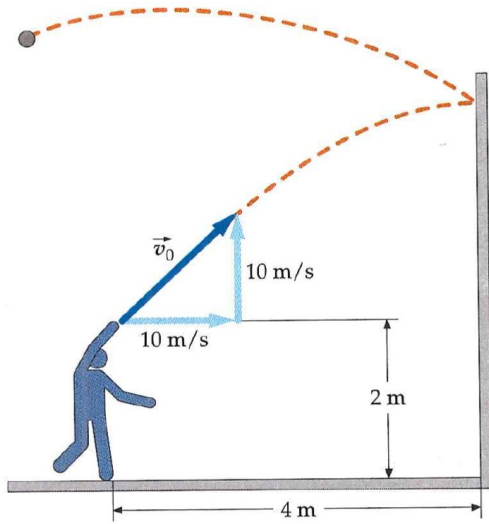


1) Et legeme som beveger seg med konstant hastighet 4.0 m/s i positiv x -retning, utsettes for en midlertidig akselerasjon 3.0 m/s² i positiv y -retning i 2 sekunder. Hva blir legemets slutt hastighet?

- A) -2.0 m/s B) 3.2 m/s C) 6.0 m/s D) 7.2 m/s E) 10.0 m/s

2)



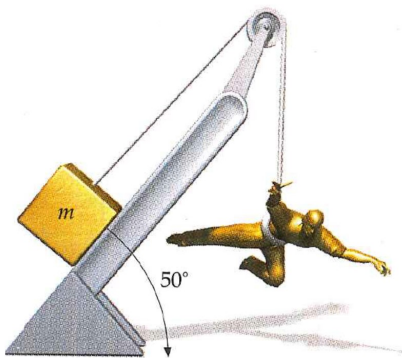
Ei jente kaster en ball mot en vertikal vegg, $\parallel \hat{y}$. Ballen er 2 m over bakken og 4 m fra veggen idet den forlater hånden med en starthastighet $v_0 = v_{x0}\hat{x} + v_{y0}\hat{y}$, hvor $v_{x0} = v_{y0} = 10$ m/s. Støtet mellom ball og vegg er fullstendig elastisk, og vi ser bort fra luftmotstand. Hvor langt fra veggen treffer ballen bakken?

- A) 8.2 m B) 10.2 m C) 18.2 m
D) 12.2 m E) 28.2 m

3) Et modellfly med masse $m = 0.4$ kg er festet i en line, og flyr i en horisontal sirkelbane med radius 5.7 m, hvor det gjør 1.2 hele omløp hvert andre sekund. Tyngden av flyet balanseres av aerodynamisk oppdrift på flyvingene, så nettokraften på flyet har ingen vertikalkomponent. Hva er snordraget på flyet fra lina?

- A) 32.4 N B) 24.4 N C) 16.4 N D) 8.4 N E) 0.4 N

4)



I en sceneproduksjon skal en skuespiller med masse 70 kg flys inn vertikalt. Scenen skal synkroniseres med musikk der skuespilleren senkes en distanse 4.0 m i løpet av 2.2 s. Du er produksjonsansvarlig, og til din rådighet har du en taljeanordning bak sceneteppet, som den vist i figuren. Du kan anta talje og snor som masseløse, og videre at friksjon mellom rigg og masse kan neglisjeres. Hvor stor må massen m på motvekta være for at skuespillerens ankomst skal bli synkron med lydbildet?

- A) 74.3 kg B) 71.3 kg C) 68.3 kg
D) 65.3 kg E) 62.3 kg

En fabrikk slipper ut forbrenningsgass til luft gjennom en 100 m høy pipe. Forbrenningen er ikke helt ren, så røyken inneholder mikropartikler. Vi antar at partiklene er tilnærmet sfæriske, med uniform massetetthet $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$, og en radiell størrelsesvariasjon 5-25 μm . I fall mot jorda, er partiklene utsatt for en laminær motstandskraft $\vec{F} = -b\vec{v}$, hvor $b = 6\pi\eta R$ for sfæriske partikler med radius R , og $\eta = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$ er viskositeten til lufta. Massetettheten til luft er liten nok til at eventuell oppdrift kan neglisjeres. Oppgavene 5) -8) handler om dette systemet.

5) Hva blir terminalhastigheten, $v_t(R)$, for en partikkel med radius $R = 15\mu\text{m}$?

- A) 2.4 cm/s B) 5.5 cm/s C) 0.6 m/s D) 1.2 m/s E) 3.0 m/s

6) Anta at partikkelhastigheten er null idet røyken forlater pipa ved tid $t = 0$, altså $v(R, t = 0) = 0$ for alle R . Hvilket av uttrykkene under beskriver partikkelhastigheten $v(R, t)$ som funksjon av falltid t og partikkelstørrelse R ?

- A) $v(R, t) = v_t(R)(1 - \exp(-\frac{9\eta t}{2\rho R^2}))$ B) $v(R, t) = v_t(R)(1 - \exp(\frac{9\eta t}{2\rho R^2}))$
 C) $v(R, t) = v_t(R)(1 + \exp(-\frac{9\eta t}{2\rho R^2}))$ D) $v(R, t) = v_t(R)(1 + \exp(\frac{9\eta t}{2\rho R^2}))$
 E) $v(R, t) = v_t(R)(1 - \exp(-\frac{9\eta t}{2gR^2}))$

7) Hvor lang tid tar det før partiklen i oppgave 5) har nådd 99% av terminalhastigheten?

- A) 4 min 20 s B) 26 s C) 2.6 s D) 260 ms E) 26 ms

8) Dersom du ved tiden $t = 0$ stanser produksjonen i fabrikk, hvor lang tid vil det ta før alle partiklene har nådd bakken?

- A) 4 t 35 min B) 1 t 10 min C) 26 min D) 4 min 20 s E) 26 s

9) I en attraksjon i en fornøylespark, stiller man seg med ryggen mot veggen i en vertikal spinnende sylindere. Etterhvert som spinnhastigheten øker, senkes gulvet, og man blir hengende langs sylinderveggen, holdt oppe av friksjon. Dersom sylindere har radius 4 m, hvor mange rotasjoner må sylindere gjøre pr minutt for å unngå at en passasjer glir ned langs veggen, når den statiske friksjonskoeffisienten mellom passasjeren og sylinderveggen er 0.4?

- A) 9.5 rpm B) 13.3 rpm C) 23.6 rpm D) 29.8 rpm E) 34.7 rpm

10) Langs en rett og flat veistrekning, akselererer en Tesla S P100 med masse $m = 2250$ kg, fra 0 til 100 km/t på 2.27 s, under et konstant effektpådrag, $P = 383$ kW. Hvor lang distanse tilbakelegger bilen i løpet av denne tiden?

- A) 21 m B) 42 m C) 63 m D) 84 m E) 105 m

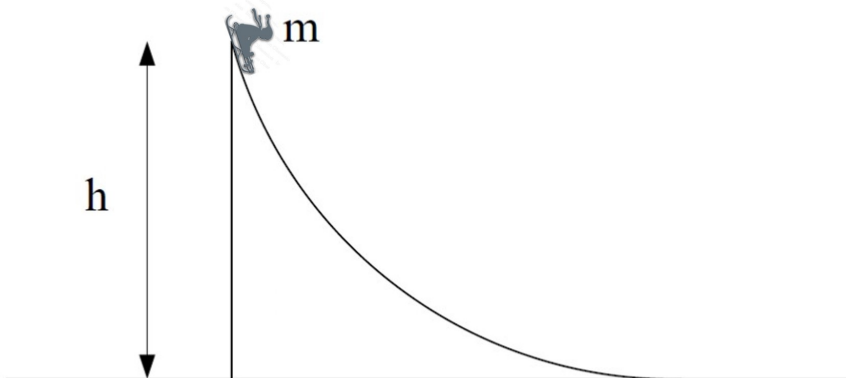
11) Et tau med total lengde L og lineær massetetthet μ ligger sammenkveilet på gulvet ($y = 0$). Hva blir uttrykket for arbeidet du gjør om du løfter den ene enden av tauet opp fra gulvet til en høyde $l < L$?

- A) $W = 2\mu gl^2$ B) $W = \mu gl^2$ C) $W = \frac{1}{2}\mu gl^2$ D) $W = \mu gl$ E) $W = \frac{1}{2}\mu gl$

12) Det letteste Lithiumisotopet, ${}^5\text{Li}$, er ustabilt, og spaltes spontant til et proton (H-kjerne) og en α -partikkel (He-kjerne, dvs. to protoner og to nøytroner). I prosessen frigjøres det en energi på $3.15 \cdot 10^{-13}$ J, i form av kinetisk energi til de to reaksjonsproduktene. Hvilken hastighet får protonet fra en slik reaksjon når ${}^5\text{Li}$ -kjernen antas å være i ro idet spaltningen inntreffer? (regn ikke-relativistisk)

- A) $1.84 \cdot 10^8$ m/s B) $1.74 \cdot 10^7$ m/s C) $1.64 \cdot 10^6$ m/s D) $1.54 \cdot 10^5$ m/s E) $1.44 \cdot 10^4$ m/s

13)



Per er glad i fart og spenning, og på vinteren tar han med kjelken sin til en bratt islagt bakke med høyde $h = 10$ m (se figur). Tilsammen har Per og kjelken masse $m = 25$ kg. Han setter utfor bakken med starthastighet $v_0 = 0$. Anta at kjelken glir friksjonsløst mot underlaget og se bort fra luftmotstand. Hvilken hastighet har Per og kjelken horisontalt i det de når enden av bakken?

- A) 38.1 km/t B) 42.4 km/t C) 47.5 km/t D) 50.4 km/t E) 61.2 km/t

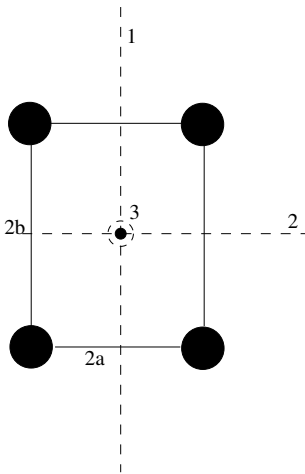
14) På sommeren, når isen er borte, monterer Per 4 hjul på kjelken fra oppgave 13), og setter utfor bakken med samme startbetingelser som før. Hvert hjul har masse $m_h = 1.25$ kg og treghetsmoment $I_0 = \frac{3}{4}m_h R^2$ om massesenteret, hvor R er hjulradien. I tilfellet ren rulling, hvilken hastighet når Per på den rullende kjelken i enden av bakken?

- A) 38.1 km/t B) 42.4 km/t C) 47.5 km/t D) 50.4 km/t E) 61.2 km/t

15) Den statiske friksjonskoeffisienten mellom hjulene og underlaget i oppg. 14) er $\mu_s = 0.7$. Ved ren rulling vil akselerasjonen Per og rullekjelken har nedover bakken variere med bakkens helningsvinkel, θ , som $a \simeq 0.89g \sin \theta$. Hva er den maksimale helninga bakken kan ha for at betingelsene for ren rulling skal være oppfylt?

- A) 33° B) 45° C) 57° D) 69° E) 81°

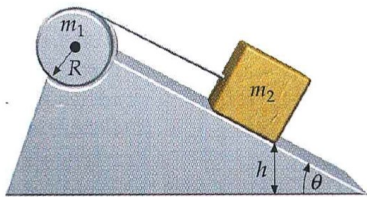
16)



Fire identiske masser m er festet sammen med tilnærmet masseløse stenger i et plant rektangel med sidekanter $2a < 2b$, som vist i figuren. Figuren viser også 3 innbyrdes ortogonale rotasjonsakser, som løper gjennom massesenteret. Rotasjonsakse 1 og 2 ligger i figurplanet, mens rotasjonsakse 3 står normalt på planet. Hvilken av relasjonene under er riktig med hensyn på treghetsmomentene til de tre rotasjonsaksene?

- A) $I_3 = I_1 + I_2$ B) $I_2 < I_1 < I_3$ C) $I_3 = I_2 - I_1$
 D) $I_2 > I_1 > I_3$ E) $I_1 = I_2 < I_3$

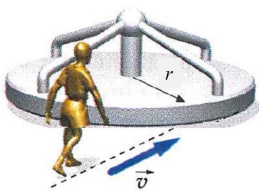
17)



En sylinder med uniformt fordelt masse m_1 og radius R er montert på toppen av et skråplan med helningsvinkel θ , som vist i figuren, slik at den kan rotere tilnærmet friksjonsløst om sylinderaksen. En annen masse m_2 er festet til sylinderen med en tilnærmet masseløs snor. Friskjonen mellom massen m_2 og skråplanet er neglisjerbar. Hva blir riktig uttrykk for akselerasjonen til m_2 nedover skråplanet?

- A) $\frac{g \sin \theta}{1 + \frac{m_2}{m_1}}$ B) $\frac{g \sin \theta}{1 + \frac{m_1}{m_2}}$ C) $\frac{g \sin \theta}{1 + \frac{m_2}{2m_1}}$ D) $\frac{g \sin \theta}{1 + \frac{m_1}{2m_2}}$ E) $\frac{g \sin \theta}{1 - \frac{m_1}{m_2}}$

18)



På en lekeplass løper et barn, med masse $m = 25 \text{ kg}$, med hastighet $v = 4 \text{ m/s}$ tangensielt inn mot en karusell ($\vec{v} \perp \vec{r}$), hopper på og blir stående i ro i en avstand $r = 0.9 R$ fra karusellens sentrum. Karusellen har radius $R = 2 \text{ m}$, treghetsmoment $I_k = 500 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, og er opprinnelig i ro.

Hvilken vinkelhastighet får barnet og karusellen?

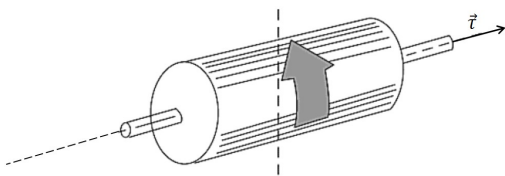
- A) 0.29 rad/s B) 0.31 rad/s C) 0.33 rad/s D) 0.35 rad/s E) 0.37 rad/s

19) Dersom et system har konstant dreieimpuls, hvilket av følgende utsagn er riktig?

- A) Det virker ingen krefter på systemet
- B) Det virker ingen dreiemoment på systemet
- C) Systemet har konstant vinkelhastighet
- D) Netto dreiemoment på systemet er konstant
- E) Netto dreiemoment på systemet er null

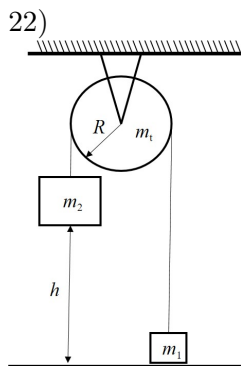
20) Sola har radius $6.96 \cdot 10^8$ m, og roterer om en akse gjennom massesenteret med en omløpstid (periode) på 25 dager 7 timer og 12 min. Hva ville perioden for egenrotasjonen bli dersom sola kollapset uten massetap til en nøytronstjerne med radius 5 km?

- A) $1.1 \cdot 10^{-12}$ s
- B) $1.1 \cdot 10^{-8}$ s
- C) $1.1 \cdot 10^{-4}$ s
- D) 1.1 s
- E) $1.1 \cdot 10^4$ s



21) En massiv sylinder roterer om sylinderaksen, som er horisontal, med rotasjonsretning som vist i figuren. Etter en stund, utsettes sylindere for et dreiemoment $\vec{\tau}$, som vist i figuren. Sylindere vil da

- A) få økt rotasjonshastighet
- B) få redusert rotasjonshastighet
- C) presesere om horisontalaksen angitt i figuren
- D) presesere om vertikalaksen angitt i figuren
- E) rotere uendret, slik den gjorde i utgangspunktet.



To masser $m_1 = 1.0$ kg og $m_2 = 4$ kg er festet til hverandre med ei masseløs snor. Mellom massene er snora tredd over ei talje som er festet i taket. Talja har masse $m_t = 2$ kg og radius $R = 0.1$ m, og er formet som ei sylindrisk skive. Systemet er i utgangspunktet i ro, slik som vist i figuren, med m_1 liggende på bakken, mens m_2 henger i snora i høyde $h = 1.5$ m over bakken. Hvor lang tid vil det ta for m_2 å nå bakken etter at systemet er frigjort?

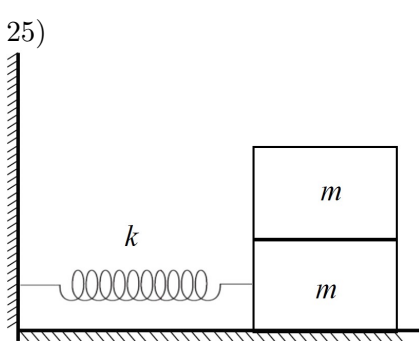
- A) 0.32 s
- B) 0.47 s
- C) 0.65 s
- D) 0.78 s
- E) 0.93 s

23) En partikkel med totalenergi E_{tot} beveger seg i en dimensjon i et område der potensiell energi er $U(x)$. Partikkelens akselerasjon må være null der

- A) $\frac{dU}{dx} = 0$ B) $\frac{d^2U}{dx^2} = 0$ C) $U(x) = E_{tot}$ D) $U(x) = 0$ E) $\frac{dU}{dx} = \frac{dE_{tot}}{dx}$

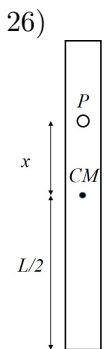
24) En masse m svinger harmonisk om likevektsposisjon i $x = 0$ med en svingeperiode $T = 1.5$ s. Ved tiden $t = 0$ har massen posisjon $x = 0.25$ m og hastighet $v_0 = 0.5$ m/s. Hvilket av uttrykkene under gir riktig form for $x(t)$, d.v.s. massens utslag fra likevekt som funksjon av tiden?

- A) $x(t) = (0.2\text{m}) \cos\left(\frac{3}{2}t\right)$ B) $x(t) = (0.2\text{m}) \cos\left(\frac{4\pi}{3}t\right)$ C) $x(t) = (0.277\text{m}) \sin\left(\frac{4\pi}{3}t\right)$
 D) $x(t) = (0.2\text{m}) \cos\left(\frac{4\pi}{3}t - 0.445\right)$ E) $x(t) = (0.277\text{m}) \cos\left(\frac{4\pi}{3}t - 0.445\right)$



To identiske masser m ligger stablet oppå hverandre på et friksjonsfritt, horisontalt underlag. Den underste massen er festet til en fjær med fjærkonstant k . Når systemet skyves ut fra likevektsposisjonen, svinger det som en harmonisk oscillator med frekvens $f = 1.8$ Hz. Gjennom forsøk der amplituden til oscillatoren økes gradvis, observeres det at utslag som overskrider 5 cm, får den øverste masseblokka å til å begynne å gli relativt til den underste. Hva er den statiske friksjonskoeffisienten μ_s i grenseflata mellom masseblokkene?

- A) 0.35 B) 0.45 C) 0.55 D) 0.65 E) 0.75



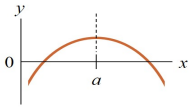
En lang stav med masse M og lengde L svinger fritt om et oppheng i punktet P i en avstand x langs loddlinja fra stavens massesenter CM (se figur). Hvilken verdi av x vil gi den korteste svingeperioden for pendelen ($0 < x < L/2$)?

- A) $x = 0$ B) $x = L/24$ C) $x = L/12$ D) $x = L/\sqrt{12}$ E) $x = L/2$

27) En masse $m = 0.1$ kg svinger om likevektsposisjon $x = 0$ med frekvens $f = 5$ Hz. Svingsystemet er svakt dempet av ei kraft på formen $\vec{F} = -b\vec{v}$, med $b = 3.3 \cdot 10^{-4}$ kg/s. Systemet startes fra positivt maksutslag ved tiden $t = 0$, med starthastighet $v = 0$. Hvor mange hele perioder rekker svingsystemet å gjennomføre før halvparten av dets mekaniske energi har gått tapt gjennom dempekraften?

- A) 100 perioder B) 550 perioder C) 1050 perioder D) 2200 perioder E) 3350 perioder

28)



Bølgen $y(x,t)$ forplanter seg i positiv x -retning. Figuren viser $y(x, t = t_1)$ ved tiden $t = t_1$. Hvilket av følgende utsagn er riktig med hensyn på akselerasjonen av strengementet i $x = a$ ved $t = t_1$?

- A) $\vec{a} \parallel \hat{x}$ B) $\vec{a} \parallel -\hat{x}$ C) $\vec{a} \parallel \hat{y}$ D) $\vec{a} \parallel -\hat{y}$ E) $a = 0$

29) I en skiheis er en kabel med masse 80 kg spent i et 400 m langt strekk opp alpinbakken. Når man støter borti kabelen nederst i heisen, slik at den får et utslag transversalt på strekket, kan en returpuls registreres i samme ende etter 12 sekunder. Hva er strekkkraften som spenner opp kabelen?

- A) 610 N B) 890 N C) 980 N D) 1130 N E) 1840 N

30) Ei nål med masse 0.1 g slippes (mistes) fra en høyde 1 m og treffer et hardt underlag. I treffet mot underlaget omdannes 0.05 % av nålas mekaniske energi til en lydbølgepuls med varighet 0.1 s. Se bort fra luftmotstand og betrakt lydkilden som en punktkilde. Om du antar at lydintensiteten må overstige 40 dB for å være hørbar over bakgrunnsstøy, hvor langt unna treffpunktet vil lyden kunne høres?

- A) 6.3 cm B) 63 cm C) 6.3 m D) 63 m E) 630 m

31) En transversal harmonisk bølge $y_0(x, t) = 0.009 \cos(25x - 50t)$ forplanter seg i positiv x -retning i en (uendelig) lang streng (x og y er uttrykket i m, t i s, mens tallkonstantene har enheter slik at uttrykket for bølgen er dimensjonsbalansert).

For $-\infty < x \leq 0$ har strengen uniform massetetthet μ_0 , mens massetettheten i området $0 < x \leq 20$ m avtar kontinuerlig mot en verdi $\frac{2}{3}\mu_0$, slik at den innfallende bølgen transmitterer fullstendig. For $x \geq 20$ m er massetettheten konstant. Hvilket av de følgende svarene gir bølgen $y_1(x, t)$ i området $x \geq 20$ m?

- A) $y_1(x, t) = 0.011 \cos(20.4x - 50t)$ B) $y_1(x, t) = 0.013 \cos(16.7x - 50t)$
 C) $y_1(x, t) = 0.009 \cos(25x - 50t)$ D) $y_1(x, t) = 0.013 \cos(16.7x - 75t)$
 E) $y_1(x, t) = 0.011 \cos(20.4x - 61.2t)$

32) Rigmor og Rolf har hver sin bil med identiske sirener som generer lydbølger med frekvens 350 Hz. De kan begge kjøre med hastighet opptil 155 km/t. På en vindstille sommerdag med temperatur slik at lyd hastigheten i luft er 340 m/s, hvilket frekvensområde kan de få til å høre med maksimal utnyttelse av dopplereffekten?

- A) 228-411 Hz B) 228-491 Hz C) 271-451 Hz D) 271-491 Hz E) 271-411 Hz

33) To helt like høyttalere er koblet sammen slik at de sender ut lydbølger i fase, med en bestemt frekvens. Lydens hastighet er 340 m/s. I avstand 5 m fra den ene og 4.75 m fra den andre høyttaleren, måles en svært svak lyd ($I \simeq 0$). Det kan dermed fastslås at frekvensen er

- A) $f = 680$ Hz B) $f \geq 680$ Hz C) $f \leq 680$ Hz D) $f \geq 340$ Hz E) $f \leq 340$ Hz

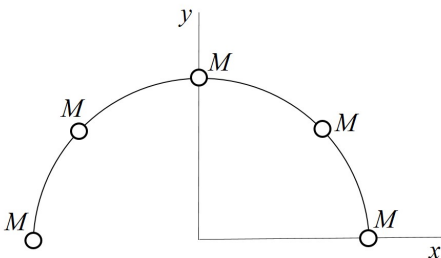
34) Haleys komet har en rimelig stabil periode på 76 år i omløp rundt sola. Solas masse er $M_s = 1.9891 \cdot 10^{30}$ kg. Hva er den midlere avstanden r_0 mellom kometen og sola?

- A) $2.7 \cdot 10^6$ km B) $2.7 \cdot 10^9$ km C) $2.7 \cdot 10^{12}$ km D) $2.7 \cdot 10^{15}$ km E) $2.7 \cdot 10^{18}$ km

35) I realiteten er Haleys bane rundt sola svært elliptisk, med eksentrisitet $\epsilon = \sqrt{1 - b^2/a^2} = 0.967$, hvor a og b , respektivt, er ellipsens lange og korte halvaksler, slik at brennpunktavstanden er gitt ved $2\epsilon a$. La r_{min} og r_{maks} være den korteste og den lengste avstanden fra Haleys baneposisjon til sola, mens r_0 er gjennomsnittsavstanden fra oppgave 34). Hvor stor blir $\Delta r/r_0 = (r_{maks} - r_{min})/r_0$, dvs. feilmarginen ved å anta en sirkulær kometbane?

- A) 3 % B) 7 % C) 48 % D) 97 % E) 193 %

36)



Fem identiske masser M er spredt i innbyrdes lik avstand på en halvsirkel med radius R . Hva blir det resulterende \vec{g} -feltet i origo?

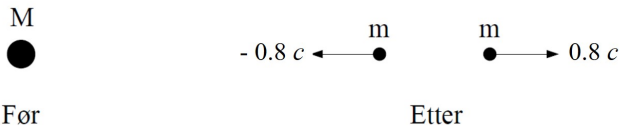
- A) $\frac{GM}{R^2}(4\hat{x} + 3\hat{y})$ B) $\frac{GM}{R^2}((2 + \sqrt{2})\hat{x} + (1 + \sqrt{2})\hat{y})$ C) $\frac{GM}{R^2}(1 + \sqrt{2})\hat{y}$ D) $\frac{GM}{R^2}(1 - \sqrt{2})\hat{y}$
 E) $-\frac{GM}{R^2}(1 + \sqrt{2})\hat{y}$

37) Senteravstanden fra jorda til månen er 384 400 km (gjennomsnitt), mens avstanden til solen er $1.496 \cdot 10^8$ km (gjennomsnitt). Forholdet mellom solens og månens gravitasjon på jorda, $F_s/F_m \simeq 179$, så man skulle anta at solen fullstendig overskygget virkningen fra månen. Likevel dominerer månens innflytelse over solens i tidevannseffekten. Årsaken til dette er at variasjonen i gravitasjon mellom den siden av jorden som er nærmest og lengst borte fra gravitasjonskilden er større med månen som kilde enn med solen. Dersom vi angir denne variasjonen som ΔF , hva blir $\Delta F_s/\Delta F_m$?

- A) 0.46 B) 0.26 C) 0.06 D) 0.76 E) 0.96

38) Et jagerfly av typen NA X-15 satte verdensrekord i 1967 da det oppnådde en hastighet på 6.7 Mach, som tilsvarer omtrent 7200 km/t. Hvor lenge måtte piloten W.J. Knight holdt denne hastigheten dersom klokka hans skulle mistet 1 sekund p.g.a. tidsdilatasjon?

- A) 128000 år B) 12800 år C) 1280 år D) 128 år E) 1.28 år



39) En partikkel med masse M er i ro i et inertialsystem, og spaltes i to identiske partikler med masse m og hastighet $v = \pm 0.8c$. Hvor mye kinetisk energi K genereres i en slik reaksjon?

- A) $0.9Mc^2$ B) $0.7Mc^2$ C) $0.6Mc^2$ D) $0.4Mc^2$ E) $0.2Mc^2$

40) En fri ladning kan holdes i et sirulært omløp v.h.a. en sentripetalakselererende magnetisk kraft. Det kan vises at ladningens impuls er gitt ved $p = BqR$, hvor B er magnetfeltstyrken, q er ladningen og R er baneradien, og relasjonen holder for både ikke-relativistisk og relativistisk impuls. Dersom et elektron ($q = e$) med kinetisk energi $K = 6.0$ GeV holdes i sirkulær bane av et magnetfelt $B = 71.5$ mT, hva blir da baneradien R ?

- A) 2.8 km B) 280 m C) 2.8 m D) 2.8 cm E) 2.8 mm