

1) Ei kule slippes (dvs med null starthastighet) fra en høyde 2.0 m over gulvet. Hva er kulas hastighet 0.5 s etter at den ble sluppet? (Se bort fra luftmotstand.)

- A) 0.9 m/s B) 1.9 m/s C) 2.9 m/s D) 3.9 m/s E) 4.9 m/s

2) Ei kule beveger seg med konstant fart i en sirkulær bane med omkrets 150 cm og omløpstid (periode) 150 ms. Hva er kulas akselerasjon?

- A) 19 m/s² B) 119 m/s² C) 219 m/s² D) 319 m/s² E) 419 m/s²

3) En kloss har masse 2.25 kg og ligger på et bord. Kinetisk friksjonskoeffisient mellom kloss og bord er 0.20. Ei snor er festet til klossen. Med hvor stor horisontal kraft må du trekke i snora for å gi klossen en konstant akselerasjon 0.15 m/s²?

- A) 3.8 N B) 4.8 N C) 5.8 N D) 6.8 N E) 7.8 N

4) En liten og lett ball har masse 2.7 g. Anta at luftmotstanden på ballen er proporsjonal med kvadratet av ballens hastighet, $f = -bv^2$, med $b = 0.0011$, målt i SI-enheter. Hva er ballens maksimalt oppnåelige hastighet (terminalhastigheten) når den faller i tyngdefeltet?

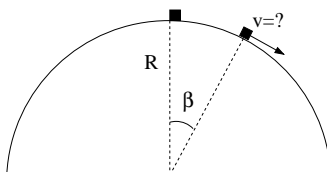
- A) 3.9 m/s B) 4.9 m/s C) 5.9 m/s D) 6.9 m/s E) 7.9 m/s

5) En kloss med masse 2.25 kg ligger på et skråplan. Statisk friksjonskoeffisient mellom kloss og skråplan er 0.35. Hva er maksimal helningsvinkel på skråplanet uten at klossen skal begynne å gli?

- A) 19° B) 22° C) 25° D) 28° E) 31°

6) En kloss glir med konstant hastighet nedover et skråplan. Kinetisk friksjonskoeffisient mellom kloss og skråplan er 0.20. Hva er skråplanetets helningsvinkel?

- A) 5° B) 8° C) 11° D) 14° E) 17°



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

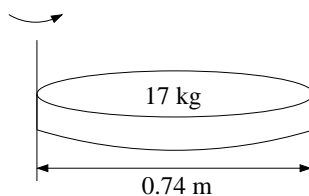
- A) $\sqrt{2gR \cos \beta}$ B) $\sqrt{gR \sin \beta}$ C) $\sqrt{2gR(1 - \cos \beta)}$ D) $\sqrt{gR(1 - \sin \beta)}$ E) $\sqrt{2gR(1 + \tan \beta)}$

8) En golfball med masse 46 g sendes (horisontalt) mot en vegg med hastighet 30 m/s. Ballen kolliderer elastisk med veggen, og kollisjonen varer i 1.0 ms. Hvor stor er kraften fra veggen på ballen, når vi antar at den er konstant gjennom kollisjonens varighet?

- A) 1.8 kN B) 2.8 kN C) 3.8 kN D) 4.8 kN E) 5.8 kN

9) Ei kompakt kule med masse 10 kg (og uniform massetetthet) ruller rent (dvs uten å slure) med hastighet 3.0 m/s. Hva er kulas totale kinetiske energi?

- A) 63 J B) 73 J C) 83 J D) 93 J E) 103 J

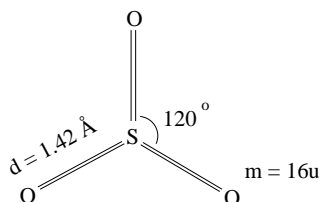


10) Hva er treghetsmomentet til skiva i figuren over, målt i enheten kg m^2 , og med hensyn på en akse normalt på skivas plan, gjennom periferien til skiva?

- A) 1.9 B) 2.3 C) 2.7 D) 3.1 E) 3.5

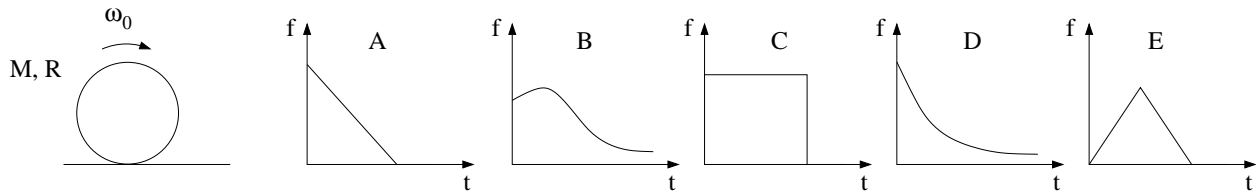
11) Kula i oppgave 9 har diameter 22 cm. Hva er da dens totale dreieimpuls relativt kontaktpunktet mellom kula og underlaget? (Vi antar også her at den ruller rent, med hastighet 3.0 m/s.)

- 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 u Å^2 , til det plane, symmetriske molekylet SO_3 med hensyn på en akse som står normalt på molekylplanet, og som passerer gjennom S-atomet? (De tre $\text{S}=\text{O}$ bindingslengdene er 1.42 Å. De tre $\text{O}=\text{S}=\text{O}$ bindingsvinklene er 120° . Oksygen har masse $16u$. Atomer kan betraktes som punktpartikler.)

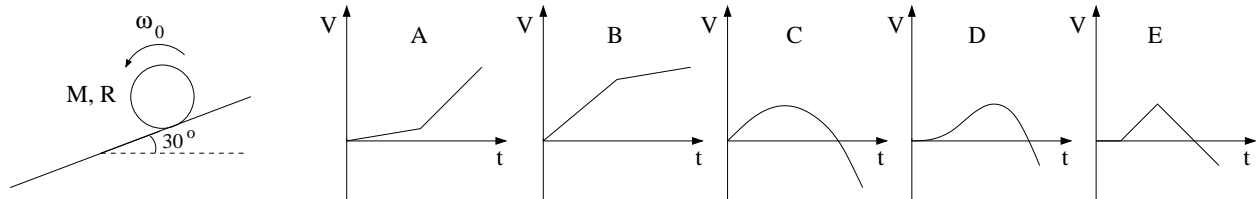
- A) 37 B) 57 C) 77 D) 97 E) 117



13) En roterende ring 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 ring og underlag er henholdsvis μ_k og μ_s . Hvilken graf ovenfor viser friksjonskraften f fra underlaget på ringen som funksjon av tiden t ?

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

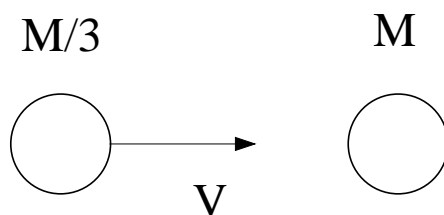
- A) $t_r = \omega_0 R / 4\mu_k g$ B) $t_r = \omega_0 R / 3\mu_k g$ C) $t_r = \omega_0 R / 2\mu_k g$
 D) $t_r = 2\omega_0 R / 3\mu_k g$ E) $t_r = 3\omega_0 R / 4\mu_k g$



15) En roterende ring med masse M og radius R settes forsiktig ned på et skråplan ved tidspunktet $t = 0$, med vinkelhastighet ω_0 og hastighet $V_0 = 0$. Hvilken graf viser ringens hastighet V som funksjon av tiden t ? (Positiv retning nedover skråplanet, som kan antas å gi tilstrekkelig friksjon til at ringen etter hvert vil rulle rent uten å slure.)

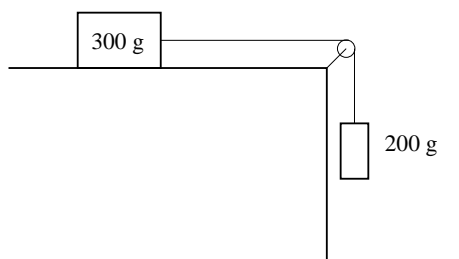
16) Kinetisk friksjonskoeffisient mellom ring og skråplan i oppgave 15 har verdien 0.30, og skråplanetets hellingsvinkel er 30° . Hva blir da ringens akselerasjon nedover langs skråplanet så lenge den slurer (dvs roterer og glir)?

- A) 1.5 m/s^2 B) 3.5 m/s^2 C) 5.5 m/s^2 D) 7.5 m/s^2 E) 9.5 m/s^2



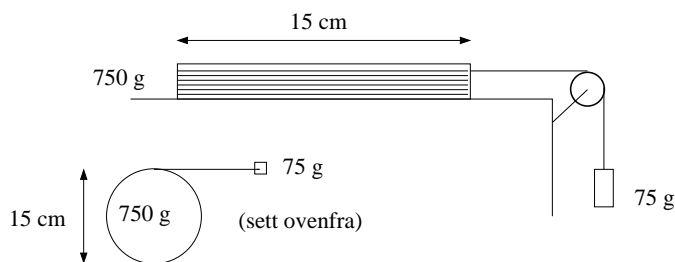
17) To partikler med masse hhv $M/3$ og M kolliderer i et sentralt og fullstendig uelastisk støt (dvs de to partiklene henger sammen etter kollisjonen). Før kollisjonen har partikkelen med masse $M/3$ hastighet V mens partikkelen med masse M ligger i ro. Hva er partiklenes felles hastighet etter kollisjonen?

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



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. Friksjon mellom bordet og massen på 300 g kan neglisjeres. Hva blir massenes akselerasjon? (Snora er hele tiden stram.)

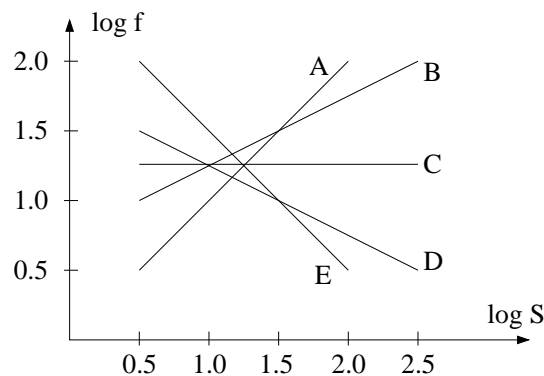
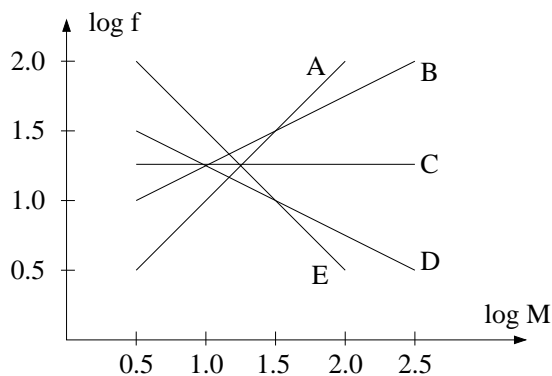
- A) 3.92 m/s^2 B) 4.92 m/s^2 C) 5.92 m/s^2 D) 6.92 m/s^2 E) 7.92 m/s^2



19) Et lodd med masse 75 g er, via ei tilnærmet masseløs snor og trinse, festet til ei kompakt sirkulær skive med masse 750 g og diameter 15 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?

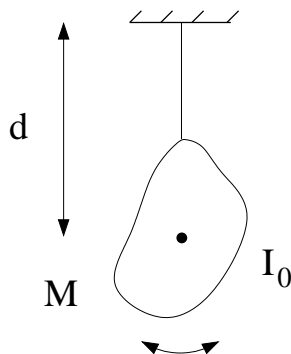
- A) 0.64 m/s^2 B) 1.14 m/s^2 C) 1.64 m/s^2 D) 2.14 m/s^2 E) 2.64 m/s^2

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 M , dvs $\log f$ vs $\log M$?

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



22) Ei spekeskinke med masse $M = 5.9$ kg er hengt opp i ei tilnærmet masseløs snor slik at avstanden fra festepunktet til skinkas massesenter er $d = 70$ cm. Skinka trekkes litt ut til siden og slippes, hvoretter svingetiden (perioden) måles til $T = 2.15$ s. Hva er da skinkas treghetsmoment I_0 med hensyn på en akse gjennom dens massesenter, og orientert normalt på planet vist i figuren?

- A) $I_0 = 0.25$ kg m² B) $I_0 = 0.65$ kg m² C) $I_0 = 1.05$ kg m²
 D) $I_0 = 1.45$ kg m² E) $I_0 = 1.85$ kg m²

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 hastighet under svingebevegelsen? (Se her bort fra demping.)

- A) 0.43 m/s B) 0.63 m/s C) 0.83 m/s D) 1.03 m/s E) 1.23 m/s
-

24) Hva er Foucaultpendelens maksimale vinkelutsving fra likevekt?

- A) 0.3° B) 2.3° C) 4.3° D) 6.3° E) 8.3°
-

25) Lufttemperaturen i Trondheim faller en ettermiddag fra 15 til 10 grader celsius. Med omtrent hvor mye reduseres da lydhastigheten i lufta?

- A) 1% B) 3% C) 5% D) 7% E) 9%
-

26) En kuleformet høyttaler sender ut lyd med samme intensitet i alle retninger. Total utsendt lydeffekt er 80 W. Hva er da lydtrykksnivået i avstand 12 m fra (sentrum av) høyttaleren?

- A) 76 dB B) 86 dB C) 96 dB D) 106 dB E) 116 dB
-

27) Strengene på et musikkinstrument måler 43 cm mellom de to stedene der den kan anses å være festet, med null utsving. E-strengen har masse pr lengdeenhet 1.2 g/m og skal stemmes slik at grunntonen har frekvens 330 Hz. Med hvor stor strekk-kraft må denne strengen strammes?

- A) 77 N B) 87 N C) 97 N D) 107 N E) 117 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 E med frekvens 330 Hz som sin grunntone? (Lydhastigheten i luft: 340 m/s.)

- A) 415 mm B) 515 mm C) 615 mm D) 715 mm E) 815 mm
-

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 $k_x = k_y = 0.50 \text{ m}^{-1}$ og $k_z = 2.50 \text{ m}^{-1}$. Hva er frekvensen når lyd-hastigheten er 340 m/s ?

- A) 101 Hz B) 121 Hz C) 141 Hz D) 161 Hz E) 181 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) $\alpha = 16^\circ$ B) $\alpha = 26^\circ$ C) $\alpha = 36^\circ$ D) $\alpha = 46^\circ$ E) $\alpha = 56^\circ$

31) En transversal bølgepuls propagerer i positiv x -retning på en streng der strekk-kraften er $S = 40 \text{ N}$. 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 $y_0 = 3.0 \text{ cm}$ og med parameteren $a = 15.0 \text{ m}$. 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) $E = 3.8 \text{ pJ}$ B) $E = 3.8 \text{ nJ}$ C) $E = 3.8 \text{ } \mu\text{J}$ D) $E = 3.8 \text{ mJ}$ E) $E = 3.8 \text{ J}$

32) En sirene er festet ute på kanten (periferien) av ei sirkulær skive som roterer med omløpstid 100 ms . Skivas radius er 100 cm . Sirenen genererer lyd med frekvens 440 Hz . Lydhastigheten er 340 m/s . Du står et stykke unna og hører lyd med en frekvens som varierer (harmonisk) mellom

- A) 439 og 441 Hz B) 433 og 455 Hz C) 423 og 465 Hz D) 413 og 475 Hz E) 403 og 485 Hz

33) Du sender rødt laserlys, med bølgelengde 700 nm , inn mot et diffraksjonsgitter og observerer intensitetsmaksima i retning $\theta_1 = \pm 44.4^\circ$ (i tillegg til rett fram, selvsagt, $\theta_0 = 0^\circ$). I hvilke retninger vil det samme diffraksjonsgitteret gi intensitetsmaksima med fiolett laserlys, med bølgelengde 400 nm ?

- A) $0^\circ, \pm 16.2^\circ, \pm 34.3^\circ$ B) $0^\circ, \pm 23.6^\circ, \pm 53.1^\circ$ C) $0^\circ, \pm 29.1^\circ, \pm 81.4^\circ$ D) $0^\circ, \pm 35.8^\circ$ E) $0^\circ, \pm 44.4^\circ$

34) To identiske høyttalere er plassert i henholdsvis $x = 0$ og i $x = L$, med innbyrdes avstand $L = 300$ cm. De to høyttalerne sender ut plane harmoniske lydbølger mot hverandre med lik frekvens $f = 1.7$ 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) 1 cm B) 4 cm C) 7 cm D) 10 cm E) 13 cm
-

35) En stor båt kjører på dypt vann og skaper en bølgepakke på overflaten med bølgelengder omkring 5 m. Hva er bølgepakkens hastighet (dvs gruppehastigheten)?

- A) 0.4 m/s B) 0.9 m/s C) 1.4 m/s D) 1.9 m/s E) 2.4 m/s
-

36) I likhet med Jorda går Venus 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 Venus i banen rundt Sola er 0.615 år. Hva er da Venus' midlere avstand til Sola? (Tips: Keplers 3. lov.)

- A) 108 Gm B) 128 Gm C) 148 Gm D) 168 Gm E) 188 Gm
-

37) Venus' masse er 0.815 ganger Jordas masse, og Venus' volum er 0.866 ganger Jordas volum. Hva er da tyngdens akselerasjon på overflaten av Venus? (g er tyngdens akselerasjon på overflaten av Jorda.)

- A) 0.50 g B) 0.70 g C) 0.90 g D) 1.10 g E) 1.30 g
-

38) Hvor høyt over Jordas overflate må en satellitt befinne seg for at tyngdens akselerasjon på stedet skal være $g/4$? (g er tyngdens akselerasjon på overflaten av Jorda; Jordradien er 6370 km.)

- A) 889 km B) 1492 km C) 3327 km D) 4863 km E) 6370 km
-

39) En partikkel med masse m har hastighet $0.20c$. Hva må partikkelens hastighet være dersom dens relativistiske impuls skal bli dobbelt så stor?

- A) 0.36 c B) 0.38 c C) 0.40 c D) 0.42 c E) 0.44 c
-

40) To romskip, A og B, har hastighet $0.90c$ i henholdsvis negativ og positiv x -retning, målt av deg. Hva er da hastigheten til romskip B, målt av en astronaut i romskip A?

- A) $0.87c$ B) $0.90c$ C) $0.93c$ D) $0.96c$ E) $0.99c$
-

41) En relativistisk partikkel har total energi 6 GeV og impuls 5 GeV/ c . Hva er partikkelens masse?

- A) $2.9 \cdot 10^{-27}$ kg B) $3.9 \cdot 10^{-27}$ kg C) $4.9 \cdot 10^{-27}$ kg D) $5.9 \cdot 10^{-27}$ kg E) $6.9 \cdot 10^{-27}$ kg
-

42) Protoner, med masse m_p , akselereres av en elektrisk spenning slik at de oppnår en kinetisk energi 800 MeV. Hva er protonenes hastighet v ?

- A) $v = 0.84c$ B) $v = 0.87c$ C) $v = 0.90c$ D) $v = 0.93c$ E) $v = 0.96c$
-

43) En relativistisk partikkel har masse m og kinetisk energi mc^2 . Hva er partikkelens impuls?

- A) mc B) $\sqrt{2}mc$ C) $\sqrt{3}mc$ D) $2mc$ E) $\sqrt{5}mc$
-

44) To hendelser inntreffer på samme sted, med 4.5 ns mellomrom i inertialsystem a . I et annet inertialsystem b inntreffer disse to hendelsene med 7.5 ns mellomrom. Hvor langt er det mellom de to hendelsene i inertialsystem b ? (De to inertialsystemene er i rettlinjet bevegelse langs samme akse.)

- A) 1.8 mm B) 1.8 m C) 1.8 km D) 1.8 Mm E) 1.8 Gm
-

45) Hvor fort må du reise radielt bort fra jorda for at en blå LED-lampe med bølgelengde 400 nm skal bli usynlig? (Synlig lys har bølgelengder mellom 400 og 700 nm.)

- A) $0.11c$ B) $0.31c$ C) $0.51c$ D) $0.71c$ E) $0.91c$
-

