

1) Ei lita metallkule slippes (dvs med null starthastighet) fra fjerde etasje i Realfagbygget. Hvor lang tid tar det før kula treffer gulvet i U1, 14 meter lenger nede? (Se bort fra luftmotstand.)

- A) 0.9 s B) 1.3 s C) 1.7 s D) 2.1 s E) 2.5 s

2) Ei kule er festet i ei snor og slenges rundt og rundt med konstant fart i en sirkulær bane med radius 900 mm og omløpstid (periode) 500 ms. Hva er kulas akselerasjon?

- A) 102 m/s² B) 122 m/s² C) 142 m/s² D) 162 m/s² E) 182 m/s²

3) En kloss har masse 0.25 kg og ligger på et bord. Statisk friksjonskoeffisient mellom kloss og bord er 0.25. Ei snor er festet til klossen. Med hvor stor horisontal kraft kan du trekke i snora uten at klossen flytter seg?

- A) 0.61 N B) 0.91 N C) 1.21 N D) 1.51 N E) 1.81 N

4) En bordtennisball har masse 2.7 g. Anta at luftmotstanden på ballen er proporsjonal med ballens hastighet, $f = -bv$, med $b = 0.0030$ Ns/m. Hva er ballens maksimalt oppnåelige hastighet (terminalhastigheten) når den faller i tyngdefeltet?

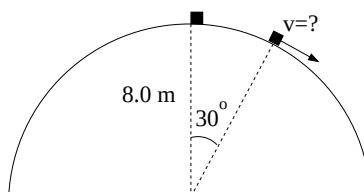
- A) 0.8 m/s B) 2.8 m/s C) 4.8 m/s D) 6.8 m/s E) 8.8 m/s

5) En kloss med masse 0.25 kg ligger på et skråplan. Statisk friksjonskoeffisient mellom kloss og skråplan er 0.25. Hva er maksimal helningsvinkel på skråplanet uten at klossen skal begynne å gli?

- A) 11° B) 14° C) 17° D) 20° E) 23°

6) En kloss glir med konstant hastighet nedover et skråplan med helningsvinkel 12°. Hva er kinetisk friksjonskoeffisient mellom kloss og skråplan?

- A) 0.05 B) 0.09 C) 0.13 D) 0.17 E) 0.21



7) En liten kloss glir på et friksjonsfritt halvkuleformet tak med radius 8.0 m. Klossen starter på toppen av taket med svært liten starthastighet. Hva er klossens hastighet når den har glidd en lengde som tilsvarer en vinkel 30° (se figur)? Tips: Energibevarelse.

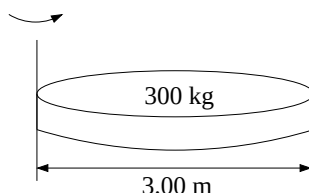
- A) 4.6 m/s B) 5.6 m/s C) 6.6 m/s D) 7.6 m/s E) 8.6 m/s

8) En bordtennisball med masse 2.7 g kastes (horisontalt) mot en vegg med hastighet 8.0 m/s. Ballen kolliderer elastisk med veggen, og kollisjonen varer i 2.0 ms. Hvor stor er kraften fra veggen på ballen, når vi antar at den er konstant gjennom kollisjonens varighet?

- A) 14 N B) 18 N C) 22 N D) 26 N E) 30 N

9) Ei kompakt sirkulær skive med radius 1.50 m og masse 300 kg (uniform massetetthet) roterer med vinkelhastighet 30.0 s^{-1} om en akse gjennom skivas massesenter, normalt på skivas plan. Hva er skivas kinetiske rotasjonsenergi?

- A) 92 kJ B) 112 kJ C) 132 kJ D) 152 kJ E) 172 kJ

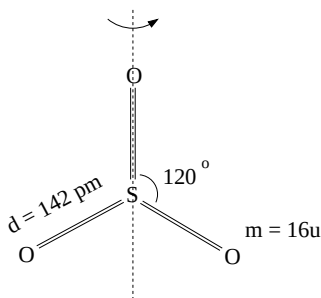


10) Hva er treghetsmomentet til skiva i forrige oppgave, målt i enheten kg m^2 , og med hensyn på en akse normalt på skivas plan, gjennom periferien til skiva?

- A) 1.01 B) 10.1 C) 101 D) $1.01 \cdot 10^3$ E) $1.01 \cdot 10^4$

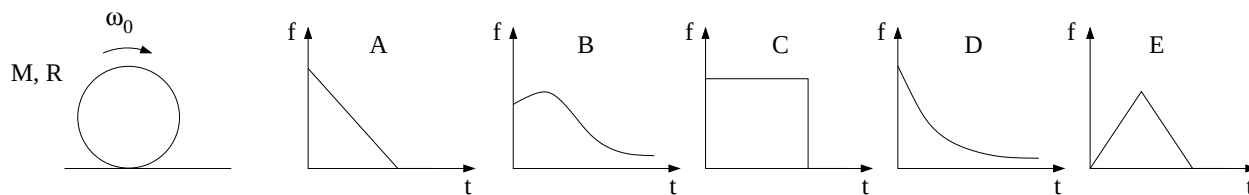
11) Ei kompakt kule med masse 20 kg og diameter 20 cm ruller uten å slure på et horisontalt underlag med hastighet 2.0 m/s. Hva er kulas totale dreieimpuls relativt kontaktpunktet mellom kula og underlaget?

- A) $2.6 \text{ kg m}^2/\text{s}$ B) $3.6 \text{ kg m}^2/\text{s}$ C) $4.6 \text{ kg m}^2/\text{s}$ D) $5.6 \text{ kg m}^2/\text{s}$ E) $6.6 \text{ kg m}^2/\text{s}$



12) Hva er treghetsmomentet, i enheten kg m^2 , til det plane, symmetriske molekylet SO₃ med hensyn på en akse som faller sammen med en av bindingene mellom svovel og oksygen? (De tre S=O bindingslengdene er 142 pm. De tre O=S=O bindingsvinklene er 120°. Oksygen har masse 16u. Atomer kan betraktes som punktpartikler.)

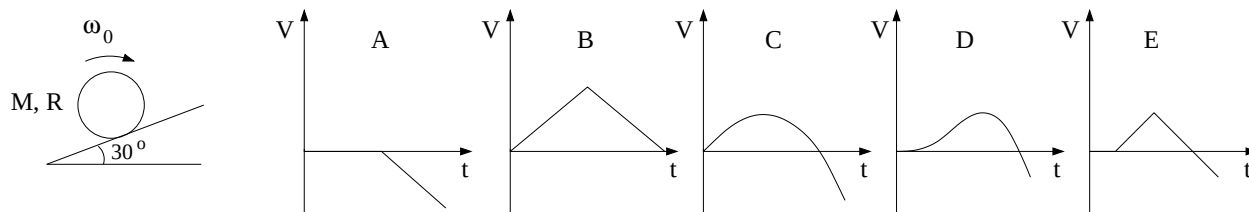
- A) $8.0 \cdot 10^{-46}$ B) $8.0 \cdot 10^{-48}$ C) $8.0 \cdot 10^{-50}$ D) $8.0 \cdot 10^{-52}$ E) $8.0 \cdot 10^{-54}$



13) Ei roterende kompakt skive med masse M og radius R settes forsiktig ned på et horisontalt underlag ved tidspunktet $t = 0$, med vinkelhastighet ω_0 og hastighet $V_0 = 0$. Kinetisk og statisk friksjonskoeffisient mellom skive og underlag er henholdsvis μ_k og μ_s . Hvilken graf ovenfor viser friksjonskraften f fra underlaget på skiva som funksjon av tiden t ?

14) Ved hvilket tidspunkt t_r vil skiva i forrige oppgave begynne å rulle rent, uten å slure?

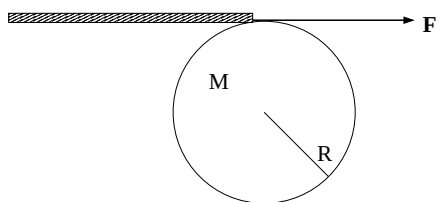
- A) $t_r = \omega_0 R / 4\mu_k g$ B) $t_r = \omega_0 R / 3\mu_k g$ C) $t_r = \omega_0 R / 2\mu_k g$
 D) $t_r = 2\omega_0 R / 3\mu_k g$ E) $t_r = 3\omega_0 R / 4\mu_k g$



15) Ei roterende kompakt skive med masse M og radius R settes forsiktig ned på et skråplan ved tidspunktet $t = 0$, med vinkelhastighet ω_0 og hastighet $V_0 = 0$. Kinetisk friksjonskoeffisient mellom skive og underlag er $\mu_k = 1/\sqrt{3}$. Skråplanets helningsvinkel er 30° . Hvilken graf viser skivas hastighet V som funksjon av tiden t ? (Positiv retning oppover skråplanet.)

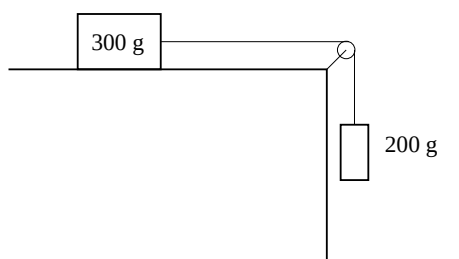
16) Hvor mye mekanisk energi har gått tapt på grunn av friksjonsarbeid når skiva når bunnen av skråplanet?

- A) $MR^2\omega_0^2/3$ B) $MR^2\omega_0^2/4$ C) $MR^2\omega_0^2/5$ D) $MR^2\omega_0^2/6$ E) $MR^2\omega_0^2/7$



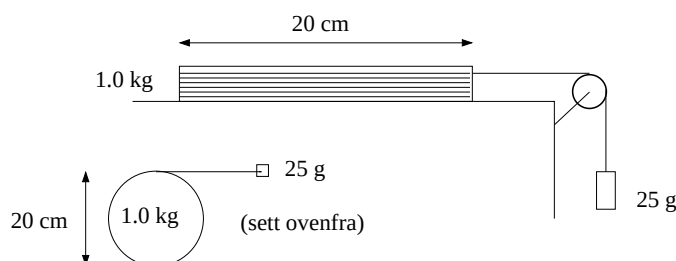
17) Ei snookerkule gis et kortvarig horisontalt støt med køen ("staven"), ved tidspunktet $t = 0$, på en slik måte at det virker en konstant horisontal kraft F på kula i et meget kort tidsrom $T \simeq 0$. Kula har masse M , radius R og treghetsmoment $2MR^2/5$ med hensyn på en akse gjennom CM. Køen treffer kula praktisk talt på toppen, dvs i avstand $h \simeq 2R$ fra bordflaten. Kraften F fra køen er tilstrekkelig stor til at alle andre krefter (tyngde, normalkraft, friksjonskraft) kan neglisjeres i kollisjonsøyeblikket. Kinetisk friksjonskoeffisient mellom kule og bord er μ_k . Med antagelsene som er gjort, ved hvilket tidspunkt t_r begynner snookerkula å rulle rent, uten å slure?

- A) $t_r = 5FT/2\mu_k Mg$ B) $t_r = 2FT/5\mu_k Mg$ C) $t_r = 7FT/3\mu_k Mg$
 D) $t_r = 3FT/7\mu_k Mg$ E) $t_r = FT/\mu_k Mg$



18) En masse på 300 g ligger på et bord og er festet via ei tilnærmet masseløs snor og ei tilnærmet masseløs trinse til en masse på 200 g som kan falle i tyngdefeltet. Kinetisk og statisk friksjonskoeffisient mellom bordet og massen på 300 g er henholdsvis 0.10 og 0.15. Hva blir massenes akselerasjon? (Snora er hele tiden stram.)

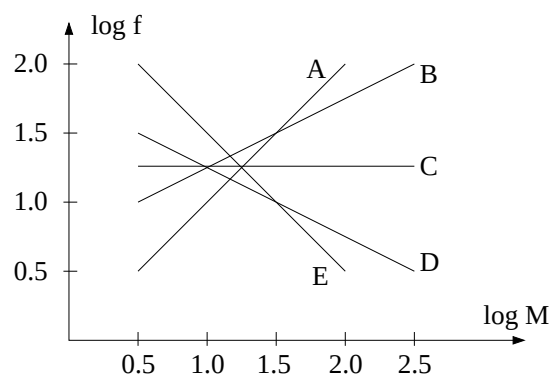
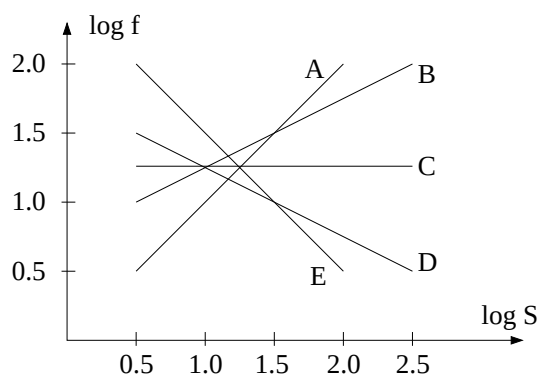
- A) 2.34 m/s^2 B) 3.34 m/s^2 C) 4.34 m/s^2 D) 5.34 m/s^2 E) 6.34 m/s^2



19) Et lodd med masse 25 g er, via ei tilnærmet masseløs snor og trinse, festet til ei kompakt sirkulær skive med masse 1.00 kg og radius 10 cm. Snora er viklet opp rundt skiva, som kan rotere om en fast aksling gjennom massesenteret. Se bort fra alle former for friksjon. Hva blir loddets akselerasjon når dette slippes forsiktig med stram snor?

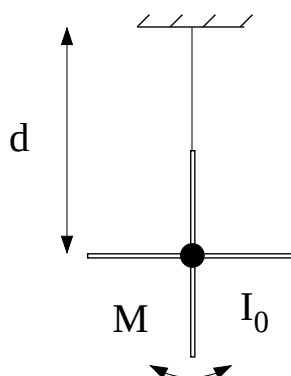
- A) 0.27 m/s^2 B) 0.47 m/s^2 C) 0.67 m/s^2 D) 0.87 m/s^2 E) 1.07 m/s^2

Utstyrt med snorer med ulik masse pr lengdeenhet, $\mu = M/L$, og med diverse lodd, slik at du kan variere snordraget S , studerer du stående transversale bølger på snorer som er festet i begge ender, i $x = 0$ og i $x = L$. Mer presist måler du frekvensen f til snoras 1. overtone, med bølgelengde $\lambda = L$.



20) I figuren til venstre, hvilken kurve forventer du å finne dersom du plotter logaritmen til f som funksjon av logaritmen til S , dvs $\log f$ vs $\log S$?

21) I figuren til høyre, hvilken kurve forventer du å finne dersom du plotter logaritmen til f som funksjon av logaritmen til M , dvs $\log f$ vs $\log M$?



22) Et stivt legeme (en "karusell") med masse $M = 2.65$ kg er hengt opp i ei tilnærmet masseløs snor slik at avstanden fra festepunktet til karusellens massesenter er $d = 0.560$ m. Karusellen trekkes litt ut til siden og slippes, hvoretter svingetiden (perioden) måles til $T = 1.61$ s. Hva er da karusellens treghetsmoment I_0 med hensyn på en akse gjennom dens massesenter, og orientert normalt på planet vist i figuren?

A) $I_0 = 125 \text{ g m}^2$ B) $I_0 = 135 \text{ g m}^2$ C) $I_0 = 145 \text{ g m}^2$

D) $I_0 = 155 \text{ g m}^2$ E) $I_0 = 165 \text{ g m}^2$

Foucaultpendelen i Realfagbygget kan med svært god tilnærming betraktes som en matematisk pendel med lengde $L = 25$ m. Metallkula som svinger fram og tilbake med små utsving fra likevekt, har masse $M = 40$ kg. Kulas maksimale horisontale utsving fra likevekt er $x_0 = 1.0$ m. Oppgavene 23 og 24 omhandler denne pendelen.

23) Hva er metallkulas maksimale akselerasjon under svingebevegelsen? (Se her bort fra damping.)

- A) 9 cm/s^2 B) 19 cm/s^2 C) 29 cm/s^2 D) 39 cm/s^2 E) 49 cm/s^2

24) Foucaultpendelens bevegelse er i realiteten svakt dempet, og konstant vinkelamplitude θ_0 opprettholdes ved at metallkula hele tiden får en liten ”dytt” i bevegelsesretningen. La oss (ikke helt realistisk) anta at luft strømmer pent og laminært rundt metallkula, og at luftmotstanden (friksjonskraften) kan skrives på formen $f = -bv$, der v er kulas hastighet, og $b = 9.0 \text{ g/s}$. Den ytre kraften som sørger for å opprettholde konstant vinkelamplitude θ_0 skifter selvsagt retning i takt med pendelens svingebevegelse, dvs pendelen drives på resonans. Hva er omtrentlig Q-faktoren ($Q = \omega_0/\Delta\omega$) til dette svingesystemet? (Her er ω_0 pendelens vinkel frekvens, og $\Delta\omega$ er halvverdibredden til resonanskurven $\theta_0(\omega)$, dvs vinkelamplituden θ_0 som funksjon av vinkel frekvensen ω til den ytre kraften.)

- A) $1.0 \cdot 10^3$ B) $1.6 \cdot 10^3$ C) $2.2 \cdot 10^3$ D) $2.8 \cdot 10^3$ E) $3.4 \cdot 10^3$

25) Lufttemperaturen i Trondheim stiger en ettermiddag fra 5 kuldegrader til 5 varmegrader. Med omtrent hvor mye øker da lyd hastigheten i lufta?

- A) 0.5% B) 2% C) 4% D) 5% E) 7%

26) En liten kuleformet høyttaler sender ut lyd med samme intensitet i alle retninger. Total utsendt lydeffekt er 20 W. Hva er da lydtrykksnivået i avstand 4.0 m fra (sentrum av) høyttaleren?

- A) 70 dB B) 80 dB C) 90 dB D) 100 dB E) 110 dB

27) Strengene på en balalaika måler 43 cm mellom de to stedene der den kan anses å være festet, med null utsving. A-strengen har masse pr lengdeenhet 1.5 g/m og skal stemmes slik at grunntonen har frekvens 440 Hz. Med hvor stor strekk-kraft må denne strengen strammes?

- A) 155 N B) 185 N C) 215 N D) 245 N E) 275 N

28) Ei orgelpipe er essensielt et langt og tynt rør som er åpent i begge ender. Hvor lang er ei slik orgelpipe som har en ”lav C” med frekvens 65.4 Hz som sin grunntone? (Lyd hastigheten i luft: 340 m/s.)

- A) 110 cm B) 160 cm C) 210 cm D) 260 cm E) 310 cm

29) En plan, harmonisk lydbølge med utsving $\xi(\mathbf{r}, t) = \xi_0 \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)$ forplanter seg i luft og har bølgetallsvektor med komponenter $k_x = k_y = 2.50 \text{ m}^{-1}$ og $k_z = 1.50 \text{ m}^{-1}$. Hva er frekvensen når lydhastigheten er 340 m/s ?

- A) 118 Hz B) 148 Hz C) 178 Hz D) 208 Hz E) 238 Hz
-

30) Den plane lydbølgen i forrige oppgave forplanter seg i en retning som danner en vinkel α med z -aksen. Hvor stor er vinkelen α ?

- A) $\alpha = 27^\circ$ B) $\alpha = 37^\circ$ C) $\alpha = 47^\circ$ D) $\alpha = 57^\circ$ E) $\alpha = 67^\circ$
-

31) En transversal bølgepuls propagerer i positiv x -retning på en streng der strekk-kraften er $S = 125 \text{ N}$. Ved tidspunktet $t = 0$ har bølgepulsens maksimalt utsving ved $x = 0$ og kan beskrives med funksjonen $y(x) = y_0 \cos(x/a)$, med amplitude $y_0 = 3.0 \text{ mm}$ og med parameteren $a = 15.0 \text{ cm}$. Utsvinget er (ved $t = 0$) lik null for $|x| > \pi a/2$. Hva er bølgepulsens totale energi E ?

Tips:

Energi pr lengdeenhet: $\varepsilon(x) = S(dy/dx)^2$.

Energi mellom x og $x + dx$: $dE = \varepsilon(x) dx$.

- A) $E = 12 \text{ nJ}$ B) $E = 12 \text{ } \mu\text{J}$ C) $E = 12 \text{ mJ}$ D) $E = 12 \text{ J}$ E) $E = 12 \text{ kJ}$
-

32) En flaggermus jager en mygg. Flaggermusen sender ut et ultralydsignal med frekvens 33 kHz og hører et signal med 35 kHz som har blitt reflektert fra myggen. Flaggermusen flyr med hastighet 8.0 m/s , og lydhastigheten i lufta er 340 m/s . Det tar 15 ms fra flaggermusen sender ut signalet til den registrerer ekkot fra myggen. Hvor langt er det nå mellom flaggermusen og myggen?

- A) 255 cm B) 305 cm C) 355 cm D) 405 cm E) 455 cm
-

33) Hva er myggens hastighet? (Anta at flaggermus og mygg flyr langs samme rette linje.)

- A) 1.0 m/s vekk fra flaggermusen B) 1.0 m/s mot flaggermusen

- C) 2.0 m/s vekk fra flaggermusen D) 2.0 m/s mot flaggermusen

- E) 3.0 m/s vekk fra flaggermusen
-

34) To identiske høyttalere er plassert i henholdsvis $x = 0$ og i $x = L$, med innbyrdes avstand $L = 500$ cm. De to høyttalerne sender ut plane harmoniske lydbølger mot hverandre med lik frekvens $f = 3.4$ kHz. Lydhastigheten er 340 m/s. En liten mikrofon, som er plassert på linjen mellom de to høyttalerne, registrerer en lydintensitet $I(x)$ som varierer mellom maksima og minima når den flyttes fram og tilbake langs x -aksen. Hvor langt er det fra et intensitetsmaksimum til det neste?

- A) 10.0 cm B) 2.5 cm C) 12.5 cm D) 7.5 cm E) 5.0 cm
-

35) En stor båt kjører på dypt vann og skaper en bølgepakke på overflaten med bølgelengder omkring 16 m. Hva er bølgepakkens hastighet (dvs gruppehastigheten)?

- A) 0.5 m/s B) 1.0 m/s C) 1.5 m/s D) 2.0 m/s E) 2.5 m/s
-

36) I likhet med Jorda går Neptun i tilnærmet sirkulær bane rundt Sola. Midlere avstand fra Sola til Jorda er 150 millioner km, eller 150 Gm. Omløpstida til Jorda er som kjent et år, mens omløpstida for Neptun i banen rundt Sola er 165 år. Hva er da Neptuns midlere avstand til Sola? (Tips: Keplers 3. lov.)

- A) 1500 Gm B) 2500 Gm C) 3500 Gm D) 4500 Gm E) 5500 Gm
-

37) Neptuns masse er 17.147 ganger Jordas masse, og Neptuns volum er 57.74 ganger Jordas volum. Hva er da tyngdens akselerasjon på overflaten av Neptun? (g er tyngdens akselerasjon på overflaten av Jorda.)

- A) 0.85 g B) 1.15 g C) 1.45 g D) 1.75 g E) 2.05 g
-

38) Hvor høyt over Jordas overflate må en satellitt befinne seg for at tyngdens akselerasjon på stedet skal være $g/3$? (g er tyngdens akselerasjon på overflaten av Jorda; Jordradien er 6370 km.)

- A) 289 km B) 891 km C) 2057 km D) 4663 km E) 7118 km
-

39) I hvilken høyde over Neptuns ekvatorlinje kunne en "neptunstasjonær" satellitt ha gått i sirkulær bane? (Dvs: slik at den hele tiden befinner seg over samme sted på ekvator.) En omdreining rundt egen akse tar 16.11 timer for Neptun. Planetens masse er $1.02 \cdot 10^{26}$ kg, og radien ved ekvator er 24764 km.

- A) 59 km B) 590 km C) 59 Mm D) 590 Mm E) 59 Gm
-

40) Et hurtigtog har gjennomsiktige vegger og avstand 300 cm fra tak til gulv. Du står på perrongen og observerer at toget kjører forbi med (horisontal) hastighet $v = c/3$. En lyskilde i taket på en av vognene sender ut et lyssignal. Konduktøren inne på toget har, med *sitt* vater, kontrollert at lyssignalet sendes loddrett ned. Sett fra *ditt* ståsted på perrongen, hva er lyssignalets hastighet?

- A) $\sqrt{7}c/3$ B) $\sqrt{8}c/3$ C) c D) $\sqrt{10}c/3$ E) $\sqrt{11}c/3$
-

41) I forrige oppgave, hvor lang tid tar det, på *din* klokke, fra lyssignalet sendes ut til det detekteres av en detektor som er montert på vognas gulv, rett under lyskilden?

- A) 10.0 ns B) 10.6 ns C) 11.2 ns D) 11.8 ns E) 12.4 ns
-

42) Elektroner, med masse m_e , akselereres av en elektrisk spenning slik at de oppnår en kinetisk energi 15 MeV. Hva er elektronenes hastighet v ?

- A) $v = 0.95c$ B) $v = 0.995c$ C) $v = 0.9995c$ D) $v = 0.99995c$ E) $v = 0.999995c$
-

43) Årlig energiforbruk på global basis ble i 2012 anslått til $1.6 \cdot 10^{14}$ kWh. Dersom all denne energien ble produsert i et kjernekraftverk ved prosesser som omdanner masse til energi, hva ville da den årlige masse-reduksjonen til kjernebrenselet være?

- A) 6.4 tonn B) 9.4 tonn C) 12.4 tonn D) 15.4 tonn E) 18.4 tonn
-

44) En elektrisk nøytral sigmapartikkel (Σ^0) med hvileenergi 1192.5 MeV kan omdannes spontant til en lambdapartikkel (Λ) med hvileenergi 1115.6 MeV og et foton (γ) (med masse lik null):

$$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \gamma.$$

Anta at Σ^0 -partikkelen ligger i ro. Hva er da fotonets bølgelengde hvis dets energi er 66.0 MeV?

- A) $1.88 \cdot 10^{-12}$ m B) $4.88 \cdot 10^{-12}$ m C) $1.88 \cdot 10^{-14}$ m D) $4.88 \cdot 10^{-14}$ m E) $1.88 \cdot 10^{-16}$ m
-

45) I forrige oppgave, hva blir hastigheten til Λ -partikkelen?

- A) $0.10c$ B) $0.14c$ C) $0.18c$ D) $0.22c$ E) $0.26c$
-