

$$\begin{aligned}\int \sin ax \, dx &= -\frac{\cos ax}{a} & \int \cos ax \, dx &= \frac{\sin ax}{a} \\ \int \sin^2 ax \, dx &= \frac{x}{2} - \frac{\sin 2ax}{4a} & \int \cos^2 ax \, dx &= \frac{x}{2} + \frac{\sin 2ax}{4a} \\ \int x \sin ax \, dx &= \frac{\sin ax}{a^2} - \frac{x \cos ax}{a} & \int x \cos ax \, dx &= \frac{\cos ax}{a^2} + \frac{x \sin ax}{a} \\ \int x^2 \sin ax \, dx &= \frac{2x}{a^2} \sin ax + \left(\frac{2}{a^3} - \frac{x^2}{a}\right) \cos ax & \int x^2 \cos ax \, dx &= \frac{2x}{a^2} \sin ax + \left(\frac{2}{a^3} - \frac{x^2}{a}\right) \cos ax\end{aligned}$$

$$\int x^2 \cos^2 bx \, dx = \frac{4b^3 x^3 + 3(2b^2 x^2 - 1) \sin 2bx + 6bx \cos 2bx}{24b^3}$$

$$\int_0^\infty e^{-ax^2} \, dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{a}}$$

$$x^3 - y^3 = (x - y)(x^2 + xy + y^2)$$

$$c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1.602176462 \times 10^{-19} \text{ Coul}$$

$$h = 6.626068 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4.1356668 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$\hbar = 1.05457148 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 6.58211814 \times 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$m_e = 9.10938188 \times 10^{-31} \text{ kg} = 0.510998903 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_p = 1.67262158 \times 10^{-27} \text{ kg} = 938.271996 \text{ MeV}/c^2$$

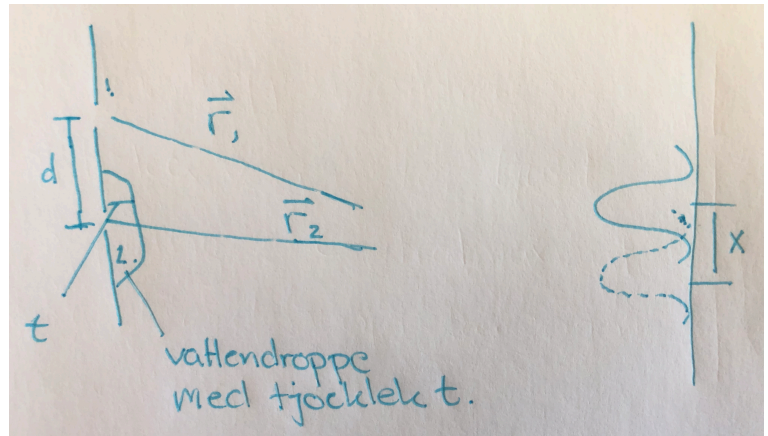
$$m_n = 1.6749286 \times 10^{-27} \text{ kg} = 939.565630 \text{ MeV}/c^2$$

$$\sigma = 5.670400 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4$$

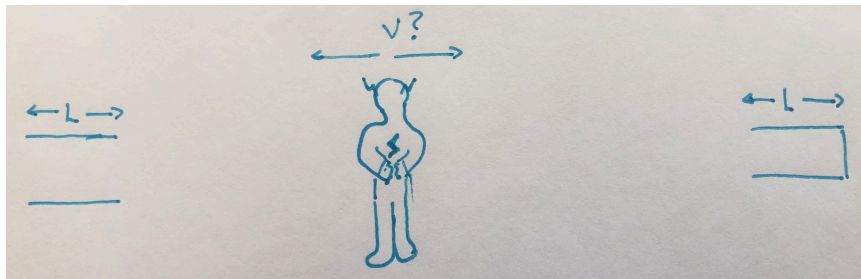
$$\lambda_c = h/(m_e c) = 2.4263106 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$(4\pi\epsilon_0)^{-1} = 8.988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{Coul}^2$$

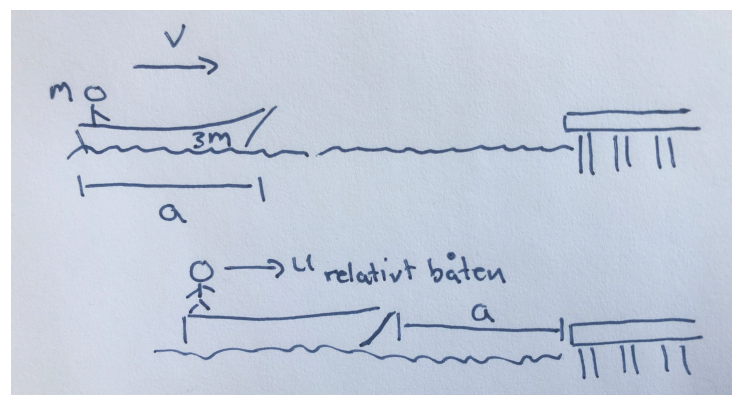
- 1) En E/K-student sätter upp ett dubbelspaltexperiment utomhus. Ljuskällan har en våglängd λ , avståndet mellan spalterna är d , och varje spalt har en bredd b . Dessutom befinner sig skärmen där mönstret från dubbelspalten visas på ett avstånd L från dubbelspalten ($L \gg d$). Experimentet uppvisar ett tydligt centralmaxima rakt fram i förhållande till dubbelspalten. Dessvärre börjar det regna. En regndroppe hamnar precis framför en av spalterna och som ett resultat flyttas centralmaximat. Antag att droppen har en tjocklek t (droppen kan antas vara plan över spalten), samt ett brytningsindex n . Bestäm hur mycket centralmaximat flyttas, dvs x i figuren. (4p)



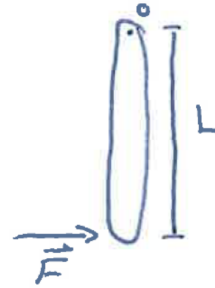
- 2) En sluten pipa med längden $2L$ delas i två lika stora delar. Delarna placeras i ändarna på en korridor. I båda delarna genereras en grundton. Blixten (the Flash) befinner sig i mitten av korridoren. Om han börjar springa mot pipan med lägst frekvens, vilken hastighet måste han ha för att höra samma frekvens från båda piporna? Anta att ljudets hastighet i luft är v_{luft} . (4p)



- 3) En person sitter i aktern på av en båt som glider in mot en brygga med en hastighet v . På en båtslängds avstånd från bryggan börjar personen att gå mot fören med en konstant hastighet u relativt båten. Beräkna u så att personen hinner till båtens för precis när båten stöter mot bryggan. Personens massa är m och båtens massa är $3m$. Antag att båten rör sig utan friktion i vattnet. (4p)

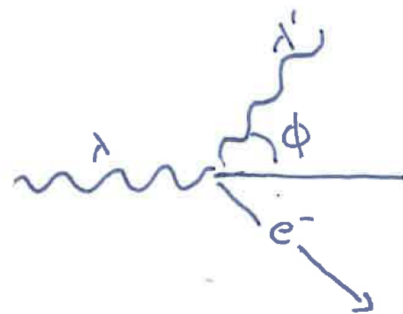


- 4) En homogen stav med längden L och massa M hänger vertikalt. Staven sitter fast i en spik i den övre änden. I den nedre änden påverkas staven under en kort tid, t , av en konstant kraft F (enligt figur).
Beräkna storleken av kraften så att staven kan rotera så att den blir stående vertikalt uppåt. (4p)



- 5) a) I filmen "Apornas planet" hamnar några astronauter i jordens framtid. Om vi antar att astronauterna sover (hibernerar) i 120 år och att de färdas med en hastighet av $0.9990 c$, där c är ljusets hastighet. Hur långt in i framtiden har de då färdats? (1p)

- b) En röntgenstråle med våglängden $\lambda = 22 \text{ pm}$ träffar en stillastående elektron. En K/E-student mäter upp ett spritt ljus vid en vinkel ϕ på 85 grader i förhållande till den utfallande röntgenstrålen. Beräkna våglängden λ' för det spridda ljuset samt hur mycket av fotonens energi som går förlorat i stöten med elektronen. (3p)



- 6) En kvantpartikel kan beskrivas med hjälp av räta linjens ekvation ($\psi = kx + m$, $k < 0$) inom området $[0, L]$. För övriga x -värden är vågfunktionen noll.

- a) Med hjälp av figuren samt kravet på normaliserad vågfunktion, beskriv ψ som funktion av x enbart med hjälp av L . (1p)
- b) Plötsligt befinner sig partikeln i en 1D kvantbrunn där potentialen är noll inom området $[0, L]$. För övriga x -värden är potentialen oändlig. Beräkna sannolikheten att hitta kvantpartikeln i kvantbrunnens grundtillstånd. (3p)

