

Institutt for fysikk

Eksamensoppgave i
TFY4109 FYSIKK
for MTENERG

Faglig kontakt under eksamen: Institutt for fysikk v/Morten Kildemo
Tlf.: 93 28 77 44/73 59 32 11

Eksamensdato: Torsdag 06. desember 2018

Eksamenstid: 09:00 - 13:00

Tillatte hjelpemidler (kode C):

Bestemt enkel godkjent kalkulator.

Rottmann: Matematisk formelsamling.

Formelark i vedlegg.

Annen informasjon:

1. Denne eksamen teller 90 % på endelig karakter, laboratorierapport 10 %. For studenter med laboratorium godkjent 2016 og før teller denne eksamen 100 %.
2. Eksamenssettet består av 48 spørsmål, derav 44 flervalgsspørsmål, i tillegg til 1 spørsmål som besvares med tall og Ja/Nei, og 3 spørsmål som besvares med enkel skisse/tegning på eget svarark. For hvert av flervalsspørsmålene er kun ett av svarene rett. Kryss av for ditt svar, eller du kan svare blankt. **Retts svar gir 2 poeng, galt svar eller flere svar gir 0 poeng. I 4 utvalgte besvarelser er poengum oppgitt i klammer [3p]. Totalsum på denne oppgaven er 100 poeng.**
3. Innlevering: Ett ark med svartabell for flervalgsspørsmål, 3 svarark med skisser/tegninger for de resterende spørsmålene. Du bør bruke svarark der det er oppgitt.
4. En god del av de første 25 flervalgsspørsmålene er felles med TFY4106 og TFY4115.

Målform/språk: Bokmål.

Antall sider (uten framside): 12.

Antall sider vedlegg: 4.

Antall ark svartabell: 2. (Ett ark leveres inn, det andre for din kopi.)

Antall tilleggsark : svarark: 3. (3 ark leveres inn.)

Kontrollert av:

Informasjon om trykking av eksamensoppgave:

Originalen er: 2-sidig; sort/hvitt

Originalen kopieres fra tosidig til tosidig

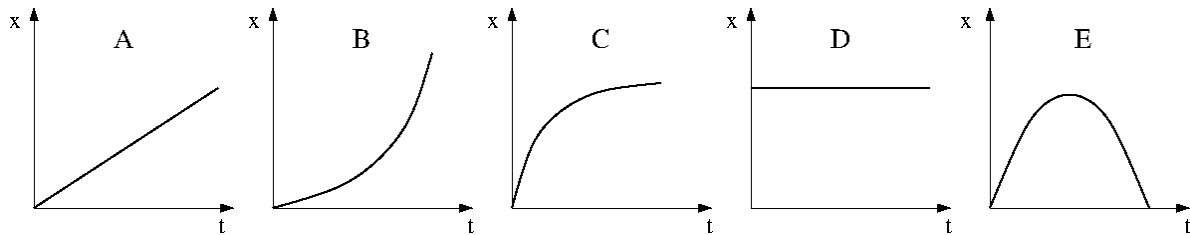
Dato

Sign

Merk! Studenter finner sensur i Studentweb. Har du spørsmål om din sensur må du kontakte instituttet ditt. Eksamenskontoret vil ikke kunne svare på slike spørsmål.

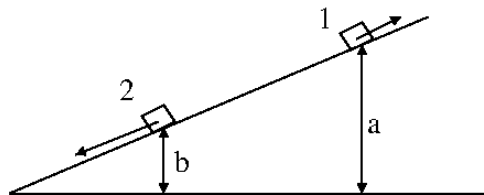
(blank side)

1. Ei kule skytes (ved tid t) ut med en vinkel på 25 grader relativt horisontalplanet. Anta at luftmotstand kan neglisjeres. Hvilken graf illustrerer da best kulas horisontale posisjon som funksjon av tiden?



2. En kloss glir uten friksjon på et skråplan. Klossen starter i posisjon 1 og har da hastighet v_1 oppover skråplanet. Hva blir klossens hastighet v_2 når den senere passerer posisjon 2 på vei nedover?

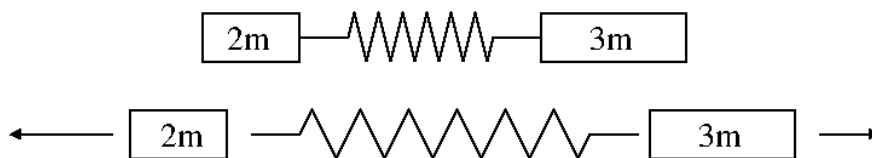
- A) $[v_1^2 + 2g(a - b)]^{1/2}$
 B) $[v_1^2 - 2g(a - b)]^{1/2}$
 C) $[v_1^2 + g(a - b)]^{1/2}$
 D) $[v_1^2 - g(a - b)]^{1/2}$
 E) $[2g(a - b)]^{1/2}$



3. Du har planer om å ommøblere og forsøker å skyve ditt gamle, tunge piano bortover det teppebelagte gulvet. Den statiske og den kinetiske friksjonskoeffisienten er imidlertid så store som henholdsvis 0.8 og 0.6, så til tross for at du dytter (horisontalt) med en kraft på hele 700 N, er pianoet ikke til å rikke. Hva var friksjonskraften fra teppet på pianoet under kraftanstrengelsen?

- A) Vi har ikke nok opplysninger til å bestemme friksjonskraften
 B) 500 N
 C) 600 N
 D) 700 N
 E) 800 N

4. To masser, $2m$ og $3m$, ligger på et friksjonsfritt bord på hver sin side av ei (masseløs) spent fjær. Når fjærlåsen åpnes, skyves de to massene i hver sin retning. Hvordan fordeles den potensielle energien i den spente fjæra på kinetisk energi til de to massene?



- A) 25 % på $2m$, 75% på $3m$
 B) 75 % på $2m$, 25 % på $3m$
 C) 15% på $2m$, 85% på $3m$
 D) 85% på $2m$, 15% på $3m$
 E) 60% på $2m$, 40% på $3m$

5. En gravemaskin kjører med hastighet 2 km/t. Hva er beltets minste og største hastighet?

- A) 2 km/t
- B) 0 og 4 km/t
- C) 0.5 og 1.5 km/t
- D) 0 og 2 km/t
- E) 1 og 3 km/t



6. Kompakte stålkuler med radius 11.0 ± 0.1 mm skal brukes i eksperimenter som belyser Newtons lover og rotasjonsdynamikk. Hva er kulenes overflateareal?

- A) $15.21 \pm 0.01 \text{ cm}^2$
- B) $15.21 \pm 0.03 \text{ cm}^2$
- C) $15.21 \pm 0.05 \text{ cm}^2$
- D) $15.2 \pm 0.1 \text{ cm}^2$
- E) $15.2 \pm 0.3 \text{ cm}^2$

7. Hva er kulenes (midlere) masse, dersom massetettheten er $7.86 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$?

- A) 36.7 g
- B) 43.8 g
- C) 50.9 g
- D) 58.0 g
- E) 65.1 g

8. Hva er kulenes treghetsmoment pr masseenheter I_0/m mhp en akse gjennom sentrum?

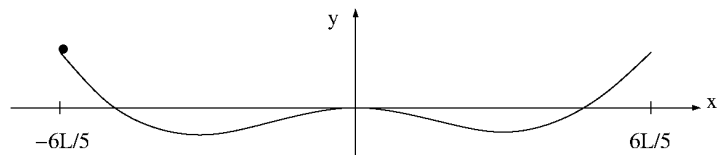
- A) 28.4 mm^2
- B) 33.4 mm^2
- C) 38.4 mm^2
- D) 43.4 mm^2
- E) 48.4 mm^2

9. Ei slik kule (med radius 1.1 cm) ruller uten å gli på en bane med form

$$y(x) = y_0 \left[\left(\frac{x}{L} \right)^4 - \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right],$$

der $y_0 = 25.0$ cm og $L = 250$ cm. Her angir y banehøyden som funksjon av den horisontale posisjonen x . Banen går fra $x = -6L/5$ til $x = 6L/5$. Ei *kvalitativ* skisse av banen er vist i figuren. Kula slippes med null starthastighet i posisjon $x = -6L/5$. Hva er kulas hastighet når den passerer $x = 0$? (Vi ser bort fra luftmotstand og andre mekanismer som fører til tap av mekanisk energi.)

- A) 149 cm/s
- B) 179 cm/s
- C) 209 cm/s
- D) 239 cm/s
- E) 269 cm/s



10. Hva er banens helningsvinkel i hver ende (ved $x=\pm 6L/5$)?

- A) 16°
- B) 20°
- C) 24°
- D) 28°
- E) 32°

11. Hva er krumningsradien i banens to bunnpunkter?

- A) 625 cm
- B) 550 cm
- C) 475 cm
- D) 400 cm
- E) 325 cm

12. En kloss beveger seg på et horisontalt underlag uten friksjon. En horisontalt rettet kraft virker på klossen, på en slik måte at klossens kinetiske energi øker lineært med tiden. Hvilken påstand er riktig?

- A) Kraften på klossen er konstant.
- B) Effekten tilført klossen er konstant.
- C) Kraften på klossen øker lineært med tiden.
- D) Effekten tilført klossen øker lineært med tiden.
- E) Klossens impuls øker lineært med tiden.

13. Ei kule med masse 42 g ligger på et horisontalt friksjonsfritt bord inntil ei ideell masseløs fjær. Fjæra er i utgangspunktet presset sammen 42 mm fra sin likevektslengde. Fjæra løses ut slik at kula akselererer mot høyre. Kulas hastighet når den forlater fjæra, dvs i det fjæra når sin likevektslengde, er 42 cm/s. Hva er fjæras fjærkonstant?

- A) 1.0 N/m
- B) 2.6 N/m
- C) 4.2 N/m
- D) 5.8 N/m
- E) 7.4 N/m



14.

En bil med masse 1500 kg kjører rundt og rundt med konstant fart 100 km/h i en rundkjøring med omkrets 250 m. Hva er bilens akselerasjon?

- A) 11.3 m/s^2
- B) 14.0 m/s^2
- C) 16.7 m/s^2
- D) 19.4 m/s^2
- E) 22.1 m/s^2

15. En rakett befinner seg ute i det ytre rom, upåvirket av ytre krefter. Raketts bevegelse bestemmes da av "rekylkraften" $u \cdot dm/dt$, der $|u|=2.6$ km/s er hastigheten til forbrent drivstoff (eksos) målt relativt raketten, og $|dm/dt|=13 \cdot 10^3$ kg/s er endringen i raketts masse pr tidsenhet, tilsvarende forbrent bensinmasse pr tidsenhet. Ved et gitt tidspunkt har raketten masse $7.5 \cdot 10^5$ kg og hastighet 1.4 km/s. Hvor lang tid bruker nå raketten på å øke hastigheten til det dobbelte?

- A) 24 s
- B) 56 s
- C) ca 8 minutter
- D) ca 1.5 timer
- E) ca 3 døgn

16. Ei snookerkule er kompakt, med jevn massefordeling, diameter 5.25 cm og masse 130 g. Dersom ei slik kule ruller uten å gli med en hastighet 1.00 m/s, hva er da kulas totale dreieimpuls relativt kontaktpunktet mellom kula og underlaget?

- A) $2.52 \cdot 10^{-5}$ Js
- B) $3.69 \cdot 10^{-4}$ Js
- C) $4.78 \cdot 10^{-3}$ Js
- D) $5.81 \cdot 10^{-2}$ Js
- E) 0.627 Js

17. En bordtennisball er et tynt kuleskall med masse 2.7 g og radius 20 mm. La oss anta at en serve i bordtennis utføres slik at ballen påvirkes av en kraft med retning praktisk talt tangentielt til ballens overflate. Anta at kraften er konstant, med absoluttverdi 20 N, rettet horisontalt, og med varighet 1.0 ms. Hvor mange grader har ballen rotert i løpet av kontakttiden på 1.0 ms?

- A) 16
- B) 26
- C) 36
- D) 46
- E) 56

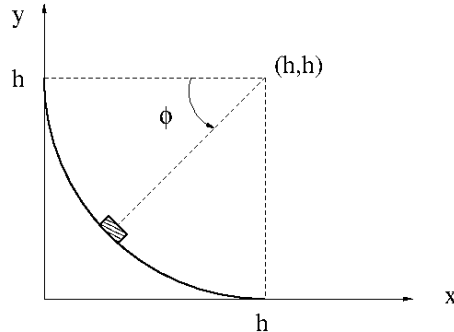
18. En kloss som glir nedover et friksjonsfritt skråplan med helningsvinkel β får en akselerasjon $a = dv/dt = g \sin \beta$ langs skråplanet. Anta at klossen ved tidspunktet $t_0 = 0$ starter i posisjonen $s_0 = 0$ (der s måles langs skråplanet) med hastighet $v_0 = 0.4$ m/s (positiv nedover skråplanet). Numerisk løsning av klossens bevegelse med Eulers metode ("forward Euler") og konstant tidssteg Δt gir nå ligningene

$$v_{n+1} = v_n + a\Delta t, \quad s_{n+1} = s_n + v_n\Delta t,$$

der v_n og s_n er henholdsvis hastighet og posisjon ved tidspunktet $n\Delta t$. Dersom $\beta = 45^\circ$ og vi velger et tidssteg $\Delta t = 0.025$ s, hvor stor blir da feilen i s_1 (dvs absoluttverdien til avviket fra den eksakte analytiske verdien av s ved tidspunktet t_1)?

- A) 2.2 mm
- B) 2.6 mm
- C) 3.0 mm
- D) 3.4 mm
- E) 3.8 mm

19. Ovarennet i en hoppbakke har form som en kvartsirkel med radius h , se figur. Vi velger koordinatsystem slik at bommen (dvs startposisjonen) befinner seg i (x, y) og hoppkanten i $(h, 0)$. Med (h, h) som referansepunkt er det klart at hopperen (en tilnærmet punktmasse) har en posisjon som er entydig bestemt av vinkelen ϕ , se figuren. Siden ovarennet er både bratt og helt uten friksjon, velger hopperen å slippe seg ut fra bommen med null starthastighet. Hva er hopperens hastighet på hoppkanten dersom $h=39$ m?

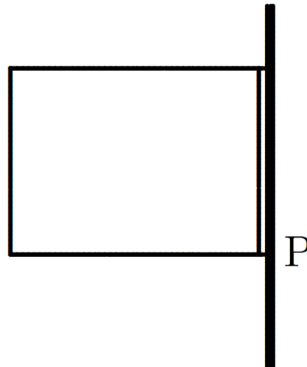


- A) 80 km/t
- B) 90 km/t
- C) 100 km/t
- D) 110 km/t
- E) 120 km/t

20. Gitt beskrivelsen i oppgave 19. Ved hvilken vinkel ϕ har hopperen maksimal vertikal hastighetskomponent?

- A) 35°
- B) 40°
- C) 45°
- D) 50°
- E) 55°

21. Et metallskilt er montert på ei vertikal stang med to fester til stanga. Skiltet har jevn tykkelse, er kvadratisk med sidekant 0.40 m og masse 4.0 kg. Hva er størrelsen og retninga på den horisontale komponenten av krafta som virker på skiltet ved nedre opphengingspunkt P? Du kan bruke $g = 10.0 \text{ m/s}^2$.

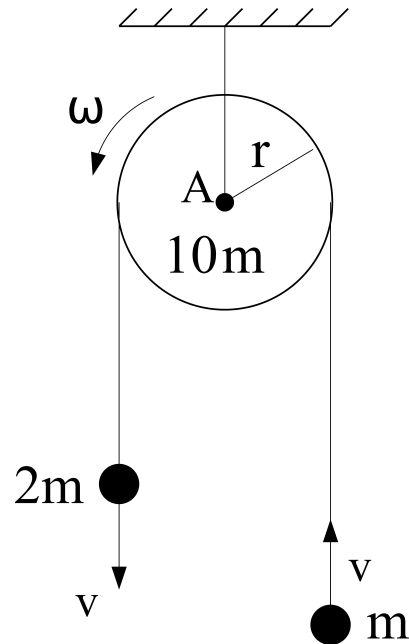


- A) 20 N mot høyre
- B) 20 N mot venstre
- C) 40 N mot høyre
- D) 40 N mot venstre
- E) 10 N mot høyre

22.

Oppsettet til høyre (en såkalt "Atwood-maskin") består av to små kuler, en med masse m og en med masse $2m$, forbundet med ei vektløs snor som er lagt over ei skive med masse $10m$ og radius r . Det er tilstrekkelig friksjon mellom snora og skiva til at snora ikke glir. Systemets (to lodd pluss skive) totale dreieimpuls L_A mhp punktet A i skivas sentrum er gitt som $L_A = 8mrv$. Oppgitt opprinnelig hastighet til punktemassene som $v(0)=0$. Hva er da hastigheten etter $t=0.5s$, antar $g=10$ m/s²?

- A) 0.31 m/s
- B) 0.63 m/s
- C) 1.67 m/s
- D) 1.25 m/s
- E) 2.50 m/s



23. Et lite prosjektil med masse m (punktmasse) og hastighet v skytes horisontalt inn og treffer ei tynn og kompakt skive, i et fullstendig uelastisk støt helt ute på skivas ytterkant. Skiva har radius R og jevnt fordelt masse M . Før kollisjonen står skiva i ro. Den kan rotere tilnærmet friksjonsfritt om en akse (aksling) gjennom skivas sentrum. Akslingen står fast i underlaget. Hva blir omløpstida til skiva (og prosjektilet) etter kollisjonen? Tallverdier: $m=40$ g ; $v= 135$ m/s ; $R= 12$ cm ; $M=0.75$ kg.

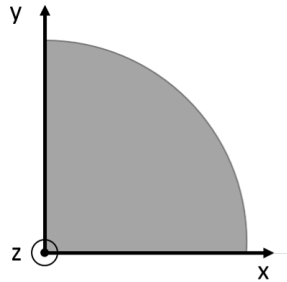
- A) 48 ms
- B) 58 ms
- C) 68 ms
- D) 78 ms
- E) 88 ms

24. En ball med masse 4.0 g slippes fra 5. etasje i Realfagbygget. Mellom 1. etasje og U1 (etasjen under) har ballen konstant hastighet. Luftmotstanden på ballen ved denne hastigheten øker kvadratisk med hastigheten, $F = Dv^2$. Verdien av koeffisienten D er 1.25 g/m. Hva er ballens (terminal-)hastighet?

- 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

25. Figuren viser en kvartsirkelskive med masse M og radius R . Massen roterer om en akse gjennom CM som er parallell med z -aksen. Hva er treghetsmomentet rundt en akse gjennom CM (parallellt med z aksen)?

- A) $0.09 MR^2$
- B) $0.11 MR^2$
- C) $0.14 MR^2$
- D) $0.27 MR^2$
- E) $0.42 MR^2$

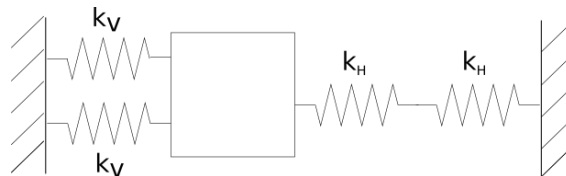


26. En liten kloss er festet til ei ideell fjær og utfører udempede harmoniske svingninger. Klossens maksimale utsving fra likevekt er 3.3 cm og dens maksimale akselerasjon er 9.6 cm/s^2 . Hva er da klossens maksimale hastighet?

- A) 4.5 cm/s
- B) 5.6 cm/s
- C) 6.7 cm/s
- D) 7.8 cm/s
- E) 8.9 cm/s

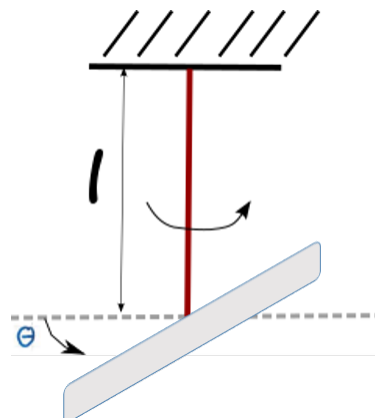
27. En kloss med masse $m = 50 \text{ g}$ er festet til en vegg med ideelle fjærer, som vist i figuren. De to fjærene til venstre er parallelkoplede med to identiske fjærer, begge med fjærkonstant $k_V = 30 \text{ N/m}$. Til høyre er to seriekoblede fjærer, begge med fjærkonstant $k_H = 170 \text{ N/m}$. Klossen trekkes horisontalt litt ut fra sin likevektsposisjon og slippes. Med hvilken periode (svingetid) svinger nå klossen fram og tilbake?

- A) 1.0 s
- B) 2.5 s
- C) 73 ms
- D) 0.12 s
- E) 0.43 s

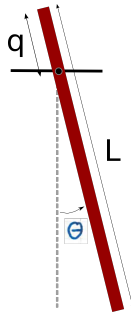


28. En komplisert maskindel med ukjent treghetsmoment, henges ved hjelp av en torsjonstråd opp i taket, som vist i Figur. Tråden er festet til maskindelen, slik at denne kan rotere rundt en akse gjennom CM. Torsjonstråden har torsjonskonstant $\Gamma = 0.55 \text{ Nm/rad}$. (Definert slik at $\tau = -\Gamma\theta$). Ved å vri maskindelen ut fra likevekt å slippe, så registrerer vi 50 svingninger i løpet av 270 s. Hva er da delens treghetsmoment?

- A) 0.08 kgm^2
- B) 0.22 kgm^2
- C) 0.41 kgm^2
- D) 0.75 kgm^2
- E) 0.93 kgm^2



29. Ei tynn og jevntykk stang med lengde $l=100$ cm og masse $M=1$ kg er hengt opp ei et festepunkt A, som er 20 cm fra kanten av staven, se figur. Staven kan svinge fritt om festepunktet A. Antar $g=10$ m/s, hva er da stangas svingeperiode?



- A) 1.51 s
- B) 1.64 s
- C) 1.78 s
- D) 1.86 s
- E) 2.67 s

30.

En svakt dempet harmonisk oscillator får sitt maksimale utsving fra likevekt (dvs utsvingsamplituden) redusert med 0.03% for hver hele svingning (dvs pr periode) når den utfører frie dempede svingninger. Hva er da omtrent oscillatorens Q-faktor?

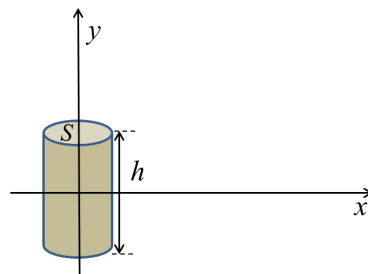
- A) 10
- B) 200
- C) 10^3
- D) 10^4
- E) 10^5

31. [3p] En massiv sylinder som flyter halveis nedsunken i havoverflaten svinger opp og ned i bølgene, se figur. Vi tenker å generere elkraft fra denne ved å la sylinderen være festet til et maskineri festet i havbunnen (f.eks. ved hjelp av en magnet festet til sylinderen og spole festet i havbunnen, eller omvendt, eller noe annet som en smart EMIL student finner på). Vi ser på systemet som et enkelt dempet svingsystem. Ei dempekraft $\vec{F}_b = -b\vec{v}$ fås som et resultat av konverteringen til elektrisk energi. Sylinderen følger uten kopling til maskineriet en vertikal bevegelse som en enkel harmonisk oscillator med resonansfrekvens ω_0 , som et resultat av sylindere oppdrift. Anta at vannbølgene som får sylinderen til å svinge, forplanter seg i positiv x-retning. Med sylinderen forankret i $x=0$, vil bølgen virke på svingemassen som en ekstern periodisk kraft, og vi får et tvunget svingsystem. Ved lange bølgelengder, kan vi anta bølgekraft på systemet på formen:

$$F_y(t) = F_0 \cos \omega t = m\omega_0^2 H_0 \cos \omega t,$$

hvor m er svingemassen, ω_0 egenfrekvensen, H_0 bølgeamplituden og ω bølgefrequensen. Dersom $H_0 = 2.5$ m, $b = 3000$ kg/s, $m = 900$ kg, $\omega_0 = 2.92$ s⁻¹ og $\omega = 7\pi/10$ s⁻¹, hva blir den midlere effekten, $\langle P(t) \rangle = \langle F_b(t) \cdot v_y(t) \rangle$, du kan produsere med dette kraftverket? (Tips, her er $v_y(t)$ svingehastigheten.)

- A) 168 kW
- B) 56 kW
- C) 23 kW
- D) 11 kW
- E) 215 kW

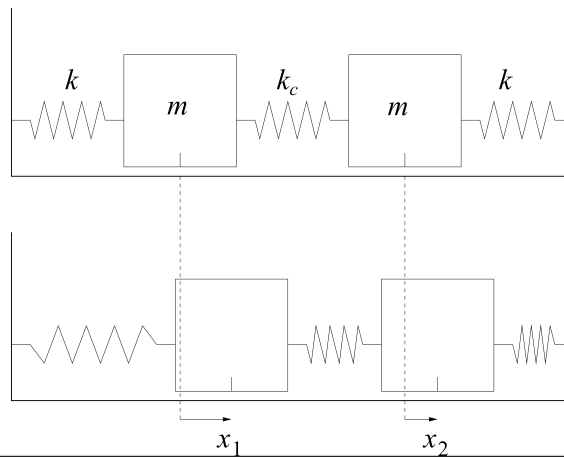


32. [3p] To klosser, begge med masser m , er festet til masseløse fjærer med fjærkonstant henholdsvis k (for den innerste til venstre), k_c (den i midten) og k (den ytterste til høyre), som vist i figuren. I den øverste figuren er hele systemet i likevekt: Begge masser er i ro, alle fjærer har samme lengde, og de er verken strukket eller sammenpresset. Nederst er det vist en generell tilstand, der x_1 og x_2 angir "utsvingene" til henholdsvis masse 1 og 2. De koblede bevegelsesligningene for de to klossene er i dette tilfellet gitt på formen

$$\begin{aligned} m\ddot{x}_1 &= -kx_1 + k_c(x_2 - x_1) \\ m\ddot{x}_2 &= -kx_2 - k_c(x_2 - x_1), \end{aligned}$$

der det er oppgitt at $m=2$ kg, $k=4$ N/m og $k_c=0.4$ N/m. Bestem egenfrekvensene til normalmode-
ne/egenmodene til dette koblede svingesystemet. Den ene av disse egenfrekvensene (ω) er da gitt som:

- A) 1.17 rad/s
- B) 1.55 rad/s
- C) 1.77 rad/s
- D) 2.12 rad/s
- E) 2.43 rad/s



33. En plan, harmonisk lydbølge med partikkelutsving

$$\xi(\mathbf{r}, t) = \xi_0 \cos(1, 4x\hat{x} + 1, 4y\hat{y} + 1, 6z\hat{z} + \omega t + \phi).$$

forplanter seg i luft, med antatt lydhastighet $v=340$ m/s. Hva er frekvensen ?

- A) 28.9 Hz
- B) 105.9 Hz
- C) 126.4 Hz
- D) 131.8 Hz
- E) 137.7 Hz

34. Den plane lydbølgen i oppgave 33, forplanter seg i en retning som danner vinkel α med z -aksen. Hvor stor er vinkelen α ?

- A) 35.3°
- B) 46.7°
- C) 117.5°
- D) 128.9°
- E) 133.7°

35. Ei tynn aluminiumstang, lengde L , klypes fast ved nøyaktig $L/2$, som vi antar gir ei node der. Vi eksiterer ei stående bølge i stanga (jamnfør et Kundt's rør). Stanga har lengde $L=1$ m, og aluminium har massetetthet 2700 kg/m^3 og elastisitetsmodul (eller Youngs modul) $Y=70 \text{ GPa}$. Frekvensen på lydbølgen tilhørende grunntonen, hvis vi kun tar i betraktning longitudinale bølger i stanga, er da gitt som: ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).

- A) 1.1 kHz,
- B) 1.5 kHz,
- C) 2.1 kHz,
- D) 2.5 kHz,
- E) 3.2 kHz,

36. En harmonisk transversal bølge med amplitude 6 mm kommer inn fra venstre på en streng med massetetthet 15 g/m. Bølgen blir delvis reflektert og delvis transmittert der strengen er skjøtt sammen med en annen streng med massetetthet 90 g/m. Hvor stor blir amplituden til den reflekterte bølgen?

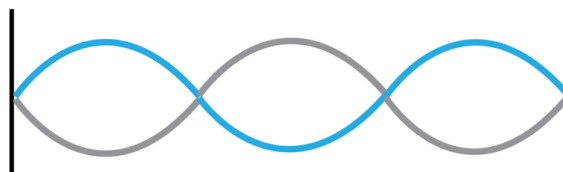
- A) $y_r=0.7 \text{ mm}$
- B) $y_r=1.7 \text{ mm}$
- C) $y_r=2.1 \text{ mm}$
- D) $y_r=2.5 \text{ mm}$
- E) $y_r=2.9 \text{ mm}$

37. Ei lang tynn stang, består av Al (massetetthet $\rho=2700 \text{ kg/m}^3$, Youngs modul $Y=E=70 \text{ GPa}$) sveiset sammen med stål ($\rho=8000 \text{ kg/m}^3$, Youngs modul $Y=E=200 \text{ GPa}$). En harmonisk lydbølge kommer inn fra venstre (fra Al mot stål). Bølgen blir delvis reflektert og delvis transmittert der stanga er sveiset sammen med stålstanga. Hvor stor andel av den tidsmidlere effekten blir reflektert?

- A) 17 %
- B) 24 %
- C) 35 %
- D) 58 %
- E) 98 %

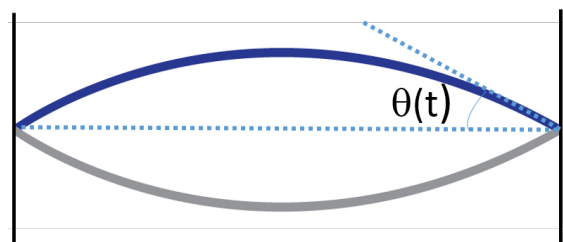
38. Vi generer en stående transversal bølge-mode på en streng, som vist i figuren (det vil si, 4 noder og 3 buker). Strengen er festet i begge ender, med en strekk-kraft S i likevekt. Strengens lengde er 5 m, og dens masse er 0.3 kg. Vi måler en totaltid på 5.3 sekund, for 20 svingeperioder. Hva er strengens strekk-kraft?

- A) 0.2 N
- B) 1.5 N
- C) 3.8 N
- D) 9.5 N
- E) 16.8 N



39. Vi generer nå første normalmode (grunntonen) for en stående transversal bølge-mode på en streng festet i begge ender, som vist i figuren. Gitt denne modens Fourierseriekoeffisient, $b_1=1$ m, og strengens lengde $L=14$ m, finn maksimalt utslag for vinkelen $\theta(t)$ mellom strengen og likevektsposisjonen, ved festepunktet, som vist i figuren.

- A) 11°
- B) 13°
- C) 15°
- D) 17°
- E) 19°

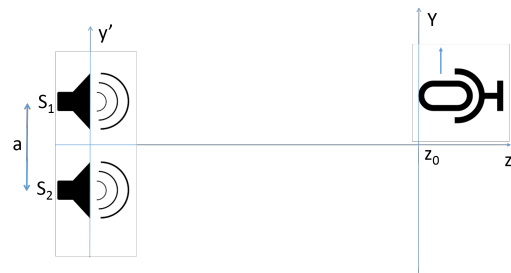


40. Et langt, tynt rør som er åpent i den ene enden og lukket i den andre skal brukes til å lage stående lydbølger med frekvens 45 Hz. Dette skal være rørets laveste resonansfrekvens (grunntonen). Hvor langt må da røret være? Lydhastigheten er 340 m/s.

- A) 105 cm
- B) 189 cm
- C) 210 cm
- D) 425 cm
- E) 590 cm

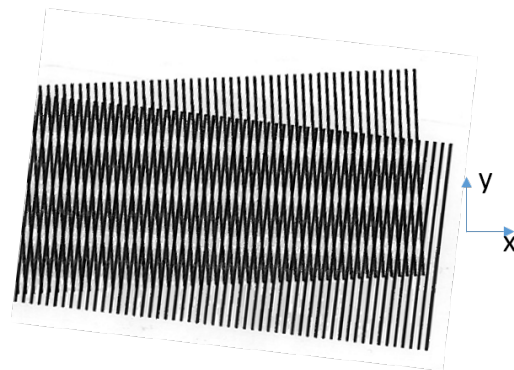
41. To kulebølgekilder (høytalere) ligger på y' akse med avstand $a=1$ meter mellom disse. Disse to høytalerne sender ut identiske lydbølger med frekvens $f=1\text{kHz}$, og intensitet (I_0), i en gass (bestående hovedsaklig av Argon ved temperatur -100° Celsius). I en avstand $z_0=20$ m fra kildene plasserer vi en mikrofon, som vist i figur. De første interferensmaximaene finner vi for $Y=(-6.4695\text{ m}, 0.0, 6.4695\text{ m})$. Hva er da lydhastigheten i denne gassen:

- A) 308 m/s
- B) 317 m/s
- C) 329 m/s
- D) 336 m/s
- E) 349 m/s



42. To plane harmoniske bølger, $D_1(x,t) = \cos(1x + 0.1y - 1t)$ og $D_2(x,t) = \cos(1x - 0.1y - 1t)$, interferer og lager et typisk interferensmønster, slik som vist i Moiree mønsteret i figuren. Hva vil være interferens-mønsterets romlige periode Λ .

- A) 1.5
- B) 6.3
- C) 15.7
- D) 31.4
- E) 62.8



43. Ei sirene er festet ute på kanten (periferien) av ei sirkulær skive som roterer med omløpstid 100 ms. Skivas radius er 50 cm. Sirena 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

44. [3p] Longitudinale bølger som forplanter seg i en kubisk krystall kan modelleres med ei masse fjær transmisjonslinje med endelig avstand mellom massene, og kan da med god tilnærming beskrives ved dispersjonsrelasjonen

$$\omega(k) = \omega_0 \sin\left(\frac{kd}{2}\right) \quad (k \geq 0).$$

Her er $\omega_0 \equiv \sqrt{4s/m}$, m er massen til hvert enkelt atom i krystallen og s er "fjærkonstanten" som beskriver kreftene som virker mellom atomene. Avstanden mellom to "nærmeste nabo" atomer er d . Finn gruppehastigheten til en slik bølge for bølgelengden $\lambda = 4d$, og gitt at maksimal fasehastighet er $v_0 = v(k = 0)$,

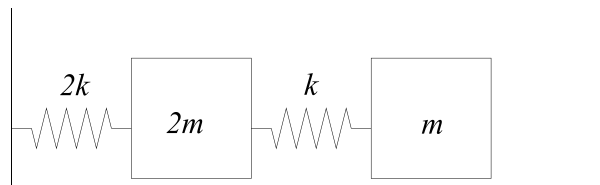
- A) $v_g = 0$
- B) $v_g = 0.31v_0$
- C) $v_g = 0.50v_0$
- D) $v_g = 0.71v_0$
- E) $v_g = 0.86v_0$

45. [3p] En bølgepakke er her gitt som superposisjon av to enharmoniske (eller monokromatiske) bølger med forskjellig frekvens:

$$D(x, t) = 5\cos(28x - 7t) + 5\cos(40x - 9t)$$

Hva er fasehastigheten, v , og gruppehastigheten, v_g , til denne bølgepakken? Er dette en dispersiv bølgepakke? Oppgi tallsvar for både v og v_g på svararket, og besvar med Ja eller Nei om dette er en dispersiv bølgepakke (stryk ut J eller N i svararket).

46. [2p] Skisser den elektrisk ekvivalente kretsen (i form av spole(r),L, kondensator(er),C, og eventuelt motstand(er) R, til systemet i Figur. Oppgi ekvivalent(e) størrelse(r) på L, C og eventuelt R.



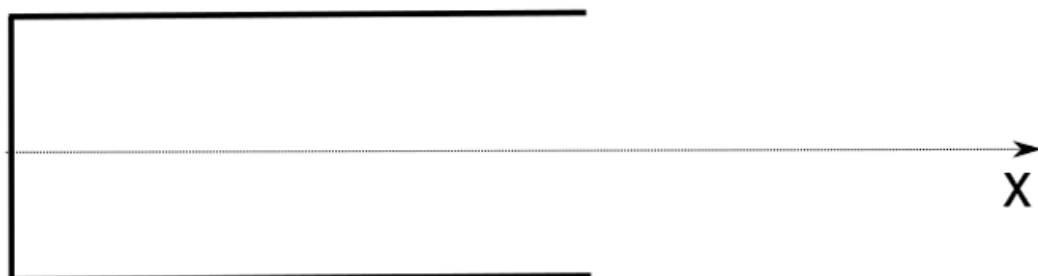
47. [2p] Vi ser på stående bølger i et langt, tynt rør som er åpent i ene enden og lukket i den andre, jf. oppgave 40. Skisser bølgeprofilen ved maksimalt utslag for den stående trykkutsvingsbølgen $p(x, 0)$, for 2. harmoniske (det vil si nest laveste resonansfrekvens eller første overtone). Bruk vedlagt svarark, oppgave 47.

48. [2p] Vi ser på to koplede pendler, som kan svinge med et lite utslag fra likevekt, (som i øvingsoppgaven), pendlene er vist i likevekt i figuren i svararket. Bruk dette svararket til å skisser maksimalt utslag for de to pendlene for normalmodene til dette systemet. Bruk vedlagt svarark, oppgave 48.

Kandidatnummer:

(blank side)

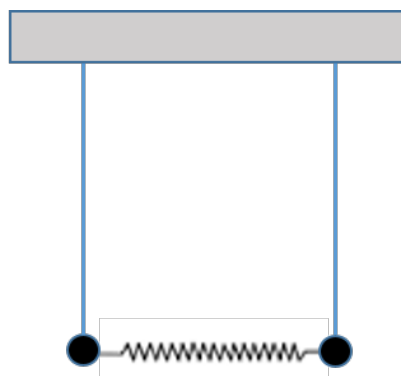
Kandidatnummer:



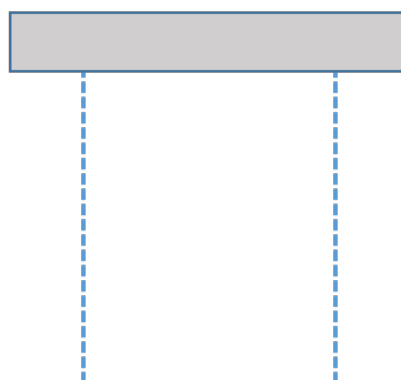
(blank side)

Kandidatnummer:

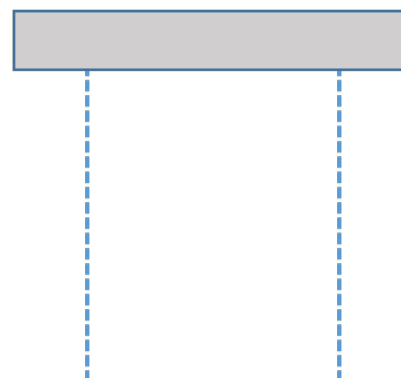
Koplede Pendler i ro.



Skisse til 1. normalmode



Skisse til 2. normalmode



(blank side)