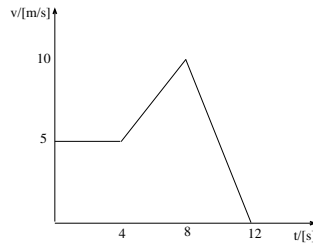
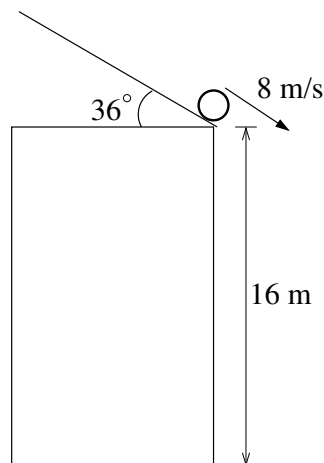


1) En drone beveger seg rettlinjet langs positiv x -akse med hastighet $v_x(t)$ som vist i figuren. Hvor langt forflytter dronen seg fra utgangsposisjonen i $x(t=0)$ i løpet av tiden $t=12$ s?



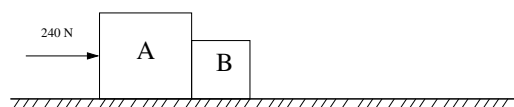
- A) 10 m B) 30 m C) 50 m D) 70 m E) 90 m

2) En snøball ruller nedover et hustak i midtbyen, og forlater kanten av taket med hastighet $v=8$ m/s. Dersom du ser bort fra luftmotstand, hvor langt ut fra kanten av taket treffer snøballen bakken?



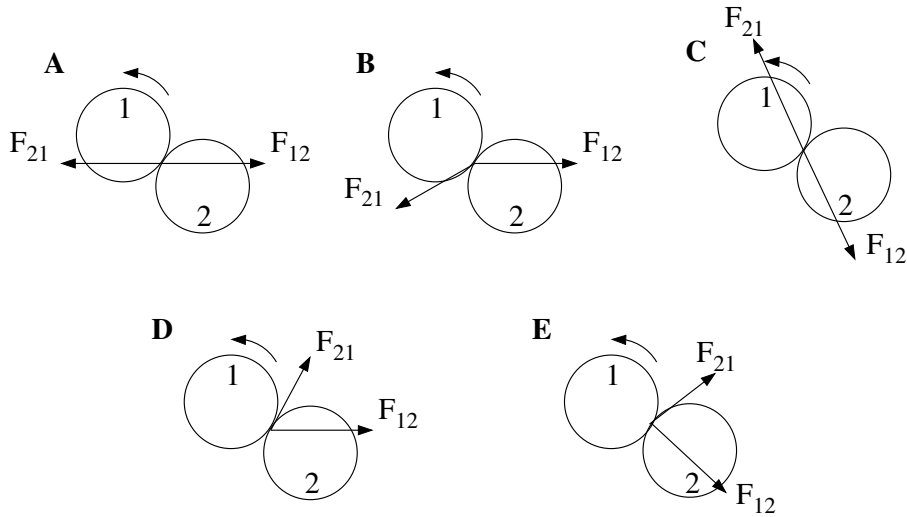
- A) 2.5 m B) 5.2 m C) 9.0 m D) 10.5 m E) 12.0 m

3) To klosser med masse $m_A=24$ kg og $m_B=8$ kg ligger i kontakt med hverandre på et horisontalt friksjonsfritt underlag. En horisontal kraft på 240 N skyver på klossesystemet. Hvor stor er kraften som virker fra kloss A på kloss B?



- A) 60 N B) 80 N C) 120 N D) 180 N E) 240 N

4) Curlingsten 1 støter mot sten 2 som vist i figuren. Rett før støtet har sten 1 hastigheten v_1 rettet mot høyre, og vinkelhastighet ω_1 rettet mot klokka, mens $v_2 = \omega_2 = 0$. Friksjonskoeffisienten mellom stenene $\mu > 0$. Hvilken av figurene gir et riktig bilde av kreftene som virker mellom stenene i støtøyeblikket? (F_{ij} symboliserer kraft fra sten i på sten j)



- A) A B) B C) C D) D E) E

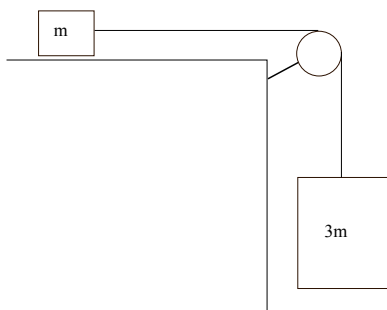
5) Et lodd med masse $m = 7.5$ kg ligger i ro på et horisontalt underlag. En fjær med fjærkonstant $k = 150$ N/m er festet i toppen av loddet, og denne er strukket ut 15 cm i forhold til likevektsposisjonen, slik at det virker en kraft vertikalt oppover fra fjæra på klossen. Hvor stor blir kraften på loddet fra underlaget?

- A) 101.4 N B) 73.6 N C) 51.1 N D) 42.3 N E) 39.0 N

6) En kloss med masse 3 kg ligger på et skråplan. Statisk friksjonskoeffisient mellom kloss og skråplan er 0.3. Hva er maksimal helningsvinkel på skråplanet uten at klossen skal begynne å gli?

- A) 9.5° B) 11.3° C) 14.0° D) 16.7° E) 23.1°

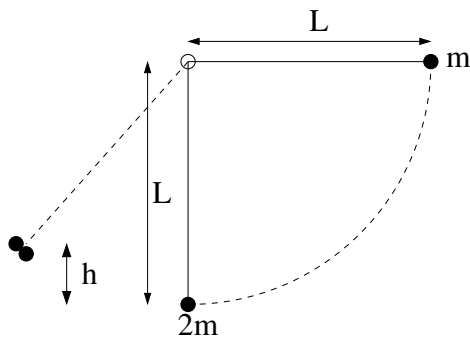
7)



To masser m og $3m$ er festet i hver sin ende av ei snor som går over ei trinse, se figuren. Snor og trinse er masseløse, og vi ser bort fra friksjon. Massen $3m$ slippes uten starthastighet. Hva er dens hastighet når den har falt en høyde h ?

- A) $\sqrt{2gh}$ B) $\sqrt{3gh/2}$ C) \sqrt{gh}
 D) $\sqrt{3gh}$ E) $\sqrt{6gh}$

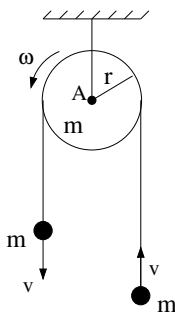
8)



To kuler, med masse m og $2m$, er hengt opp i samme punkt med tynne, vektløse snorer med lik lengde L . Kula med masse m trekkes ut til snora er horisontal og slippes. Den svinger nedover og treffer den andre kula i et sentralt støt. Betrakt kulene som punktmasser slik at snorene er vertikale når kollisjonen skjer. Anta at kollisjonen er fullstendig uelastisk. Hvor høyt kommer kulene etter kollisjonen?

- A) L B) $L/3$ C) $L/4$ D) $L/6$
 E) $L/9$

9)



Oppsettet i figuren består av to små kuler, hver med masse m , forbundet med ei vektløs snor som er lagt over ei skive med masse m og radius r . Skiva har treghetsmoment $I_0 = mr^2/2$ med hensyn på en akse gjennom tyngdepunktet (A), normalt på skiva. Det er tilstrekkelig friksjon mellom snora og skiva til at snora ikke glir. Hva er systemets (to lodd pluss skive) totale dreieimpuls L_A mhp punktet A i skivas sentrum?

- A) $mr v/2$ B) $3mr v/2$ C) $5mr v/2$
 D) $7mr v/2$ E) $9mr v/2$

10) En bil i rettlinjet horisontal bevegelse akselererer med 2.5 m/s^2 . En liten masse på 250 g henger i ei 1 m lang snor fra taket i bilen. Hvilken vinkel danner snora i forhold til vertikalen?

- A) 0° , rett ned B) 7.2° , mot fartsretningen C) 14.3° , mot fartsretningen
 D) 35° , mot fartsretningen E) 14.3° , med fartsretningen

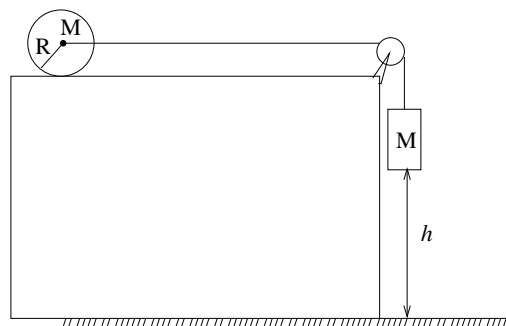
11) Ei kompakt kule med masse M og massetetthet ρ_k senkes ned i en viskøs væske med massetetthet ρ_v og slippes ved tiden $t = 0$ uten starthastighet. Tettheten til kula er stor nok til at denne synker/faller i væska. Under fallet virker både en oppdrift og en laminær viskøs friksjon på kula fra væska. Væskfriksjonen kan uttrykkes på formen $f = -bv$, mens oppdriftskraften tilsvarer tyngden av den væska kula fortrenger. Hva blir uttrykket for kulas hastighet som funksjon av tiden, $v(t)$?

- A) $v(t) = \frac{Mg}{b} \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_k}\right) (\exp(-\frac{b}{M}t) - 1)$ B) $v(t) = \frac{Mg}{b} \left(1 + \frac{\rho_v}{\rho_k}\right) (1 - \exp(-\frac{b}{M}t))$
 C) $v(t) = \frac{M}{b} \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_k}\right) (1 - \exp(-\frac{b}{Mg}t))$ D) $v(t) = \frac{Mg}{b} \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_k}\right) (1 - \exp(-\frac{b}{M}t))$
 E) $v(t) = \frac{Mg}{b} (1 - \exp(-\frac{b}{M}t))$

12) En skive som er i ro, settes i rotasjon med en konstant vinkelakselerasjon α . I det øyeblikket skiva har gjort 10 omdreininger nås vinkelhastigheten ω . Hvor mange nye omdreininger må til for å nå en vinkelhastighet på 2.5ω ?

- A) 25 omdreininger B) 44 omdreininger C) 53 omdreininger D) 60 omdreininger
E) 76 omdreininger

Ei kompakt kule med masse M , radius R og treghetsmoment $\frac{2}{5}MR^2$, ligger i ro på et horisontalt underlag (se figur). Kula kan rotere fritt om en akse gjennom dens massesenter, i høyde R fra underlaget. Rotasjonsaksen er festet til et snorsystem på en slik måte at den ikke vrir seg. Den andre enden av snora er festet til en annen masse M , som henger fritt. Snora, som antas masseløs og stram hele tiden, løper over en friksjons- og masseløs trinse. I oppsettet antar vi at friksjon mellom underlaget og kula kan varieres. I oppgave 13-16 skal vi se på ulike tilfeller, og for hvert av disse ønsker vi å bestemme translasjonsakselerasjonen, a .



13) Det er ingen friksjon mellom kule og underlag. Hva blir akselerasjonen a ?

- A) g B) $0.7g$ C) $0.5g$ D) $0.3g$ E) $0.1g$

14) Det er stor nok friksjon mellom kule og underlag til at kula ruller uten å glippe mot underlaget (rein rulling). Hva blir akselerasjonen a ?

- A) $3g/4$ B) $g/2$ C) $2g/5$ D) $5g/12$ E) $g/3$

15) Koeffisientene for statisk og kinematisk friksjon er $\mu_s = \mu_k = 0.1$, som ikke er stor nok til å oppnå ren rulling for kula (dvs. sluring). Hva blir akselerasjonen a ?

- A) $0.5g$ B) $0.45g$ C) $0.4g$ D) $0.35g$ E) $0.3g$

16) Dersom vi antar at den totale mekaniske energien er bevart, hvor stor andel av den totale kinetiske energien utgjør rotasjonen i oppgave 14?

- A) $1/6$ B) $5/18$ C) $1/3$ D) $5/12$ E) $1/2$

17) I Rutherfords klassiske atommodell går elektronene i sirkelbaner rundt en sentral kjerne, med Coulombkrafta fra kjernen som en sentripetalakselererende kraft på elektronet. Elektronets kinetiske energi kan uttrykkes $K = kZe^2/r$ der $k = 4.5 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, Z e kjerneladningen, e elektronets ladning og r baneradien. Siden krafta fra kjernen er anti-parallel med elektronets radielle avstand, gir den ikke noe kraftmoment på elektronene. Bohrs modell er en kvantisert utgave av Rutherfordmodellen, hvor mulige elektronbaner er begrenset til et diskret sett, der elektronets dreieimpuls er kvantisert (og bevart) til å anta verdier $L_n = n\hbar$, hvor $n = 1, 2, 3, \dots$ er det såkalte hovedkvantetallet, og \hbar er den reduserte Planckkonstanten (se formelvedlegg).

Ta utgangspunkt i Bohrs modell, og finn uttrykk for elektronets tillatte baneradier for Hydrogenatomet ($Z=1$). Hva blir forholdet mellom radiene r_2/r_1 for de to laveste energinivene gitt ved $n = 1$ og $n = 2$?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

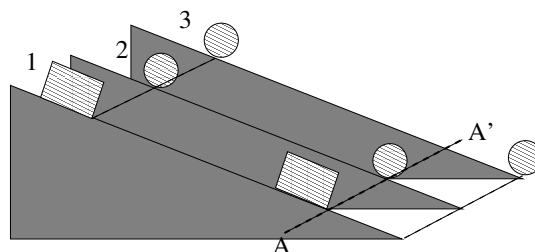
18) I et enmotors småfly er propellakslingens rotasjon slik at dreieimpulsen peker rett fremover langs fartretningen. Dersom flyet svinges til venstre, vil det

- A) svinge helt ordinært. Dreieimpulsen fra propellakslingen har ingen innvirkning på svingningen.
 B) svinge raskere enn når det svinger mot høyre.
 C) svinge langsommere enn når det svinger mot høyre.
 D) begynne å stige.
 E) begynne å stupe.

19) To masser m og $4m$ ligger på et friksjonsfritt bord på hver sin side av en oppspent fjær. Idet fjærlåsen åpnes, skyves de to massene ut horisontalt i motstående retninger. Hvordan fordeler den potensielle energien i fjæra seg til kinetisk energi for de to massene?

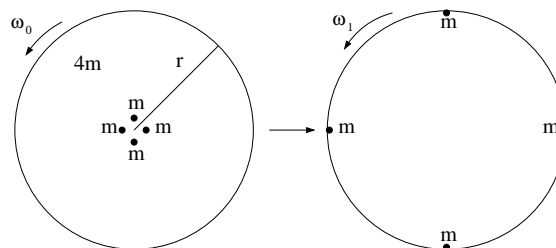
- A) 50% på hver av massene B) 30% på m , 70% på $4m$ C) 20% på m , 80% på $4m$
 D) 70% på m , 30% på $4m$ E) 80% på m , 20% på $4m$

20) Figuren illustrerer en kloss (legeme 1), og to sylindersymmetriske legemer (2 og 3) på identiske skråplan. De tre legemene har lik masse. Klossen glir på skråplanet, og de to sylindersymmetriske legemene ruller uten å gli eller slure. Det er ingen rullefriksjon/rullemotstand. De tre legemene slippes samtidig, fra samme høyde, med null starthastighet. Legeme 3 får størst fart nedover skråplanet, mens legeme 1 og 2 får samme fart, som indikert i figuren. Vi betrakter legemenes totale kinetiske energi, K , idet de passerer linja markert A-A' i figuren. Ranger energiene K_1 , K_2 og K_3 for henholdsvis legeme 1, 2 og 3.



- A) $K_1 < K_2 = K_3$ B) $K_1 = K_2 < K_3$ C) $K_1 < K_2 < K_3$ D) $K_1 = K_2 = K_3$
 E) $K_1 > K_2 = K_3$

21) Fire personer, hver med masse m , befinner seg helt inne ved sentrum i en karusell som roterer med vinkelhastighet ω_0 . Karusellen har masse $4m$, radius r og treghetsmoment $I_0 = 2mr^2$ (mhp rotasjonsaksen gjennom sentrum). De fire personene går så utover fra sentrum, helt ut til punkter i periferien av karusellen (se figur). Hva er nå karusellens vinkelhastighet, ω_1 ?



- A) $\frac{\omega_0}{4}$ B) $\frac{\omega_0}{3}$ C) $\frac{\omega_0}{2}$ D) $\frac{2\omega_0}{3}$ E) $2\omega_0$

22) En masse $m = 2$ kg er satt i harmoniske svingninger på et friksjonsfritt underlag, ved hjelp av en fjærkraft med fjærkonstant $k = 288$ N/m. Ved tiden $t = 0$ befinner klossens massesenter seg i en posisjon $x(t = 0) = 0.5$ m, og beveger seg med en hastighet $v_x(t = 0) = -6$ m/s. Hvilken av uttrykkene under beskriver svingesystemets utslag $x(t)$? (Alle tallverdier er i SI-enheter)

- A) $x(t) = 0.5 \sin(12 \cdot t)$ B) $x(t) = 1.0 \sin(12 \cdot t + \pi/4)$ C) $x(t) = 0.71 \sin(12 \cdot t + \pi/4)$
 D) $x(t) = 0.5 \sin(12 \cdot t + \pi/2)$ E) $x(t) = 0.71 \sin(12 \cdot t + 3\pi/4)$

23) Du ønsker å bestemme treghetsmomentet til en intrikat utformet instrumentdel om en akse som løper gjennom dens massesenter, og henger den opp i en wire som er festet i taket, slik at wiren sammenfaller med aksene gjennom massesenteret. Wiren har torsjonskonstant $D = 0.55$ Nm/rad. Du vrir wiren litt ut fra likevektsposisjonen i $\theta = 0$ der delen henger i ro, slipper denne, og registrerer 125 hele svingninger i løpet av 270 s. Hva blir treghetsmomentet til delen? (Hint: Torsjonskraften fra wiren gir dreiemoment $\tau = -D\theta$ på instrumentdelen.)

- A) 0.025 kg m² B) 0.065 kg m² C) 0.085 kg m² D) 0.105 kg m² E) 0.125 kg m²

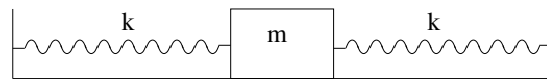
24) Siden det var litt vanskelig å stoppe klokka nøyaktig under målingene i forrige oppgave, anslås usikkerheten i antall målte periodier til å være 0.25, mens usikkerheten i tidsmålingen er 0.1 s. Hva blir den relative usikkerheten i bestemmelsen av treghetsmomentet i forrige oppgave, $\Delta I/I$, dersom usikkerheten i torsjonskonstanten $\Delta D = 0.02$ Nm/rad?

- A) 0.6 % B) 1.6 % C) 2.6 % D) 3.6 % E) 4.6 %

25) Et elektron oscillerer med en frekvens $f_0 = 6.32 \cdot 10^{14}$ Hz, med små utslag om en likevektsposisjon midt mellom to stasjonære, negative ioneladninger. Siden elektronet er akselerert, taper systemet svingenergi i form av elektromagnetisk stråling. Strålingstapet i svingesystemet kan beskrives ved hjelp av en dempningskoeffisient $b = 1.79 \cdot 10^{-22}$ kg/s. Hvor lang tid tar det før 99% av elektronets opprinnelige svingenergi er gått tapt i form av stråling? (Hint: Bruk tidsmidling over en svingeperiode)

- A) 20 ns B) 24 ns C) 47 ns D) 47 μ s E) 24 s

26) En kloss med masse $m = 2.0$ kg er festet mellom to fjærer med samme fjærkonstant $k = 3.5$ N/m, og beveger seg på et friksjonsfritt underlag. Hva blir svingeperioden til systemet?



- A) 0.65 s B) 0.89 s C) 1.21 s D) 2.33 s E) 3.36 s

Oppgave 27-29: En harmonisk transversal bølge med amplitude 1.3 cm, bølgelengde 77 cm og frekvens 119 Hz, forplanter seg i negativ x-retning på en streng spent opp med ei strekkraft på 50 N

27) Hvilken funksjon beskriver bølgens utsving fra likevekt? (Alle tall er i SI-enheter).

- A) $y(x, t) = 0.013 \cos(8.16x - 747.7t)$ B) $y(x, t) = 0.013 \sin(77x + 119t)$
 C) $y(x, t) = 0.013 \sin(8.16x + 747.7t)$ D) $y(x, t) = 0.013 \sin(77x - 119t)$
 E) $y(x, t) = 0.013 \cos(8.16x - 747.7t + \pi/2)$

28) Hva er strengens maksimale hastighet i y-retningen?

- A) 9.72 m/s B) 13.5 m/s C) 6.9 m/s D) 21.2 m/s E) 1.6 m/s

29) Hva er den lineære massetettheten til strengen?

- A) 6.0 kg/m B) 0.6 kg/m C) 60 g/m D) 6 g/m E) 0.6 g/m

30) Intensiteten til en sfærisk bølge blir målt til 8.0 W/m² i avstand 1 m fra bølgekilden. Dersom mediet bølgen forplanter seg i er isotropisk (dvs. likt i alle retninger), og bølgen forplanter seg uten tap, hva blir da intensiteten i avstand 100 m fra kilden?

- A) $6.4 \cdot 10^{-5}$ W/m² B) $1.9 \cdot 10^{-6}$ W/m² C) 8.0 W/m² D) $6.4 \cdot 10^{-4}$ W/m²
 E) $8.0 \cdot 10^{-4}$ W/m²

31) En undervannsbåt er på direkte kollisjonskurs med en innkommende torpedo. Anta at sjøen er i ro, uten strømmer. Ubåten har en hastighet på 23.8 km/h, og sender ut et sonarsignal med frekvens 1 kHz som reflekteres fra torpedoen og registreres med en frekvens på 1045 Hz i det signalet når tilbake til ubåten. Sonarsignalet har en hastighet på 1500 m/s. Hva er hastigheten på den innkommende torpedoen?

- A) 45 km/h B) 95 km/h C) 153 km/h D) 213 km/h E) 514 km/h

32) To identiske bølgekilder, lokalisert i pkt A og B som vist i figuren, sender ut bølger i fase. Avstanden mellom kildepunktene $d = 10\lambda$, hvor λ er bølgelengden for kildene. En detektor beveges i en rett linje ut fra kilden i pkt B, langs x-aksen vist i figuren. For hvilke avstander x fra pkt B vil detektoren registrere intensitetsmaksima?

- A) 2.25λ B) 7.5λ C) 10.5λ
 D) I alle de tre angitte svaralternativene A), B) og C).
 E) Ikke i noen av de angitte svaralternativene.



33) En gitarist ønsker å stemme gitaren sin ved hjelp av en frekvensgenerator (gitartuner). Den tynneste strengen skal gi en E med frekvens 329.6 Hz. I det strengen slås an, hører gitaristen en svevefrekvens på 4 Hz. Med hvor mange prosent må strekkraften som strammer E-strengen justeres?

- A) 0.6 % B) 1.2 % C) 2.4 % D) 4.8 %
 E) Det er ikke gitt nok opplysninger til å løse oppgaven.

34) Dersom det fantes en planet som hadde halvparten av jordens masse, og en radius som var halvparten av jordradien, hva ville tyngdens akselerasjon være på denne planeten?

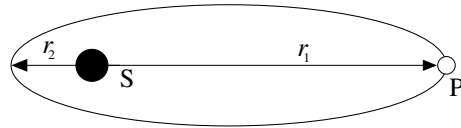
- A) $4g$ B) $2g$ C) g D) $0.5g$ E) $0.25g$

35) En satellitt med masse m går i en stasjonær bane med radius R rundt en planet med masse M , uten egenrotasjon. La $U(r \rightarrow \infty) = 0$. Hva blir satellittens totale mekaniske energi?

- A) $2GMm/R$ B) GMm/R C) $GMm/2R$ D) $-GMm/2R$ E) $-GMm/R$

36) Planeten P går i en elliptisk bane rundt stjernen S, se figur. r_1 og r_2 angir planetbanens skjæringspunkter med den horisontale akse i ellipsen, og forholdet $r_1/r_2 = 5$. Hva blir forholdet mellom de kinetiske energiene $K(r_1)/K(r_2)$?

- A) 0.04 B) 0.5 C) 1
D) 2 E) 5



37) En sfærisk symmetrisk gassplanet, med radius $R = 7.15 \cdot 10^7$ m, har en massetetthetsfordeling som kan beskrives empirisk ved uttrykket $\rho(x) = 52.2 \cdot \rho_0(3.33x^4 - 10.45x^3 + 11.82x^2 - 5.7x + 1)$, hvor $\rho_0 = 1.24 \cdot 10^3$ kg/m³ er gjennomsnittstettheten av planeten, mens $x = r/R$ betegner fraksjonsavstanden fra planetens senter i $x = 0$ til overflaten i $x = 1$. Hva blir tyngdens akselerasjon på planetens overflate?

- A) 4.7 m/s² B) 9.8 m/s² C) 19.1 m/s² D) 24.8 m/s² E) 36.5 m/s²

38) En partikkel med masse m har hastighet $0.2c$. Hva må hastigheten økes til for at den relativistiske impulsen skal bli firedoblet?

- A) $0.5c$ B) $0.59c$ C) $0.63c$ D) $0.71c$ E) $0.8c$

39) Det lengste sammenhengende opphold noen astronaut har hatt i rommet er på omlag 1.2 år. En av våre nærmeste mulig beboelige exoplaneter, Gliese 832 c, ligger ca. 16 lysår unna. Dersom du skulle reise dit med et romskip, innenfor en tid på 1.2 år målt ombord i romskipet, hvilken hastighet måtte romskipet reise med?

- A) $0.955c$ B) $0.986c$ C) $0.990c$ D) $0.997c$ E) $0.999c$

40) To partikler, m_1 med relativistisk impuls \mathbf{p}_1 , og m_2 som er i ro, kolliderer i et fullstendig uelastisk støt og danner en ny partikkel med masse m_3 . Vi kjenner alle massene, men hva blir den minste kinetiske energien m_1 må ha for at partikkelen med masse m_3 skal kunne dannes?

- A) $K \geq \frac{(m_3^2 - m_1^2 - m_2^2)c^2}{2(m_1 + m_2)}$ B) $K \geq \frac{[m_3^2 - (m_1 + m_2)^2]c^2}{2m_2}$ C) $K \geq \frac{(m_3^2 - m_1^2 - m_2^2)c^2}{2m_2}$
D) $K \geq (m_3 - m_1 - m_2)c^2$ E) $K \geq m_3c^2$