

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: FYS 2130 Svingninger og bølger.

Eksamensdag: 5. juni 2008.

Tid for eksamen: Kl 14:30 - 17:30.

Oppgavesettet er på 3 sider.

Vedlegg: Ingen.

Tillatte hjelpemidler: Øgrim/Angell og Lian: Størrelser og enheter i fysikken.

Rottman: Matematisk formelsamling.

Ett A4-ark med egne notater.

Elektronisk kalkulator av godkjent type (uten lagret tekst)

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

MERK: For å få full uttelling på besvarelsen, må tankegangen din og forutsetninger du gjør komme klart fram. Dette gjelder alle spørsmål, også når det ikke er spesifisert. Vi gjør oppmerksom på at noen oppgaver kan inneholde villedende (unødvendige) opplysninger og/eller "lurespørsmål".

Oppgave 1 (7 x 4 = 28 poeng oppnåelig av totalt 98 poeng)

a

Hvilke krav må man stille til en kraft for at den skal kunne danne grunnlaget for svingninger?

b

I en katedral er største orgelpipen ca 11 m lang og den innvendige diameteren er om lag 40 cm. Hvilken frekvens har lyden som kommer fra disse pipene? (Lydhastigheten kan antas å være 340 m/s.)

c

Forsøk ved hjelp av maksimum fem setninger å angi viktige karakteristiske trekk knyttet til fenomenet koherens.

d

Dersom en fjær kuttes på midten, hva blir da kraftkonstanten k for hver enkelt del? Hvordan ville den vertikale svingebevegelsen til et lodd endre seg når man skifter fra hele fjæren til halve fjæren? (Som vanlig: Begrunn svarene!)

e

Lyden fra en gitar endrer seg når vi klimprer på den midt på strengen, eller på "normalt" sted, eller helt mot enden av strengen. Kan du gi en kvalitativ forklaring på dette?

f

Når vi plasserer to kryssede polarisasjonsfiltre etter hverandre, slipper praktisk talt ikke noe lys gjennom. Dersom vi stikker inn et tredje polarisasjonsfilter mellom de to andre, kan det hende det slippes gjennom betydelig mer lys. Som vanlig: Forklar!

g

I en vanlig regnbue ser vi en rekke farger, men dersom dråpestørrelsen blir liten nok, ser regnbuen bare "hvit" ut. Forsøk å forklare hvorfor. Hvor små tror du dråpene må være i slike tilfeller?

Oppgave 2 (7 x 3 = 21 poeng oppnåelig av totalt 98 poeng)

En bølge er beskrevet ved uttrykket:

$$f(x, t) = A \sin(kx - \omega t) + \frac{A}{3} \sin(kx + \omega t) \quad (1)$$

Hvor A er en skalar (med benevning). Svar på følgende spørsmål: (Husk som vanlig å begrunne svarene!)

- a* Er bølgen longitudinal eller transversal?
- b* Er bølgen plan eller krum?
- c* Er bølgen lineært (plant) eller sirkulært polarisert?
- d* Er bølgen en vandrende eller stående bølge?
- e* Foreslå en måte å generere en slik bølge på?
- f* Hvilken hastighet beveger bølgen seg med?
- g* Anta at bølgen forplanter seg gjennom et dispersivt medium. Hva mener vi med dette? Hvordan kan vi bygge denne egenskapen inn i formalismen gitt i ligning 1 ovenfor?

Oppgave 3 (5 x 5 = 25 poeng oppnåelig av totalt 98 poeng)

- a* Skriv opp en generell svingeligning med og uten demping og med og uten en påtrykt harmonisk tidsvariabel kraft. (Velg selv om ligningen skal beskrive et lodd i en fjær, en pendel, en torosjonspendel, en elektrisk svingekrets eller andre systemer.)
- b* Skissér hovedlinjene i hvordan vi kan gå fram for å finne en løsning av den mest generelle av disse ligningene.
- c* Følg hovedlinjene i utledningen noen få trinn, men nok til at du kan angi hva som fører til underkritisk, kritisk og overkritisk demping.
- d* Skisser hvordan disse løsningene ser ut når vi ikke har en påtrykt harmonisk tidsvarierende kraft. Spesifiser hvilke initialbetingelser du tar utgangspunkt i for dine skisser.
- e* Forklar kort hvordan løsningen vil se ut når også den påtrykte harmoniske tidsvarierende kraften er til stede. Også her er det fint om du sier noe om initialbetingelsene du velger for din forklaring.

Oppgave 4 (3 x 4 = 12 poeng oppnåelig av totalt 98 poeng)

Et kraftig stereoanlegg har en sluttforsterker som kan levere 100 W til hver av høyttalerne. Høyttalerne klarer å omsette ca 8 prosent av tilført elektrisk energi til mekanisk energi i form av lydbølger. Anta for enkelhets skyld at lydenergien fordeler seg jevnt ut over hele det halve kuleskallet som er på forsiden av høyttalerfronten.

a Hvor nær kan man komme en av høyttalerne når stereoanlegget står på full effekt, uten at det er spesiell fare for hørselskader? [Hint: Hørselskade opptrer hyppig og akutt for lydstyrker større eller lik 110 dB. 0 dB tilsvarer $1.0 \cdot 10^{-12} \text{ W / m}^2$.]

b Stereoanlegget skal brukes i en stue der avstanden mellom høyttaler og lytter er 5 m. Vanligvis liker eieren å ha 80 dB lyd i sittegruppen sin fordi lyden da ikke er så høy at det er vanskelig å føre en samtale samtidig som man lytter til musikken. Hvor mange watt må stereoanlegget levere for denne settingen?

c [Tips: Vent med denne oppgaven til slutt, siden du fort kan bruke mye tid på denne.] Forsøk å argumentere for hvordan vi kan estimere den minste avstanden det må være mellom høyttalerne i vår setting for at lytteren skal ha mulighet for å få stereovirkning i lyden. [Anta at avstanden mellom ørene til lytteren er ca 17 cm og at lydshastigheten er om lag 340 m/s.]

Oppgave 5 (3 x 4 = 12 poeng oppnåelig av totalt 98 poeng)

Ved diskret Fourier-analyse starter vi ut med et digitalisert tids-signal $g(i)$ (for $i = 1, \dots, N$) og beregner frekvenskomponenter i tråd med uttrykkene:

$$f_c(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g(i) \cos\left(\frac{2\pi(j-1)}{N}(i-1)\right) \quad (2)$$

$$f_s(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g(i) \sin\left(\frac{2\pi(j-1)}{N}(i-1)\right) \quad (3)$$

Tidsignalet er samlet i N punkter.

a Hva er hensikten med å ha med både et sinus- og cosinus-uttrykk?

b Anta at tidssignalet g var rent harmonisk med amplitude 328 og hadde nøyaktig åtte hele perioder innenfor de 1024 punktene vi samlet og at $g(1) = 0.0$. Hvordan vil da frekvensspekteret se ut?

c Anta at signalet vi digitaliserte hadde en frekvens på 890 Hz og at samplingsfrekvensen var 1000 Hz. Hvordan vil da frekvensspekteret se ut?