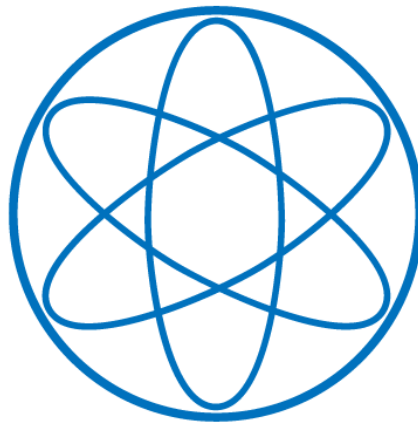


Ferienkurs
Experimentalphysik 2

Sommer 2014

Übung 4 - Angabe



PHYSIK
DEPARTMENT

1 Raumschiff

Ein Raumschiff fliegt mit 60% der Lichtgeschwindigkeit an einem Stern vorbei, der sich anschickt als Supernova zu explodieren. Nachdem das Raumschiff den Stern passiert und sich (vom Inertialsystem des Sterns betrachtet) 6 Lichtminuten von ihm entfernt hat, bricht die Supernova aus.

1. Zeichnen und beschriften Sie ein Minkowski-Diagramm, das die Situation bezüglich des Inertialsystems des Sterns darstellt. Im Nullpunkt des Diagramms soll sich dabei das Ereignis "Das Raumschiff passiert den Stern" befinden.
2. Welche Koordinaten hat der Supernovaausbruch im Inertialsystem des Sterns?
3. Berechnen Sie mit Hilfe der Lorentz-Transformation, welche Zeit auf der Raumschiffsuhr zwischen dem Vorbeiflug am Stern und dessen Explosion verstreicht.
4. In welcher Entfernung ereignet sich die Supernova vom Raumschiff aus betrachtet?

2 Relativistische Kinematik

In einem Raumschiff, das sich mit $\frac{5}{13}c$ von der Erde weg bewegt werden verschiedene Experimente durchgeführt. In einem ersten Experiment wird der Zerfall eines π^+ -Mesons untersucht. Das π^+ -Meson zerfällt innerhalb von $2,5 \cdot 10^{-8} s$ in ein μ^+ -Meson und ein Neutrino. Die kinetische Energie des π^+ -Mesons sei gleich $\frac{2}{3}$ seiner Ruheenergie.

1. Geben Sie die Geschwindigkeit des π^+ -Mesons bezüglich des Raumschiffs an.
2. Berechnen Sie sodann die Strecke, welche das Meson im Raumschiff zurücklegt, bevor es zerfällt.

In einem zweiten Experiment werden in einem elektrischen Feld Elektronen, Ruheenergie $E_0 = 511 keV$, aus der Ruhe auf $v_2 = \frac{5}{13}c$ relativ zum Raumschiff entgegen der Flugrichtung beschleunigt. Berechnen Sie die Spannung, welche zum Beschleunigen der Elektronen notwendig ist.

3 Sender der Mondlandefähre

Der Sendepol einer Mondlandefähre erzeugt elektromagnetische Wellen, deren maximale elektrische Feldstärke im Abstand $r_1 = 500m$ senkrecht zur Dipolachse $E_1 = 0,4V/m$ beträgt.

1. Für die elektrische und magnetische Energiedichte gilt in diesem Fall:

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2\mu_0} B^2 = u_B \quad (1)$$

Was folgt daraus für das Verhältnis E/B , und wie groß ist die maximale magnetische Feldstärke B_1 im Abstand r_1 senkrecht zur Dipolachse?

- Wie groß ist die gesamte maximale Energiedichte $u = u_E + u_B$ in einem Abstand r_2 unter einem Winkel ϑ zur Dipolachse, ausgedrückt durch E_1 und r_1 , und was ist ihr zeitlicher Mittelwert? Wie groß ist dort die mittlere Strahlungsintensität?
- Welche Werte haben die mittleren Strahlungsintensitäten senkrecht zur Dipolachse im Abstand r_1 und auf der Erde ($r_1 = 384000\text{km}$)? Welche mittleren Intensitäten erhält man unter einem Winkel von 45° zur Dipolachse?
- Der Empfänger auf der Erde benötigt als Mindestfeldstärke $0,5\mu\text{V/m}$. Kann er die Signale vom Mond senkrecht zur Dipolachse bzw. unter 45° empfangen?

4 Sphärische Welle

In Kugelkoordinaten stellt die sphärische Welle:

$$\vec{E}(t, \vec{r}) = \frac{\alpha}{r} \sin(\vartheta) \cos(\omega t - kr) \vec{e}_\vartheta, \quad \vec{B}(t, \vec{r}) = \frac{\beta}{r} \sin(\vartheta) \cos(\omega t - kr) \vec{e}_\varphi \quad (2)$$

mit $\alpha = \beta c$ das Fernfeld eines Hertzschen Dipols dar. Berechnen Sie die mittlere Leistung, die von diesem Dipol durch die Halbsphäre $0 \leq \vartheta \leq \frac{\pi}{2}$, $r = 1\text{km}$ abgestrahlt wird, wenn α den Wert 100V hat.

Hinweis: Die elektrische Feldkonstante ist $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{C}^2/\text{Jm}$. Außerdem: $\int_0^{\pi/2} d\vartheta \sin^3 \vartheta = \frac{2}{3}$. Wenn Sie das zeitliche Mittel von $\cos^2(\omega t + \varphi)$ kennen, brauchen Sie es nicht auszurechnen.

5 Verallgemeinerte Wellengleichung

- Leiten Sie aus den Maxwell-Gleichungen die verallgemeinerte Wellengleichung:

$$\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \ddot{\vec{E}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 c^2} \dot{\vec{E}} \quad (3)$$

her, die die Ausbreitung des E -Feldes in einem Medium mit Leitfähigkeit $\sigma > 0$ und Ladungsdichte $\rho = 0$ beschreibt. **Hinweis:** In einem solchen Medium gilt zwischen Stromdichte und E -Feld der Zusammenhang $\vec{j} = \sigma \vec{E}$. ϵ und μ seien 1.

- Lösen Sie die verallgemeinerte Wellenzahl k komplex. Bestimmen Sie den Realteil und den Imaginärteil von k .
- Betrachten Sie eine elektromagnetische Welle der Frequenz $\nu = 100\text{MHz}$ in Kupfer (Leitfähigkeit $\sigma = 58\text{MS/m}$). Berechnen Sie, wie weit die Welle kommt, bevor ihre Feldstärke auf ein e - tel ihres Anfangswertes gesunken ist.

6 Polarisation

Beschreiben Sie die Art der Polarisation für die ebenen elektromagnetischen Wellen, die durch die folgenden Gleichungen für das E - Feld beschrieben werden:

1. $E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$, $E_z = 4E_0 \sin(kx - \omega t)$

2. $E_y = -E_0 \cos(kx + \omega t)$, $E_z = E_0 \sin(kx + \omega t)$

3. $E_y = 2E_0 \cos(kx - \omega t + \frac{\pi}{2})$, $E_z = -2E_0 \sin(kx - \omega t)$