
- $a = \frac{M}{M+m} g$

Maks poeng: 1

4 En ball kastes loddrett oppover med en viss startfart v_0 i punkt A, kommer til et høyeste punkt C og faller ned igjen til utgangspunktet. Det virker en luftmotstand $\vec{f} = -Dv^2 \cdot \hat{v}$ på ballen. Tyngdeakselerasjonen g kan antas konstant under ballens bevegelse.

Figuren under viser ballen i 5 ulike punkter A-E i banen (bevegelsen er rettlinjet, men banen er tegnet svakt parabelformet for å lettere identifisere ulike punkt i banen).

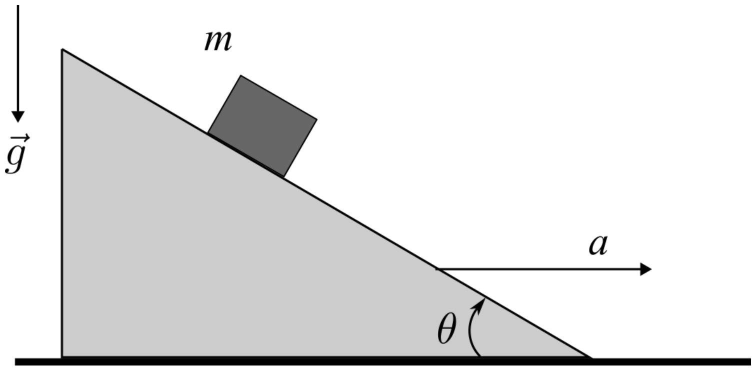


I hvilket punkt er ballens akselerasjon størst?
Velg ett alternativ:

- A (like etter at ballen er kastet)
- B (midtveis til toppen, på vei opp)
- C (toppunktet)
- D (midtveis til toppen, på vei ned)
- E (like før ballen er tilbake til utgangspunktet)

Maks poeng: 1

5 En kloss med masse m ligger på et friksjonsfritt skråplan med helningsvinkel θ. Skråplanet skyves mot høyre bortover et horisontalt underlag med konstant akselerasjon a, som er slik at klossen **ligger i ro** på skråplanet mens det beveger seg bortover. Tyngdeakselerasjonen er g. Se figuren under.



Hva er akselerasjonen a til skråplanet mot høyre?

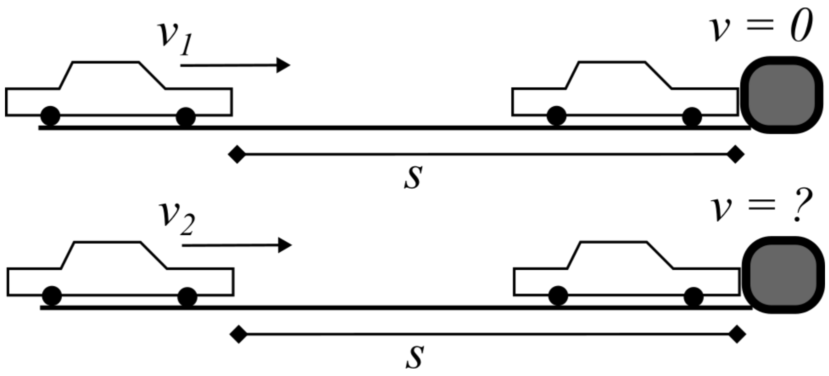
Velg ett alternativ:

- $a = g \cdot \frac{1}{\sin\theta + \cos\theta}$
- $a = g \tan\theta$
- $a = g \cdot \frac{1}{\tan\theta}$
- $a = g \cdot \sqrt{1 + \tan^2\theta}$
- $a = g \sin\theta$

Maks poeng: 1

6 En bilfører som kjører på en rett, horisontal veg, bråbremser for en hindring som befinner seg en strekning s foran bilen. Bilen klarer **akkurat** å stoppe før bilen treffer hindringen fra en hastighet på $v_1 = 70 \text{ km/h}$.

Hvor stor fart v vil den samme bilen treffe hindringen med fra en startfart $v_2 = 80 \text{ km/h}$ når strekningen s er den samme? Friksjonskraften på bilen kan antas konstant og identisk i de to situasjonene, som er illustrerte på figuren under.

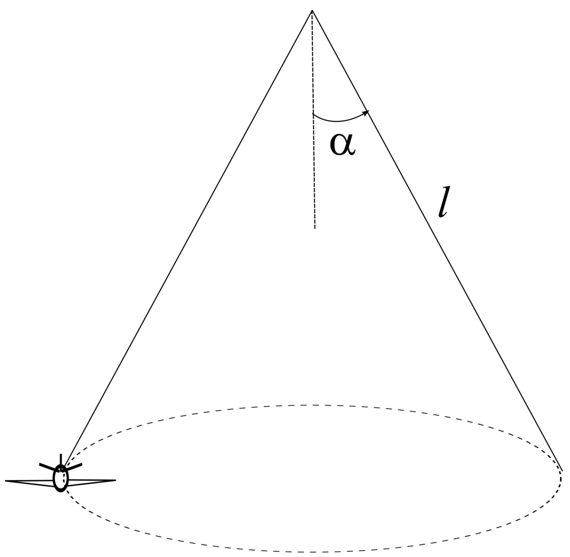


Velg ett alternativ

- $v = 11 \text{ km/h}$
- $v = 13 \text{ km/h}$
- $v = 39 \text{ km/h}$
- $v = 50 \text{ km/h}$
- $v = 75 \text{ km/h}$

Maks poeng: 1

7 Et lekefly er festet i taket med en lett snor med lengde l, og beveger seg i en horisontal sirkel med konstant banefart. Snora danner en vinkel α med vertikalen. Se figuren under.



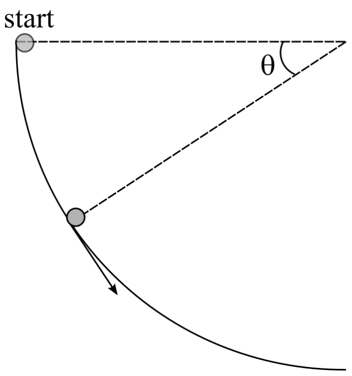
Bestem vinkelen α dersom rundetiden til flyet er T.

Velg ett alternativ:

- $\arccos(\frac{1}{4\pi^2}\frac{gT^2}{l})$
- $\arctan(\frac{1}{4\pi^2}\frac{gT^2}{l})$
- $\arcsin(\frac{1}{4\pi^2}\frac{gT^2}{l})$
- $\arctan(\frac{gT^2}{l})$
- $\arccos(\frac{gT^2}{l})$

Maks poeng: 1

8 Et legeme glir ned en halvsirkelformet bane uten friksjon. På figuren under er θ vinkelen mellom legemet og horisontalen etter hvert som det glir nedover banen. Legemet slippes med null startfart i punktet der $\theta = 0$.



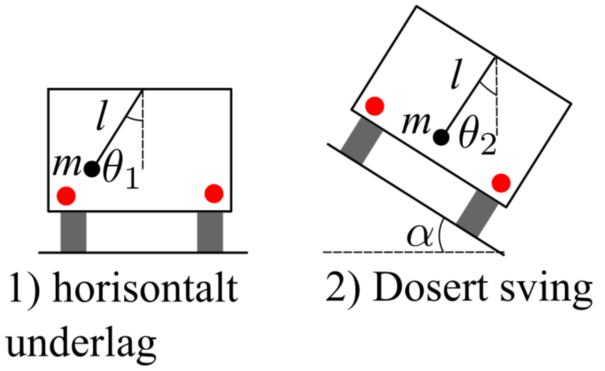
For hvilken verdi av θ er absoluttverdien av legemets akselerasjon maksimal?

Velg ett alternativ:

- $\theta = 0$ (startpunktet)
- $\theta = 37^\circ$
- $\theta = 45^\circ$
- $\theta = 57^\circ$
- $\theta = 90^\circ$ (laveste punktet)

Maks poeng: 1

9 Inne i en bil er det hengt opp en punktmasse m i en masseløs snor. Bilen kjører med konstant fart v gjennom en sirkelformet sving med radius R i to ulike tilfeller, som vist på figuren under:



1) Horisontalt underlag. Her danner snora en vinkel θ_1 med vertikalen.
2) Den samme svingen dosert med doseringsvinkel α. Her danner snora en vinkel θ_2 med vertikalen.

Snoras lengde $l \ll R$, og vi kan neglisjere bilens høyde/bredde, dvs. punktmassen hindres ikke av bilens sidevegger.

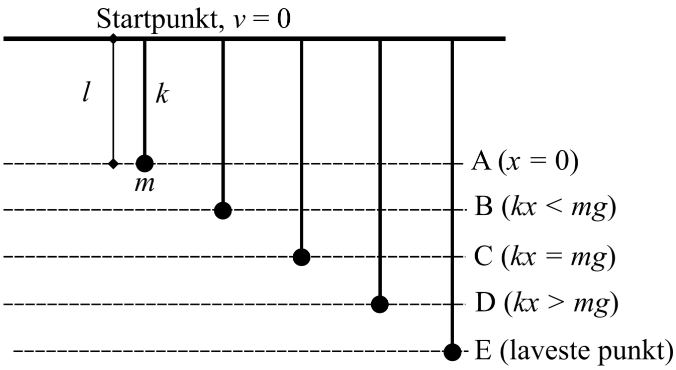
Hva er forholdet mellom vinklene θ_1 og θ_2 (figuren over angir **ikke** nødvendigvis det riktige forholdet)?
Velg ett alternativ:

- $\theta_2 = \theta_1$
- $\theta_2 = \theta_1 + \alpha$
- $\theta_2 = \theta_1 - \alpha$
- $\theta_2 = \theta_1 + 2\alpha$
- $\theta_2 = \theta_1 - 2\alpha$

Maks poeng: 1

10 *Denne oppgaven inneholder to deloppgaver som omhandler samme problemstilling, men som kan besvares uavhengig av hverandre.*

Figuren viser fem ulike punkter i et strikkhopp, der en person med masse m slipper seg fra ro og faller loddrett nedover. Strikken kan antas å følge Hookes lov med fjærkonstant k, og har lengden l i ustrukket/slapp tilstand. Forlengelsen av strikken er x. Vi ser bort fra luftmotstand i hele denne oppgaven.



a) I hvilket punkt er absoluttverdien av hopperens fart v maksimal?
Velg ett alternativ:

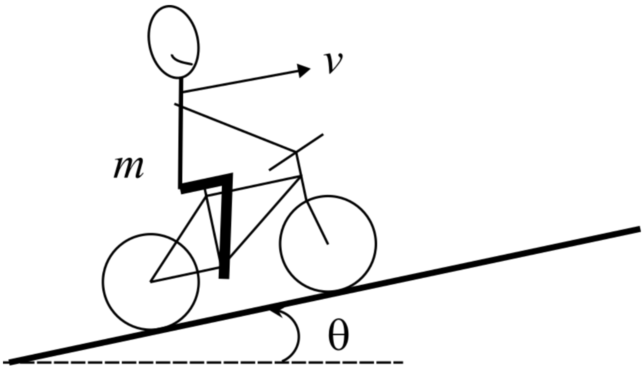
- A
- B
- C
- D
- E

b) I hvilket punkt er absoluttverdien av hopperens akselerasjon maksimal?
Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

Maks poeng: 2

11 En syklist sykler oppover en bakke med helningsvinkel $\theta = 10°$ med konstant fart $v = 10\ \mathbf{km/h}$. Farten er såpass lav at luftmotstand kan neglisjeres. Sykkelen med syklisten oppå har en total masse $m = 80\ \mathbf{kg}$. Se figuren under.



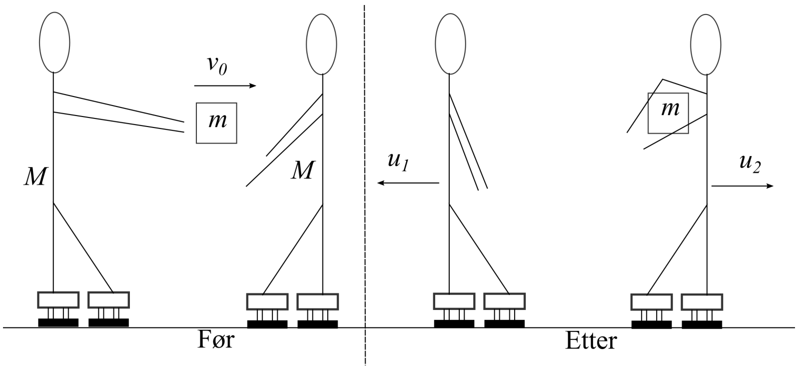
Bestem effekten P som syklisten må produsere for å holde en konstant fart oppover bakken.

Velg ett alternativ:

- $P = 0,14\ \mathrm{kW}$
- $P = 1,4\ \mathrm{kW}$
- $P = 0,38\ \mathrm{kW}$
- $P = 0,78\ \mathrm{kW}$
- $P = 0,078\ \mathrm{kW}$

Maks poeng: 1

12 To skøyteløpere med identisk masse M står i ro ovenfor hverandre, og kan gli helt friksjonsfritt på isen. Den ene skøyteløperen kaster en pakke med masse m med en horisontal utgangsfart på v_0, som den andre tar imot og holder fast i. Se figuren under.



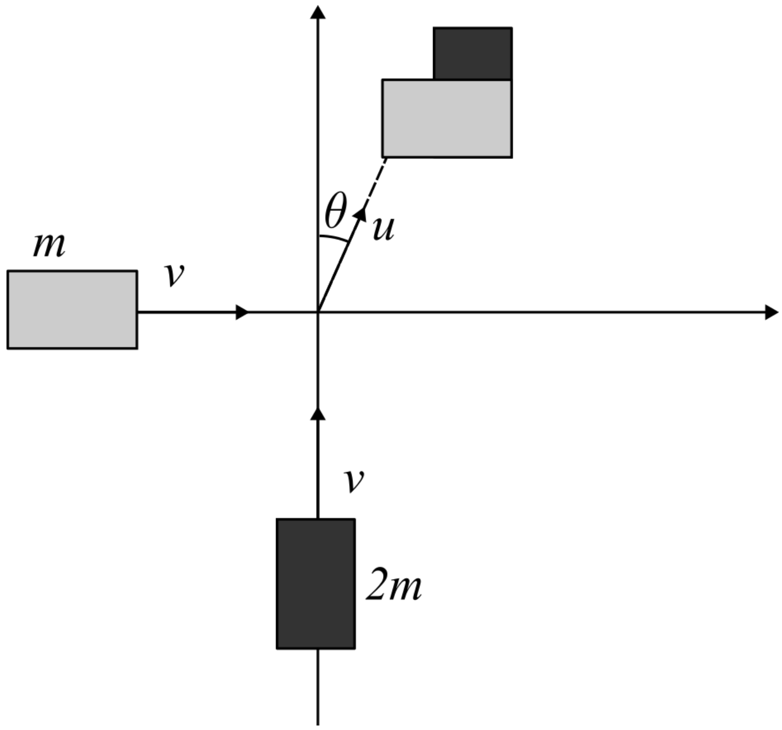
Hvor raskt glir skøyteløperne fra hverandre etter at den andre har tatt imot pakken, dvs. hva er absoluttverdien av relativhastigheten $|u_2| - |u_1|$ mellom de to løperne? All bevegelse kan antas å foregå langs en rett linje.

Velg ett alternativ:

- $\frac{2M}{m} v_0$
- $\left(\frac{m}{M+m} + \frac{m}{M}\right) v_0$
- $\frac{m}{2M} v_0$
- $\left(\frac{M+m}{M-m}\right) v_0$
- $\left(\frac{M-m}{M+m}\right) v_0$

Maks poeng: 1

13 En bil med masse m og fart v kjører østover inn mot et bilkryss, der den kolliderer med en bil med masse $2m$ og fart v som kjører nordover inn mot krysset. De to bilene blir hengende sammen rett etter kollisjonen. Se figuren under.



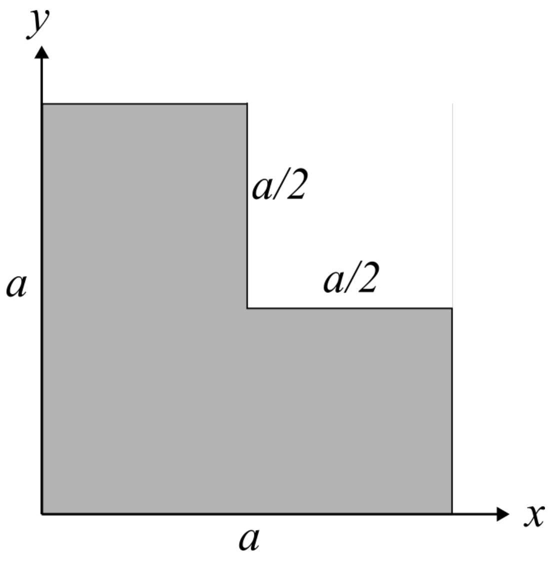
Bestem absoluttverdien av den felles farten u til bilene etter støtet, samt vinkelen θ mellom farten og positiv y -akse. Bilene kan ansees som punktmasser.

Velg ett alternativ:

- $u = \frac{\sqrt{5}}{3}v,\ \theta = 63°$
- $u = \frac{\sqrt{2}}{2}v,\ \theta = 60°$
- $u = \sqrt{2} \cdot v,\ \theta = 45°$
- $u = \frac{\sqrt{5}}{3}v,\ \theta = 27°$
- $u = 2v,\ \theta = 45°$

Maks poeng: 1

14 Fra en jevntykk kvadratisk plate med sidekanter a skjæres det vekk en kvadratisk del med sider $a/2$ fra det ene hjørnet. Se figuren under.



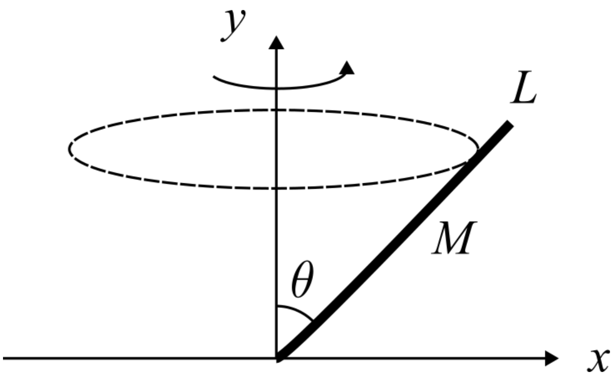
Bestem koordinatene til massesenteret for det resulterende legemet, i forhold til et origo plassert i platas nederste venstre hjørne (vist på figur). [Hint: Massesenteret for resulterende legeme + bortskjært del = massesenter for opprinnelig kvadrat.]

Velg ett alternativ:

- $x_{\text{CM}} = \frac{1}{3}a,\ y_{\text{CM}} = \frac{2}{3}a$
- $x_{\text{CM}} = \frac{1}{4}a,\ y_{\text{CM}} = \frac{3}{4}a$
- $x_{\text{CM}} = y_{\text{CM}} = \frac{5}{12}a$
- $x_{\text{CM}} = \frac{5}{12}a,\ y_{\text{CM}} = \frac{7}{12}a$
- $x_{\text{CM}} = y_{\text{CM}} = \frac{1}{3}a$

Maks poeng: 1

15 En tynn stang med masse M og lengde L som danner en vinkel θ med positiv y-akse, kan rotere om y-aksen. Se figuren under.



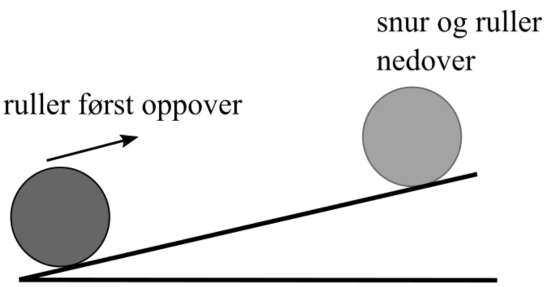
Bestem treghetsmomentet I til stanga om rotasjonsaksen. [Hint: Bruk definisjonen av treghetsmoment for punktpartikkel, og integrer over stanga.]

Velg ett alternativ:

- $I = \frac{1}{3}ML^2 \cos^2\theta$
- $I = \frac{1}{3}ML^2 \tan^2\theta$
- $I = \frac{1}{3}ML^2 \sin^2\theta$
- $I = \frac{1}{3}ML^2 \sin\theta$
- $I = \frac{1}{2}ML^2$

Maks poeng: 1

16 En massiv, homogen sylinder ruller uten å gli oppover et skråplan, til den stopper opp og ruller nedover igjen. Se figuren under.



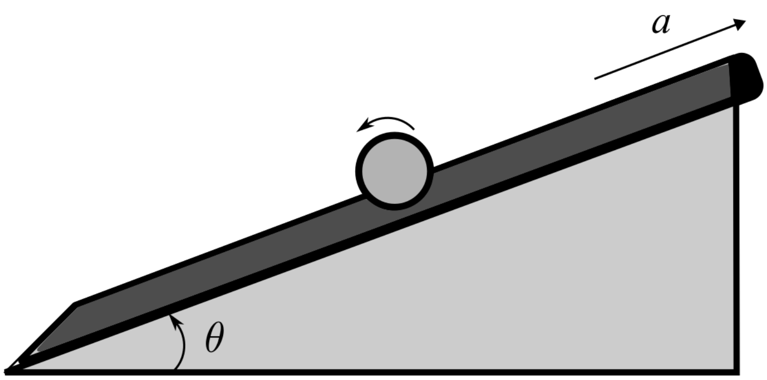
Hvilken påstand er riktig?

Velg ett alternativ

- ○ Friksjonskraften fra underlaget på sylinderen har retning oppover langs skråplanet under hele bevegelsen.
- ○ Friksjonskraften fra underlaget på sylinderen endrer retning i løpet av bevegelsen.
- ○ Friksjonskraften fra underlaget på sylinderen er under hele bevegelsen større enn tyngdekraften på sylinderen.
- ○ Sylinderens akselerasjon endrer fortegn i punktet der den snur.
- ○ Sylinderens akselerasjon er null i punktet der den snur.

Maks poeng: 1

17 En tredemølle (et skråstilt transportbånd) kan innstilles slik at et punkt på båndet har en viss lineærakselerasjon i forhold til en observator som står i ro ved siden av tredemølla. En massiv sylinder med masse m og radius r plasseres oppå båndet mens det er i ro, og så settes båndet på tredemølla i gang med konstant akselerasjon a. Se figuren under.



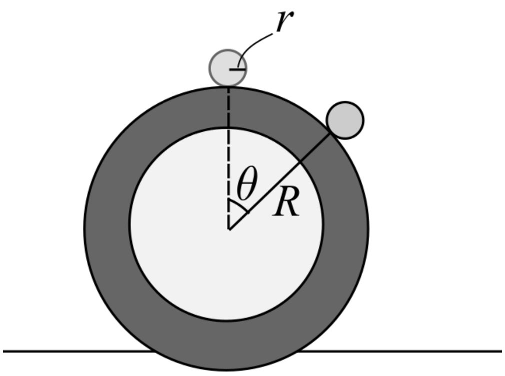
Hva må akselerasjonen a være for at sylinderen skal bli stående og rotere "på stedet hvil", dvs. rotere uten at den flytter seg oppover eller nedover skråplanet? Det er tilstrekkelig friksjon til at sylinderen ruller uten å gli hele tiden.

Velg ett alternativ:

- $\frac{1}{2}g\tan\theta$
- $g\sin\theta$
- $2g\tan\theta$
- $2g\sin\theta$
- $g\tan\theta$

Maks poeng: 1

18 En liten, massiv sylinder med radius r ligger i ro på toppen av et sirkulært rør med ytre radius R. Sylinderen begynner så å rulle uten å gli utenpå røret. Røret ligger hele tiden helt i ro, og lengdeaksen til sylinderen som ruller er hele tiden parallell med røret. Se figuren under.



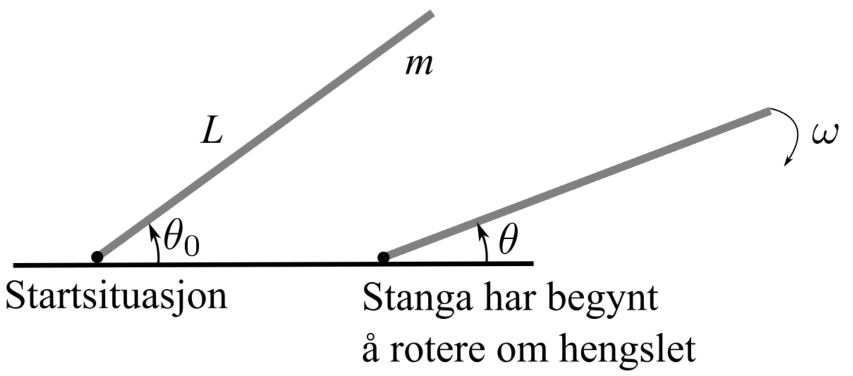
Her er $r \ll R$, slik at bevegelsen til sylinderens massesenter kan behandles som en punktpartikkel i avstand R fra rørets sentrum.

Hva er vinkelen θ på figuren idet sylinderen mister kontakten med røret og faller av?
Velg ett alternativ:

- $\theta = 55°$
- $\theta = 44°$
- $\theta = 33°$
- $\theta = 22°$
- $\theta = 66°$

Maks poeng: 1

19 En tynn stang med lengde L og masse m er hengslet og kan rotere friksjonsfritt om den ene enden. Ved $t = 0$ danner stanga en vinkel θ_0 (der $0 < \theta_0 < \pi/2$) med horisontalen i det den slippes fra ro. Se figuren under.



Hva er stangas vinkelfart ω når vinkelen mellom stanga og horisontalen er θ?

Velg ett alternativ:

- $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}\sin(\theta_0 - \theta)}$
- $\omega = \sqrt{\frac{3g}{L}\frac{\tan\theta}{\tan\theta_0}}$
- $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}(\cos\theta - \cos\theta_0)}$
- $\omega = \sqrt{\frac{3g}{L}(\cos\theta - \cos\theta_0)}$
- $\omega = \sqrt{\frac{3g}{L}(\sin\theta_0 - \sin\theta)}$

Maks poeng: 1

20 En pulsar er en ekstremt hurtigroterende nøytronstjerne, som vi modellerer som et massivt, kuleformet objekt med konstant massetetthet. Pulsaren roterer om en akse gjennom massesenteret.

Astronomer observerer av og til en såkalt "glitch", som er en plutselig økning eller reduksjon i nøytronstjernas rotasjonsperiode forårsaket av et "stjerneskjelv" der stjernas **radius** plutselig endrer seg.

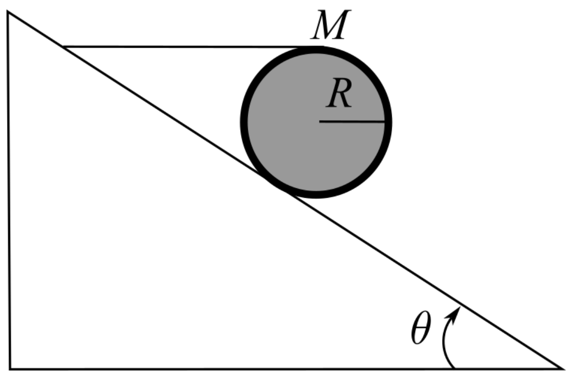
Hvor stor blir den prosentvise endringen i nøytronstjernas periode dersom radius endrer seg med 0,10 %? [Hint: Prosentvis endring = (sluttverdi-startverdi)/startverdi. Det virker ingen ytre dreiemoment på nøytronstjerna, så dreieimpulsen er bevart i et "stjerneskjelv".]

Velg ett alternativ:

- 0,20 %
- 0,50 %
- 1,0 %
- 2,0 %
- 10 %

Maks poeng: 1

21 En homogen sylinder med radius R og masse M holdes i ro på et skråplan med helningsvinkel θ av en horisontal snor som er festet til det øverste punktet på sylinderen. Det virker friksjon mellom sylinderen og underlaget. Se figuren under.



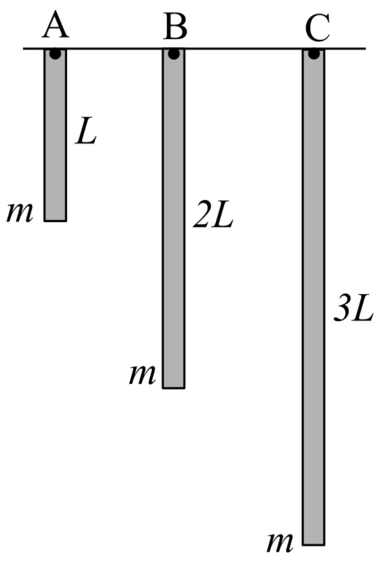
Bestem snordraget S når sylinderen er i ro. [Hint: Se på dreiemomentene om sylinderens berøringspunkt med underlaget.]

Velg ett alternativ:

- $S = \frac{1}{1+\tan\theta} Mg$
- $S = Mg\cos\theta$
- $S = \frac{1}{2} Mg$
- $S = \frac{\sin\theta}{1+\cos\theta} Mg$
- $S = Mg\tan\theta$

Maks poeng: 1

22 Tre pendler A, B og C består av tynne, jevntykke stenger med samme masse m, og lengder hhv. L, $2L$ og $3L$ som svinger i et vertikalt plan med små utslag om den ene enden. Se figuren under.

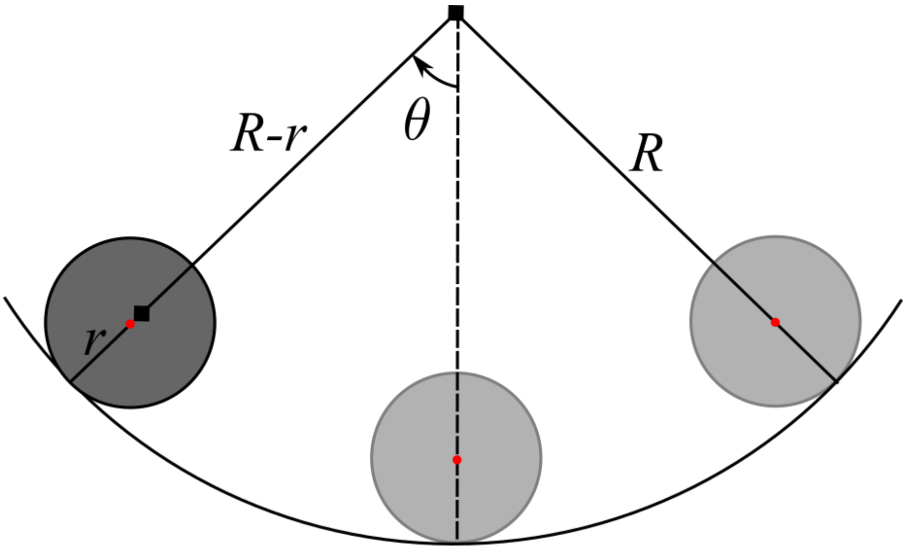


Hvilken påstand er riktig om størrelsesforholdet mellom svingetidene T_A, T_B og T_C til de tre pendlene?
Velg ett alternativ:

- $T_A = T_B = T_C$
- $T_A > T_B > T_C$
- $T_C > T_B > T_A$
- $T_C > T_A > T_B$
- $T_C > T_B > T_A$

Maks poeng: 1

23 En massiv sylinder med radius r som ruller uten å gli fram og tilbake inne i et hult rør med sirkelformet tverrsnitt og radius R, vil for små vinkelutslag θ svinge harmonisk om bunnpunktet dersom vi neglisjerer alle former for tap. Røret ligger helt i ro mens sylinderen svinger fra side til side. Se figuren under.



Hva blir vinkelfrekvensen ω_0 for svingningene til sylinderen? [Hint: Sett opp et uttrykk for sylinderens mekaniske energi og bruk $\frac{dE}{dt} = 0$. For små vinkler er $\sin\theta \approx \theta$.]

Velg ett alternativ:

- $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{3}\frac{g}{R-r}}$
- $\omega_0 = \sqrt{\frac{5}{7}\frac{g}{R-r}}$
- $\omega_0 = \sqrt{\frac{7}{5}\frac{g}{R-r}}$
- $\omega_0 = \sqrt{\frac{2}{3}\frac{g}{R-r}}$
- $\omega_0 = \sqrt{\frac{3}{2}\frac{g}{R-r}}$

Maks poeng: 1

24 En kloss som svinger i en masseløs fjær på et horisontalt underlag i et kar med vann, utgjør et svakt dempet svingesystem med dempingskoeffisient $\gamma = \omega_0/10$. Ved $t = 0$ trekkes klossen til startamplitude A og slippes fra ro.

Hvor stor prosentandel mekanisk energi mister systemet i løpet av den første perioden, dvs. fra $t = 0$ til $t = T$? [Hint: For en svakt dempet svingning er vinkelfrekvensen $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \approx \omega_0$.]

Velg ett alternativ:

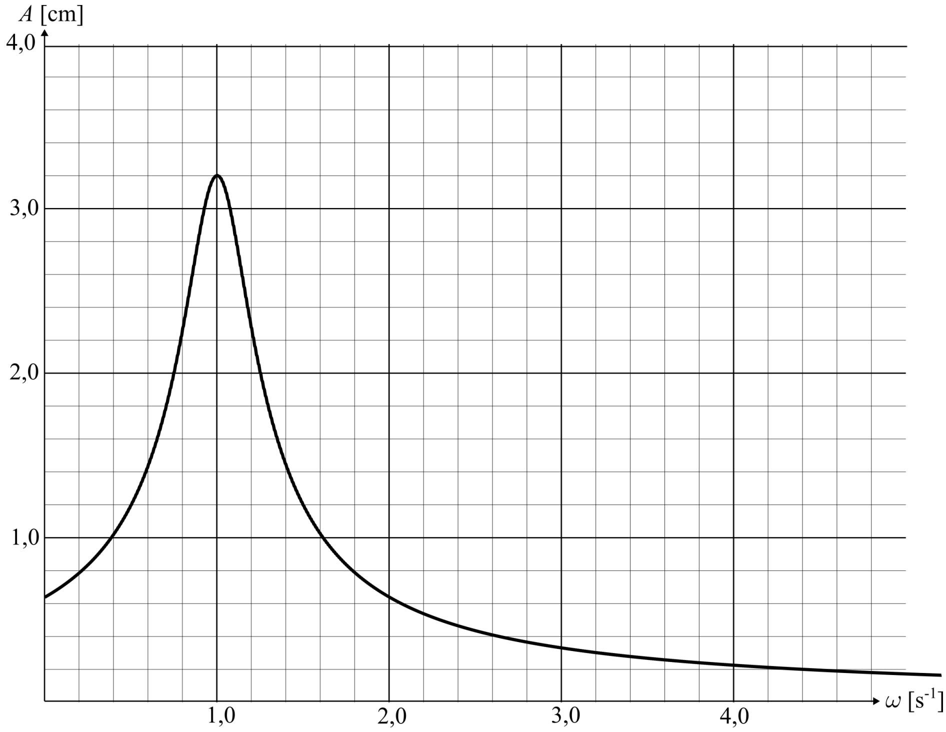
- 5,2 %
- 10 %
- 50 %
- 67 %
- 72 %

Maks poeng: 1

25 Et tvunget, dempet svingesystem som påvirkes av en periodisk ytre kraft er beskrevet av differensiallikningen

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = F_0 \sin(\omega t).$$

Systemets resonanskurve $A(\omega)$ er vist på figuren under:



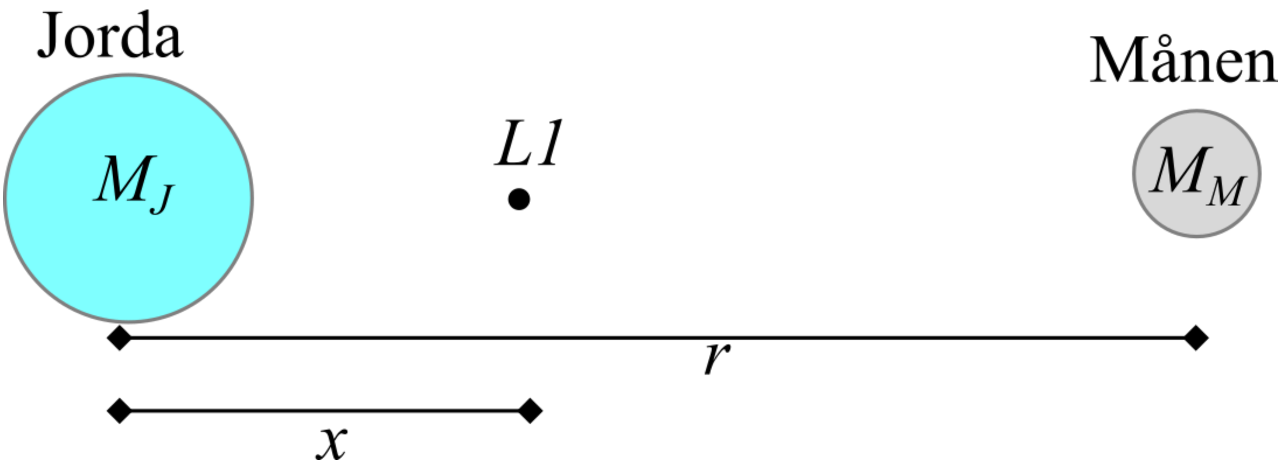
Bruk figuren til å estimere systemets Q-faktor.

Velg ett alternativ:

- $Q \approx 0,1$
- $Q \approx 1$
- $Q \approx 10$
- $Q \approx 10^2$
- $Q \approx 10^3$

Maks poeng: 1

26 Dersom vi ser bort fra påvirkning fra andre himmellegemer, finnes det et såkalt Lagrangepunkt L1 mellom Jorda og Månen der tyngdekreftene fra de to legemene på en punktmasse i punktet er like store. Se figuren under.



Massen til Jorda og Månen er hhv. M_J og M_M, og masseforholdet mellom Jorda og Månen kan settes lik $M_J/M_M = 81$.

Dersom senteravstanden Jorda-Månen er r, hvor langt fra Jordas senter ligger L1 (avstanden x på figuren)?

Velg ett alternativ:

- $x = \frac{3}{4}r$
- $x = \frac{2}{3}r$
- $x = \frac{4}{5}r$
- $x = \frac{1}{2}r$
- $x = \frac{9}{10}r$

Maks poeng: 1

27 En kuleformet planet med radius R og konstant massetetthet ρ roterer med konstant rotasjonshastighet om en akse gjennom planetens sentrum.

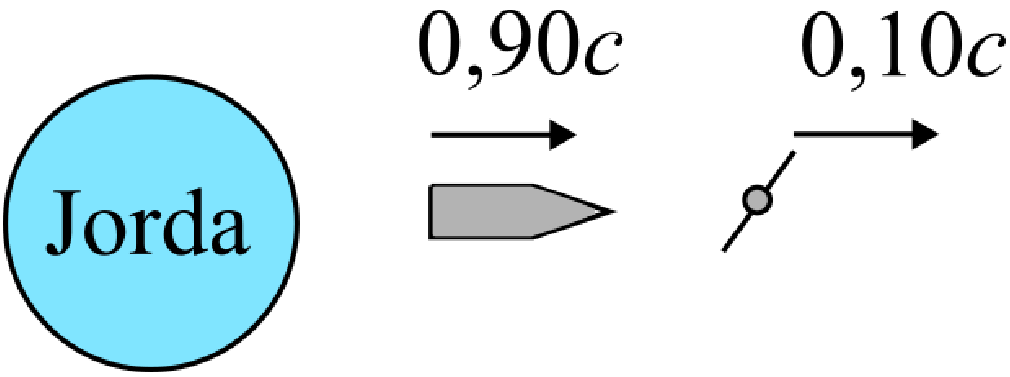
Hva er den minste perioden T_{min} planetens egenrotasjon kan ha før et legeme plassert på planetens ekvator blir slengt ut i verdensrommet?

Velg ett alternativ:

- $T_{\text{min}} = \sqrt{\frac{3\pi^2}{G\rho}}$
- $T_{\text{min}} = \sqrt{\frac{4\pi^2}{G\rho}}$
- $T_{\text{min}} = \sqrt{\frac{3}{\pi G\rho}}$
- $T_{\text{min}} = \sqrt{\frac{4\pi}{G\rho}}$
- $T_{\text{min}} = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$

Maks poeng: 1

28 Et romskip med fart $0,90c$ i forhold til Jorda skyter ut en satellitt med fart $0,10c$ i forhold til romskipet. Se figuren under.



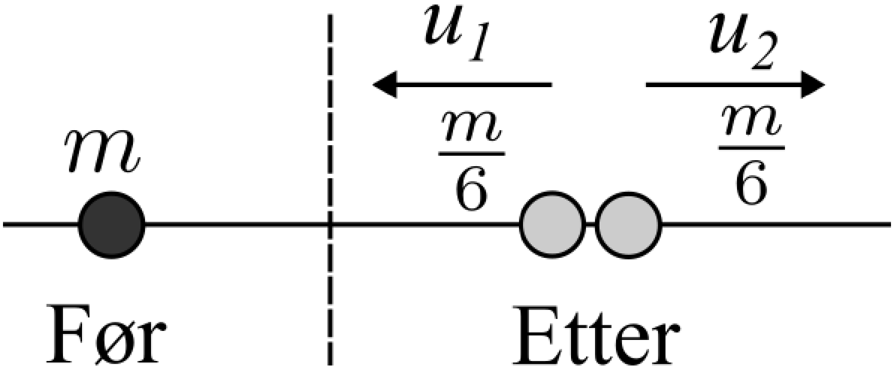
Hva er satellittens fart i forhold til Jorda?

Velg ett alternativ:

- $0,50c$
- $0,92c$
- $0,95c$
- $1,0c$
- $0,99c$

Maks poeng: 1

29 En partikkel med masse m som i utgangspunktet er i ro, spaltes spontant til 2 identiske partikler, hver med masse $\frac{m}{6}$. Se figuren under.



Hva blir hastigheten til de to partiklene etter spaltingen, i forhold til labsystemet?

Velg ett alternativ:

- $u_1 = u_2 = 0,94c$
- $u_1 = 0,40c,\ u_2 = 0,60c$
- $u_1 = u_2 = 0,98c$
- $u_1 = u_2 = 0,40c$
- $u_1 = 0,90c,\ u_2 = 0,94c$

Maks poeng: 1