

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Georg André

Tlf.: 3413

EKSAMEN I FAG 74125 - FYSIKK

Avd. 4 og 9 (Elektro- og Datateknikk/Økonomiske- og administrative fag)

Lørdag 6. juni 1992

Tid: kl. 0900-1500

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator

K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk

O.H. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

K. Rottmann: Matematische Formelsammlung

S. Barrett og T.M. Cronin: Mathematical Formulae

Oppgave 1

- a) En aluminiumskule er hengt opp i en masseløs fjær som er festet i et fast punkt. Kulen settes i frie, udempede vertikale svingninger i luft med neglisjibel viskositet. Vi måler 48 hele svingninger i løpet av 16,0 s. Hva er sirkelfrekvensen ω_0 for egensvingningene?
- b) Vi skal ved hjelp av systemet i a) måle viskositeten av en olje (SAE 10) ved å senke kulen i oljen og la den svinge i oljen. Kulen forskyves vertikalt $x(0) = A_0 = 0,100$ m og slippes uten begynneshastighet. Systemet kommer i frie vertikale svingninger som dempes med den viskøse kraften $F = -b(dx/dt)$ (Stokes lov) der motstandskoeffisienten $b = 6\pi\eta r$. η er viskositetskoeffisienten og r er kulens radius. Vi måler 10 hele svingninger i løpet av 3,60 s. Tettheten for aluminium $\rho = 2,68 \cdot 10^3$ kg/m³ og kulens radius $r = 0,00500$ m.
- i. Still opp differensialligningen for kulens bevegelse. Den har løsning

$$x(t) = A e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \delta)$$

der ω er sirkelfrekvensen for den dempede svingning. Hvor stor er motstandskoeffisienten b og viskositetskoeffisienten η .

- ii. Vis at konstanten i amplituden

$$A = A_0 (\omega_0/\omega)$$

og bestem fasekonstanten δ . Gjør bruk av begynnelsesbetingelsene.

- c) I et nytt forsøk skal dempningen skje uten at kulen skal passere likevektsposisjonen. Oljen i b) byttes ut med en olje med større viskositet. Hvor stor er oljens viskositetskoeffisient η_1 når vi observerer at dempningen er kritisk?

Oppgave 2

Et sylindrisk rør av et varmeisolerende materiale har ytre radius r_1 og indre radius r_2 . Materialets varmeledningsevne (termisk konduktivitet) er k . Røret fører vann med konstant temperatur T_2 , og luften som omgir røret har en lavere konstant temperatur T_0 . Varmeovergangstallet (termisk transmisjonskoeffisient) ved konveksjon mellom ytre rørvegg og omgivende luft er α . Det forutsettes at indre rørvegg har samme temperatur som vannet.

- a) Finn den radielle, stasjonære varmestrøm dQ/dt mellom indre og ytre rørvegg for en lengde L av røret, uttrykt ved temperaturen på indre rørvegg T_2 og den ukjente temperatur T_1 på ytre rørvegg.
- b) Beregn temperaturen T_1 og varmestrømmen dQ/dt fra indre rørvegg til luften omkring når

$$r_1 = 0,020 \text{ m}, \quad r_2 = 0,010 \text{ m}, \quad L = 1,0 \text{ m}, \quad k = 0,50 \text{ W/mK}, \quad \alpha = 10 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad T_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{og} \quad T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

- c) Varmestrømmen (varmetapet) kan endres ved å forandre ytre radius r_1 mens indre radius r_2 er konstant. Beregn den verdi av r_1 som gir maksimum varmestrøm fra røret, uttrykt ved de gitte verdier av k og α . Hvor stor er varmestrømmen $(dQ/dt)_m$ ved denne verdi av r_1 og temperaturen T_1 på ytre rørvegg?
- d) Hva kan grunnen være til at varmestrømmen under visse forhold kan øke med veggtykkelsen?

Ved konveksjon vegg - luft er varmestrømmen $dQ/dt = \alpha A \Delta T$, der α er varmeovergangstallet (termisk transmisjonskoeffisient), A arealet varmen strømmer gjennom og ΔT temperaturforskjellen mellom vegg og luft.

Oppgave 3

Et elektron med masse m beveger seg langs positiv x -akse. Potensialbarrieren $U = \infty$ for $x \leq 0$, mens den potensielle energi $U(x) = -c/x$ for $x > 0$ med $c = e^2/4\pi\epsilon_0$, der e er elementærladning, ϵ_0 permittivitet i vakuum.

- a) Still opp Schrödingers tidsuavhengige ligning for elektronet for $x > 0$.
- b) Løsningen av Schrödingersligningen er

$$\psi(x) = Axe^{-\alpha x}$$

der A og α er konstanter. Finn den tilhørende energieigenverdi E og konstanten α . Gi svarene både med symboler og numerisk. Merk at ved beregningen i forbindelse med Schrödingerligningen skal løsningene være uavhengig av x .

- c) Finn A ved normering av bølgefunksjonen.
- d) Hva er sannsynlighetstettheten for elektronet ved posisjonen x ?
- e) Hva er den mest sannsynlige posisjon x_s , midlere posisjon (forventningsverdien) $\langle x \rangle$ og det klassiske vendepunkt x_0 for elektronet. Ved vendepunktet x_0 er den totale energi potensiell.
- f) Skisser sannsynlighetstettheten som funksjon av x i en graf, og angi posisjonene x_s , $\langle x \rangle$ og x_0 i grafen. Skisser det klassiske forbudte område for elektronet.

Tillegg til eksamen i fysikk

fag 74125

Replike:

trykkfeil i K.F. Krotsen: Formler og data i fysikk

6. utgave side 121

skal være:

koordinat x

impuls p

energi E

operator

$$x \cdot \frac{\partial}{\partial x}$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + U(x)$$