

Midtsemesterprøve Bølgefysikk
Onsdag 7. november 2007 kl 0915 – 1100.

Merk av svarene dine på side 15. Lever inn alle 15 sidene. Husk å skrive på studentnummer.

Tillatte hjelpemidler: C

- K. Rottmann: Matematisk formelsamling. (Eller tilsvarende.)
- O. Øgrim og B. E. Lian: Størrelser og enheter i fysikk og teknikk eller B. E. Lian og C. Angell: Fysiske størrelser og enheter.
- Typegodkjent kalkulator, med tomt minne, i henhold til liste utarbeidet av NTNU. (HP30S eller lignende.)
- Formelsamling i bølgefysikk er inkludert på de neste 7 sidene.

Opplysninger:

- Prøven består av 25 oppgaver. Hver oppgave har ett riktig og tre gale svaralternativ.
- Du *skal* krysse av for *ett* svaralternativ på *hver* oppgave. Avkryssing for *mer enn ett* alternativ eller *ingen* alternativ betraktes som *feil* svar og gir i begge tilfelle null poeng.
- Noen verdier: Tyngdens akselerasjon: $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, Boltzmanns konstant: $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$, Avogadros tall: $N_A = 6 \cdot 10^{23}$, Protonmassen: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Nøytronmassen: $m_n = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Vakuumpermittiviteten: $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$. Vakuumpermeabiliteten: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$.
- Symboler angis i kursiv (f.eks m for masse) mens enheter angis uten kursiv (f.eks m for meter). Vektorer angis med fete symboler. Enhetsvektorer angis med hatt over.
- SI-prefikser: T (tera) = 10^{12} , G (giga) = 10^9 , M (mega) = 10^6 , k (kilo) = 10^3 , c (centi) = 10^{-2} , m (milli) = 10^{-3} , μ (mikro) = 10^{-6} , n (nano) = 10^{-9} , p (piko) = 10^{-12} .

Formelsamling Bølgefysikk

Fete symboler angir vektorer. Symboler med hatt over angir enhetsvektorer. Formlenes gyldighet og symbolenes betydning antas å være kjent.

- Harmonisk plan bølge:

$$\xi(x, t) = \xi_0 \sin(kx - \omega t + \phi)$$

- Bølgeligning:

$$\frac{\partial^2 \xi(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi(x, t)}{\partial t^2}$$

- Fasehastighet:

$$v = \frac{\omega}{k}$$

- Gruppehastighet:

$$v_g = \frac{d\omega}{dk}$$

- Generelt for ikkedispersive udempede bølger:

$$v = \sqrt{\frac{\text{elastisk modul}}{\text{massetetthet}}}$$

- Generelt for lineær respons i elastiske medier:

$$\text{mekanisk spenning} = \text{elastisk modul} \times \text{relativ tøyning}$$

- For transversale bølger på streng:

$$v = \sqrt{\frac{S}{\mu}}$$

- For longitudinale bølger i fluider:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

- For longitudinale bølger i faste stoffer:

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

- Midlere energi pr lengdeenhet for harmonisk bølge på streng:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{2}\mu\omega^2\xi_0^2$$

- Midlere energi pr volumenhet for harmonisk plan bølge:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{2}\rho\omega^2\xi_0^2$$

- Midlere effekt transportert med harmonisk bølge på streng:

$$\bar{P} = v\bar{\varepsilon} = \frac{1}{2}v\mu\omega^2\xi_0^2$$

- Midlere intensitet i harmonisk plan bølge:

$$I = v\bar{\varepsilon} = \frac{1}{2}v\rho\omega^2\xi_0^2$$

- Midlere impulstetthet for harmonisk bølge:

$$\bar{\pi} = \frac{\bar{\varepsilon}}{v}$$

- Ideell gass:

$$pV = Nk_B T$$

- Varmekapasitet ved konstant trykk ($Q = \text{varme}$):

$$C_p = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_p$$

- Varmekapasitet ved konstant volum ($Q = \text{varme}$):

$$C_V = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V$$

- Adiabatiske forhold (dvs ingen varmeutveksling):

$$pV^\gamma = \text{konstant}$$

- Adiabatkonstanten:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V}$$

Gass med 1-atomige molekyler: $\gamma = 5/3$. Gass med 2-atomige molekyler: $\gamma = 7/5$.

- Bulkmodul for ideell gass ved adiabatiske forhold:

$$B = \gamma p$$

- Lydhastighet i gass (m = molekylmassen):

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma k_B T}{m}}$$

- Lydtrykk:

$$\Delta p = -B \frac{\partial \xi}{\partial x}$$

- Lydnivå:

$$\beta(\text{dB}) = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

med $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

- Dopplereffekt:

$$\nu_O = \frac{1 - v_O/v}{1 - v_S/v} \nu_S$$

- For sjokkbølger:

$$\sin \alpha = \frac{v}{v_S}$$

- Transversal bølge på streng med massetetthet μ_1 for $x < 0$ og μ_2 for $x > 0$, innkommende bølge propagerer i positiv x -retning:

Amplitude for reflektert bølge:

$$y_{r0} = \frac{\sqrt{\mu_2} - \sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_2} + \sqrt{\mu_1}} y_{i0}$$

Amplitude for transmittert bølge:

$$y_{t0} = \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_2} + \sqrt{\mu_1}} y_{i0}$$

Refleksjonskoeffisient:

$$R = \frac{\overline{P}_r}{\overline{P}_i}$$

Transmisjonskoeffisient:

$$T = \frac{\overline{P}_t}{\overline{P}_i}$$

- Plan lydbølge normalt inn mot grenseflate i $x = 0$ mellom to medier med elastiske moduler og massetettheter henholdsvis E_1, ρ_1 (for $x < 0$) og E_2, ρ_2 (for $x > 0$), innkommende bølge propagerer i positiv x -retning:

Amplitude for reflektert bølge:

$$\xi_{r0} = \frac{\sqrt{\rho_2 E_2} - \sqrt{\rho_1 E_1}}{\sqrt{\rho_2 E_2} + \sqrt{\rho_1 E_1}} \xi_{i0}$$

Amplitude for transmittert bølge:

$$\xi_{t0} = \frac{2\sqrt{\rho_1 E_1}}{\sqrt{\rho_2 E_2} + \sqrt{\rho_1 E_1}} \xi_{i0}$$

Refleksjonskoeffisient:

$$R = \frac{\overline{P}_r}{\overline{P}_i}$$

Transmisjonskoeffisient:

$$T = \frac{\overline{P}_t}{\overline{P}_i}$$

- Maxwells ligninger på integralform:

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q/\varepsilon_0$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt} \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$$

- Maxwells ligninger på differensialform:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho/\varepsilon_0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

- Lorentzkraften:

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

- Bølgeligning for $\mathbf{E}$ og $\mathbf{B}$ i vakuum:

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2}$$

$$c = 1/\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$$

- Energitetthet i elektromagnetisk felt:

$$u = u_E + u_B = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

- Intensitet i elektromagnetisk bølge:

$$I = c\varepsilon_0 \overline{E^2} = c\varepsilon_0 \langle E^2 \rangle$$

- Poyntings vektor:

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}$$

- Impuls i elektromagnetisk bølge:

$$\boldsymbol{\pi} = \mu_0 \varepsilon_0 \mathbf{S}$$

- Elektrisk dipolmoment:

$$\mathbf{p} = q\mathbf{d}$$

- Magnetisk dipolmoment:

$$\mathbf{m} = I\mathbf{A}$$

- Midlere utstrålt effekt fra oscillerende elektrisk dipol $p_0 \cos(\omega t)$:

$$\langle P \rangle = \frac{p_0^2 \omega^4}{12\pi \varepsilon_0 c^3}$$

- Midlere utstrålt effekt fra oscillerende magnetisk dipol $m_0 \cos(\omega t)$:

$$\langle P \rangle = \frac{\mu_0 m_0^2 \omega^4}{12\pi c^3}$$

- Malus' lov:

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

- Lineære medier:

$$\begin{aligned} \mathbf{P} &= \varepsilon_0 \chi_e \mathbf{E} \\ \mathbf{D} &= \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} = \varepsilon_0 (1 + \chi_e) \mathbf{E} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \mathbf{E} = \varepsilon \mathbf{E} \\ \mathbf{M} &= \chi_m \mathbf{H} \\ \mathbf{B} &= \mu_0 \mathbf{H} + \mathbf{M} = \mu_0 (1 + \chi_m) \mathbf{H} = \mu_0 \mu_r \mathbf{H} = \mu \mathbf{H} \end{aligned}$$

- Maxwells ligninger etc:

$$\begin{aligned} \oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} &= q_{\text{fri}} \\ \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} &= 0 \\ \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} &= -\frac{d}{dt} \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \\ \oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} &= I_{\text{fri}} + \frac{d}{dt} \int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} \\ \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho_{\text{fri}} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{j}_{\text{fri}} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \end{aligned}$$

- Energitetthet, Poyntings vektor:

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{2} \varepsilon E^2 + \frac{1}{2\mu} B^2 \\ \mathbf{S} &= \frac{1}{\mu} \mathbf{E} \times \mathbf{B} \end{aligned}$$

- For elektromagnetiske bølger i medier ($q_{\text{fri}} = I_{\text{fri}} = 0$):

$$\begin{aligned}\nabla^2 \mathbf{E} &= \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \\ \nabla^2 \mathbf{B} &= \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \\ v &= \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r\mu_r}} = \frac{c}{n}\end{aligned}$$

- Grenseflatebetingelser ($q_{\text{fri}} = I_{\text{fri}} = 0$ i grenseflaten):

$$\begin{aligned}\Delta D_{\perp} &= 0 \\ \Delta E_{\parallel} &= 0 \\ \Delta B_{\perp} &= 0 \\ \Delta H_{\parallel} &= 0\end{aligned}$$

- Refleksjon og brytning:

$$\begin{aligned}\theta_r &= \theta_i \\ n_1 \sin \theta_i &= n_2 \sin \theta_t\end{aligned}$$

- Youngs eksperiment med to smale spalter:

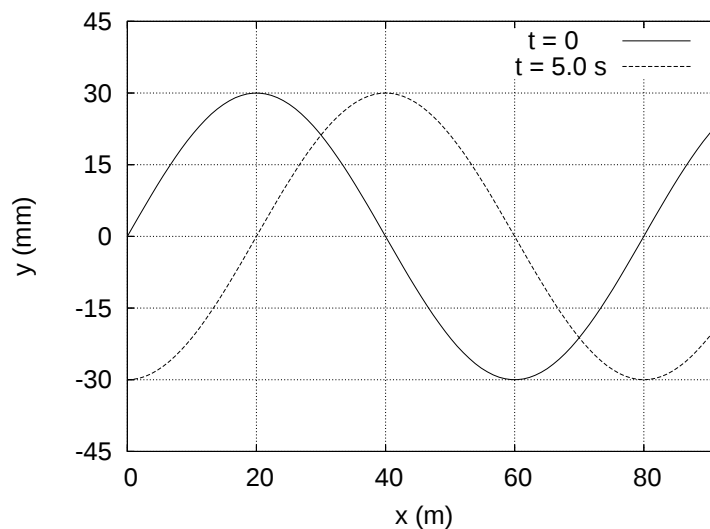
$$I(\theta) = 4I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \right)$$

Oppgaver

1) En masse er festet til ei fjær og utfører udedpede harmoniske svingninger med vinkelfrekvens ω . Ved et bestemt tidspunkt har massen akselerasjon a og hastighet v . Hva er massens maksimale utsving?

- A v/ω
- B a/ω^2
- C $\sqrt{v^2 + a^2/\omega^2}/\omega$
- D $\sqrt{2}(v/\omega + a/\omega^2)$

Figur 1:



Figur 1 gjelder oppgavene 2 – 3 og viser to øyeblikksbilder av (en del av) en harmonisk transversal bølge som forplanter seg på en streng.

2) Hva kan denne bølgens hastighet være?

- A 44 m/s i negativ x -retning
- B 22 m/s i negativ x -retning
- C 22 m/s i positiv x -retning
- D 44 m/s i positiv x -retning

3) Hva er tilhørende frekvens?

- A 0.28 Hz
- B 0.55 Hz
- C 0.83 Hz
- D 1.10 Hz

4) Et uvær i Nordsjøen genererer østgående dønninger med bølgelengde 200 m. Bølgene beskrives av dispersjonsrelasjonen $\omega(k) = \sqrt{gk}$, der g er tyngdens akselerasjon og k er bølgetallet. Hvor lang tid tar det før dønningene når fram til Røst, 50 km lenger øst?

- A ca $\pi/6$ timer
 - B ca $\pi/5$ timer
 - C ca $\pi/3$ timer
 - D ca $\pi/2$ timer
-

5) Hva er lyd hastigheten i heliumgass (He) ved temperatur 30 K? Et heliumatom har to protoner og to nøytroner i kjernen.

- A 321 m/s
 - B 972 m/s
 - C 1217 m/s
 - D 1884 m/s
-

6) En meget lang vertikalstilt (z -retningen) høyttaler sender ut sylindersymmetriske lydbølger med like stor intensitet i alle horisontale retninger (xy -planet). Dersom du måler et intensitetsnivå på 90 dB i (horisontal) avstand 20 m fra høyttaleren, hva er da intensitetsnivået i (horisontal) avstand 4 m fra høyttaleren?

- A 97 dB
 - B 104 dB
 - C 111 dB
 - D 118 dB
-

7) Den plane bølgen $\xi(\mathbf{r}, t) = \xi_0 \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \omega t)$ forplanter seg

- A i motsatt retning av $\mathbf{r}$.
 - B i motsatt retning av $\mathbf{k}$.
 - C i en retning normalt på $\mathbf{r}$.
 - D i en retning normalt på $\mathbf{k}$.
-

8) En streng med lengde 3.75 m er festet i begge ender. Strekket i strengen er 225 N og massen er 31 g. Hva er frekvensen til strengens laveste resonansfrekvens?

- A 16 Hz
 - B 19 Hz
 - C 22 Hz
 - D 25 Hz
-

9) En bil (nr 1) står i ro, en annen (nr 2) kjører med hastighet 30 m/s rett mot den første. Begge bilene er utstyrt med en sirene som genererer en harmonisk lydbølge med frekvens 750 Hz. Det er vindstille, og været er ellers slik at lydhastigheten denne dagen er $v = 340$ m/s. Hvilken frekvens ν_1 måler bil nr 1 fra sirenen i bil nr 2, og hvilken frekvens ν_2 måler bil nr 2 fra sirenen i bil nr 1?

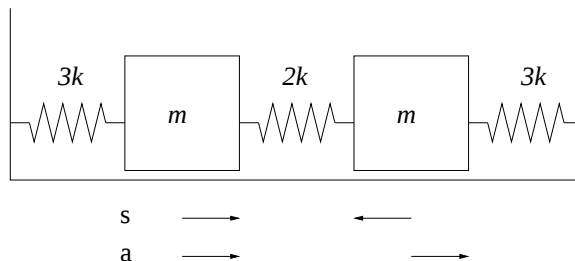
- A $\nu_1 = 816$ Hz og $\nu_2 = 816$ Hz
 - B $\nu_1 = 823$ Hz og $\nu_2 = 823$ Hz
 - C $\nu_1 = 823$ Hz og $\nu_2 = 816$ Hz
 - D $\nu_1 = 816$ Hz og $\nu_2 = 823$ Hz
-

10) Et tynt rør som er åpent i begge ender skal brukes til å lage stående lydbølger med frekvens 4080 Hz. Dette skal være rørets tredje laveste resonansfrekvens. Hvor langt må da røret være? Lydhastigheten er 340 m/s.

- A 75 mm
 - B 100 mm
 - C 125 mm
 - D 150 mm
-

11) To like store masser m er festet til fjærer med fjærkonstanter $3k$ og $2k$ som vist i figuren. De to massene kan svinge i to vibrasjonsmoder ("normale moder"): en "symmetrisk" mode (s) der massenes utsving fra likevekt er like store men med motsatt fortegn og en "antisymmetrisk" mode (a) der massenes utsving fra likevekt er like store og med samme fortegn. De tilhørende vinkelfrekvensene er henholdsvis ω_s og ω_a . Hva blir forholdet mellom disse, dvs ω_s/ω_a ?

- A $\sqrt{2/3}$
- B $\sqrt{3/2}$
- C $\sqrt{5}$
- D $\sqrt{7/3}$

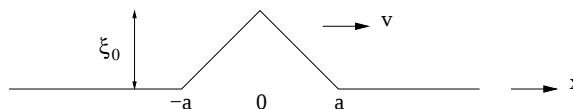


12) En trekantformet bølgepakke $\xi(x, 0)$ er vist i figuren (dvs: ved $t = 0$). Bølgepakken vandrer med hastighet v langs en streng med masse μ pr lengdeenhet. Størrelsen $\xi(x, t)$ representerer det transversale utsvinget av strengen. Hva blir bølgepakkens totale impuls p ?

Oppgitt:

$$p = \int_{-\infty}^{\infty} \mu \frac{\partial \xi}{\partial t} \left(1 - \frac{\partial \xi}{\partial x} \right) dx$$

- A $2\mu \xi_0^2 v^2 / a^2$
- B $2\mu \xi_0 v$
- C $2\mu v$
- D $2\mu \xi_0^2 v / a$



13) Dispersjonsrelasjonen for en uendelig lang kjede med masser m koblet sammen med ideelle fjærer med fjærkonstant s er

$$\omega(k) = \sqrt{\frac{4s}{m}} \sin \frac{kd}{2}$$

Her er d avstanden mellom to nabomasser. Hva er fasehastigheten til harmoniske bølger med bølgelengde $d/2$?

- A null
- B $\sqrt{sd^2/m}$
- C $\sqrt{4s/m}$
- D $\sqrt{4sd^2/m}$

14) For systemet i forrige oppgave, hva er gruppehastigheten når bølgelengden er $d/2$?

- A null
- B $\sqrt{sd^2/m}$
- C $\sqrt{4s/m}$
- D $\sqrt{4sd^2/m}$

15) I en plan harmonisk elektromagnetisk bølge som forplanter seg i vakuum har det elektriske feltet en amplitude 3 V/m. Hva er da amplituden til bølgens magnetfelt?

- A $9 \cdot 10^8$ T
 - B 10^{-8} T
 - C 3 T
 - D 1.73 T
-

16) Himmelen er blå fordi

- A sola sender ut bare blått lys.
 - B molekylene i atmosfæren sprer lys med høy frekvens mest.
 - C atmosfæren inneholder mye karbondioksyd.
 - D atmosfæren reflekterer lyset fra blå alger i havet.
-

17) Fra Maxwells ligninger kan man utlede at

- A tangentialkomponenten av $\mathbf{E}$ og normalkomponenten av $\mathbf{B}$
- B tangentialkomponenten av $\mathbf{B}$ og normalkomponenten av $\mathbf{E}$
- C tangentialkomponenten av $\mathbf{E}$ og tangentialkomponenten av $\mathbf{B}$
- D normalkomponenten av $\mathbf{E}$ og normalkomponenten av $\mathbf{B}$

er kontinuerlige i grenseflaten mellom to dielektriske medier.

18) Hva betyr det at to lyskilder er koherente?

- A At de sender ut lysbølger med en fast innbyrdes fasesammenheng.
 - B At de sender ut lysbølger med samme intensitet.
 - C At de sender ut synlig lys.
 - D At de sender ut lysbølger med samme polarisasjonsretning.
-

19) Den elektromagnetiske bølgen som er beskrevet i forrige oppgave, faller normalt inn mot en vegg som absorberer bølgen fullstendig. Hvor stort strålingstrykk blir veggen utsatt for?

- A 40 N/m^2
 - B 40 N/mm^2
 - C $40 \text{ N}/\mu\text{m}^2$
 - D 40 N/nm^2
-

20) Laserlys med bølgelengde 632.8 nm faller normalt inn mot en vegg med to svært smale parallelle spalter med innbyrdes avstand 0.10 mm . Hva blir avstanden mellom linjene med null intensitet som ligger på hver sin side av nullte ordens intensitetsmaksimum når interferensmønsteret observeres på en skjerm i avstand 5.0 m fra veggen med de to spaltene?

- A 64 cm
 - B 32 cm
 - C 64 mm
 - D 32 mm
-

21) Hvilken påstand er feil?

- A Grunnen til at vi ser adskilte farger i regnbuen er dispersjon.
 - B Total refleksjon er mulig på begge sider av en grenseflate mellom to dielektriske medier.
 - C Lysets hastighet er mindre i vann enn i luft.
 - D Lys som reflekteres med refleksjonsvinkel lik Brewsters vinkel er fullstendig polarisert normalt på innfallsplanet.
-

22) Hva er bølgelengden til lys med frekvens 520 THz i glass med brytningsindeks 1.60?

- A 577 nm
 - B 456 nm
 - C 361 nm
 - D 225 nm
-

23) Hva er sammenhengen mellom ω , $\mathbf{k}$, $\mathbf{E}$ og $\mathbf{B}$ i en monokromatisk elektromagnetisk bølge?

- A $\mathbf{k} \times \mathbf{E} = \omega \mathbf{B}$
 - B $\mathbf{k} \times \mathbf{B} = \omega \mathbf{E}$
 - C $\mathbf{k} \cdot \mathbf{E} = \omega |\mathbf{B}|$
 - D $\mathbf{k} \cdot \mathbf{B} = \omega |\mathbf{E}|$
-

24) En punktformet lyskilde er plassert midt på bunnen av et basseng med dybde d . Bassenget har kvadratisk form med sidekanter L . Vannet i bassenget har brytningsindeks 1.33. Hva blir kriteriet for at hele bassengets overflate skal slippe ut lys fra punktkilden på bunnen?

- A $d/L \geq 1.12$
 - B $d/L \geq 0.62$
 - C $d/L \leq 0.62$
 - D $d/L \leq 1.12$
-

25) En monokromatisk lysstråle treffer ei dielektrisk kule med radius R i avstand $\sqrt{3}R/2$ fra linjen som går gjennom kulas sentrum. Den delen av lysstrålen som passerer gjennom kula uten noen indre refleksjoner har endret sin retning med 30° . Hva er kulas brytningsindeks? (Det omgivende mediet er luft, med brytningsindeks 1.)

- A $\sqrt{3/2}$
 - B $\sqrt{4/3}$
 - C $\sqrt{5/4}$
 - D $\sqrt{6/5}$
-

FY1002/TFY4160 Bølgefysikk

Midtsemesterprøve onsdag 7. november 2007 kl 0915 – 1100.

Emnekode:

Studentnummer:

Oppgave	A	B	C	D	Oppgave	A	B	C	D
1	☐	☐	☐	☐	14	☐	☐	☐	☐
2	☐	☐	☐	☐	15	☐	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐	☐	16	☐	☐	☐	☐
4	☐	☐	☐	☐	17	☐	☐	☐	☐
5	☐	☐	☐	☐	18	☐	☐	☐	☐
6	☐	☐	☐	☐	19	☐	☐	☐	☐
7	☐	☐	☐	☐	20	☐	☐	☐	☐
8	☐	☐	☐	☐	21	☐	☐	☐	☐
9	☐	☐	☐	☐	22	☐	☐	☐	☐
10	☐	☐	☐	☐	23	☐	☐	☐	☐
11	☐	☐	☐	☐	24	☐	☐	☐	☐
12	☐	☐	☐	☐	25	☐	☐	☐	☐
13	☐	☐	☐	☐					

NB: Kontroller at du har satt ETT kryss for hver av de 25 oppgavene.