

Lösningar till deltentamen i Fysik för Ingenjörer 1 delB (I1): Vågrörelselära och modern fysik

11/3 2003, Erik Fridell

1.

a) En enmeters-linjal rör sej i dess längdriktning med hastigheten $0,6c$ relativt en observatör. Hur lång tid tar det för linjalen att passera observatören?

svar: längden observatören mäter ges av

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 0,8m$$

tiden blir då $\Delta t = L/v = 0,8m / 0,6c = 4,44 \cdot 10^{-9} \text{ s}$

b) Beräkna hastigheten för en elektron vars kinetiska energi är 2 MeV ($2 \times 10^6 \text{ eV}$)

4p

svar: kinetiska energin ges av.

$$K = m_0c^2 \gamma - m_0c^2, \text{ dvs}$$

$$2\text{MeV} = \frac{0,511\text{MeV}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 0,511\text{MeV}$$

$$v = 0,98c$$

c) Förklara begreppen egentid och egenlängd inom relativitetsteorin samt i vilket/vilka tröghetssystem man mäter dessa.

svar: egentid mäts av en observatör som ser båda händelserna på samma plats i rummet
egenlängd mäts av en observatör som är i vila relativt föremålet.

2.

Redogör för de postulat som används i Bohrs atommodell. Visa hur man utgående från dessa kommer fram till kvantiserade elektronradier och energinivåer för väteatomen. Visa vidare hur detta stämmer med Rydbergs formel.

se Serway sid 1305 ff

3.

En två meter lång sträng är fäst i bägge ändar och vibrerar i grundtonen. Spännkraften är 40 N och strängens massa är $0,1 \text{ kg}$. Amplituden mitt emellan ändarna är 2 cm .

a) Vad är strängens maximala kinetiska energi?

svar:

$$y = A \sin kx \cos \omega t$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\omega A \sin kx \sin \omega t$$

$$\text{max för } \sin \omega t = 1$$

$$dK = dm \frac{\left(\frac{\partial y}{\partial t}\right)^2}{2} = \frac{m}{2l} dx \omega^2 A^2 \sin^2 kx$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T}{m/l}}$$

$$K = \int_0^l \frac{m \omega^2 A^2 \sin^2 \frac{2\pi x}{\lambda}}{2l} dx =$$

$$\frac{m k^2 v^2 A^2}{2l} \int_0^l \frac{1}{2} \cos \frac{4\pi x}{\lambda} dx =$$

$$\frac{m \omega^2 v^2 A^2}{2l^3} \int_0^l \frac{l}{4\pi} \sin \frac{4\pi x}{\lambda} dx =$$

$$\frac{m \omega^2 T l^2 A^2}{4ml^3} = \frac{\omega^2 T A^2}{4l} = 0,02J$$

b) Var på strängen är kinetiska energin per längdenhet då störst?

svar:

dK har max vid $kx = \pi/2$ dvs vid $x = l/2$

d) Vad är strängens kinetiska energi i det ögonblick då strängens förskjutning ges av $(0,02m)\sin(\pi x/2)$?

svar:

då är $\cos \omega t = 1$ och alltså $\sin \omega t = 0$ vilket ger $K = 0$

4.

Förklara följande begrepp:

- | | |
|---|----------|
| a) Superpositionsprincipen inom vågrörelseläran | sid 497 |
| b) Kovalent bindning hos molekyler | sid 1398 |
| c) DeBroglie vågor | sid 1311 |
| d) Longitudinell våg | sid 493 |
| e) Sannolikhetstäthet | sid 1331 |

5.

Fem elektroner placeras i en endimensionell potentiallåda med oändligt höga väggar och längden 10 Å. De distribueras så att totalenergin minimeras. Vad är den längsta våglängd på ljus som kan absorberas av elektronerna?

svar:

det blir då en elektron med $n=2$ går över till $n=3$

$$\Delta E = \frac{h^2}{8mL^2} (n_3^2 - n_2^2) = 3 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = 660 \text{ nm}$$

I en annan potentiallåda med ändligt höga väggar finns elektroner placerade så att Fermienergin är 10 eV. Om systemet belyses med elektromagnetisk strålning med våglängden 0,155 nm så emitteras elektroner med en maximal hastighet av 5×10^7 m/s. Hur stort är steget i potentiell energi som utgör väggarna på lådan?

svar:

Kinetiska energi beräknas relativistiskt: $v = 5 \times 10^7$ m/s ger $\gamma = 1.014$

$$K = mc^2(\gamma - 1) = 7,269 \text{ keV}$$

Potentiella energin: $P = h\lambda + E_F - K = hc/\lambda + E_F - K = 761 \text{ eV} (= 1.22 \times 10^{-16} \text{ J})$

6.

Man kan göra en kilformad luftspalt genom att placera ett papper i ena ändan mellan två plana glasskivor som ligger på varandra (se figur). Om man sedan belyser glasskivorna med ljus som infaller i normalriktningen så kommer man att se interferensfransar i det reflekterade ljuset. Hur många interferensfransar per meter (längs x) ser man om vinkeln θ mellan glasplattorna är 3×10^{-4} rad och våglängden på ljuset är 500 nm?

svar:

m'te fransen får då vägskillnaden är $m\lambda$ dvs:

$2t = m\lambda$ (brytningsindex är = 1 för luft). Vidare ges vinkeln av:

$\lambda = t/x$, och därför

$$m/x = 2t/\lambda = (2 \times 3 \times 10^{-4}) / (5 \times 10^{-7} \text{ m}) = 12 \text{ cm}^{-1}$$