

Q 11 * Physik * Klausur am 30.06.2010

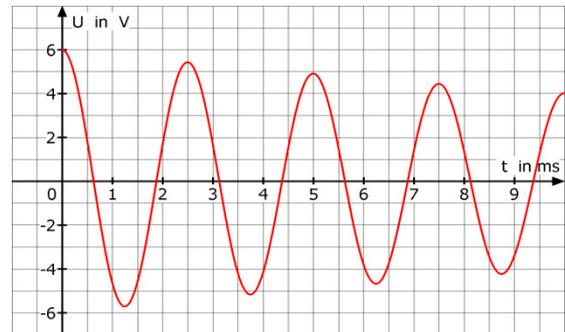
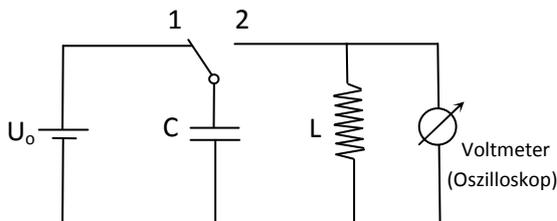
1. Am 31.03.2010 berichtet eine bekannte Tageszeitung unter der Überschrift „**Unerhörte Energie im LHC – 3,5 TeV**“ über ein erstmals gelungenes Experiment am Genfer Kernforschungszentrum: „Mit bislang unerreichter Energie haben Physiker am Cern Protonen aufeinander geschossen. Im Large Hadron Collider (LHC) sind zwei Protonenstrahlen wie geplant mit einer Energie von je 3,5 TeV aufeinandergesprallt. Sie wurden dafür nahezu auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt.“

- a) Geben Sie die Masse eines Protons der kinetischen Energie $3,5 \text{ TeV} = 3,5 \cdot 10^{12} \text{ eV}$ in Vielfachen der Ruhemasse des Protons an. Bestimmen Sie nun die Geschwindigkeit dieses Protons in Prozenten der Lichtgeschwindigkeit c . [Ergebnis: $v = 99,9999964 \% \text{ von } c$]

Protonen der kinetischen Energie 3,5 TeV sollen die Wegstrecke $d = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ von der Erde zur Sonne zurücklegen.

- b) Wie lang sind die Protonen dafür unterwegs
 b1) für einen Beobachter auf der Erde,
 b2) für einen mit dem Proton „mitreisenden“ Beobachter?

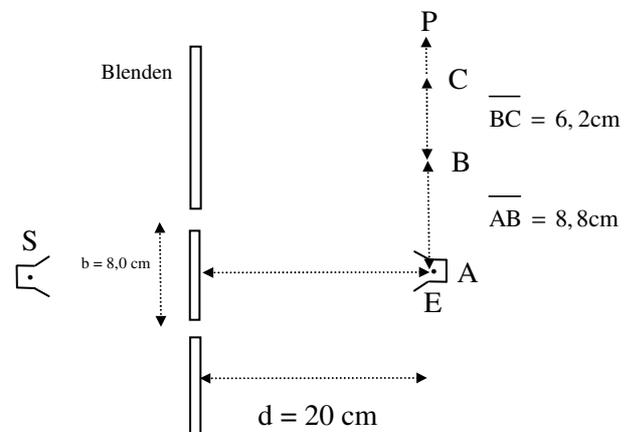
2. Wird im dargestellten Versuch der Schalter von Stellung 1 in Stellung 2 gebracht, so zeigt das Voltmeter (Oszilloskop) den abgebildeten Spannungsverlauf. (Beachte: t in Millisekunden!) Der Kondensator hat die Kapazität $0,47 \mu\text{F}$.



- a) Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Spannung U_0 , die Frequenz f der Schwingung und berechnen Sie die Induktivität der Spule. [Ergebnis: $0,34 \text{ H}$]
 b) Woran erkennt man im Diagramm die Dämpfung der Schwingung und was verursacht sie?
 c) Zu welchem Zeitpunkt ist die Stromstärke durch die Spule erstmals maximal?
 Berechnen Sie diese maximale Stromstärke!

3. Das Bild zeigt den Aufbau des „Doppelspaltversuchs“ mit Mikrowellen (Spaltabstand $b = 8,0 \text{ cm}$). Bewegt man den Empfänger E im Abstand $d = 20 \text{ cm}$ parallel zu den Metallblenden vom Punkt A in Richtung Punkt P, so beobachtet man abwechselnd guten und schlechten Empfang.

- a) Erklären Sie die Beobachtung!
 Warum erhält man im Punkt A guten Empfang?
 b) Im Punkt B erhält man erstmals erneut guten Empfang ($\overline{AB} = 8,8 \text{ cm}$). Ermitteln Sie daraus die Wellenlänge der Mikrowelle.
 c) Welche Empfangsstärke ist am Punkt C zu erwarten? ($\overline{BC} = 6,2 \text{ cm}$)



Aufgabe	1a	b	2a	b	c	3a	b	c	Summe
Punkte	7	5	6	2	4	5	4	4	37

Gutes Gelingen! G.R.

Q 11 * Physik * Klausur am 30.06.2010 * Lösung

1. a) $m_0 c^2 = 938,28 \text{ MeV}$ und $mc^2 = m_0 c^2 + E_{\text{kin}} = 938 \cdot 10^6 \text{ eV} + 3,5 \cdot 10^{12} \text{ eV} = 3,5 \cdot 10^{12} \text{ eV}$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{m \cdot c^2}{m_0 \cdot c^2} = \frac{3,5 \cdot 10^{12} \text{ eV}}{938 \cdot 10^6 \text{ eV}} = 3731,3... = 3,7 \cdot 10^3 \quad \text{also } m \approx 3,7 \cdot 10^3 m_0$$

$$mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Rightarrow \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{m_0}{m} = \frac{1}{3731} \Rightarrow 1 - v^2/c^2 = \frac{1}{3731^2} \Rightarrow$$

$$v^2 = \left(1 - \frac{1}{3731^2}\right) c^2 \Rightarrow v = \sqrt{1 - \frac{1}{3731^2}} c = 0,999999964 c = 99,9999964\% \text{ von } c$$

b) b1) Für den Erdbeobachter:

$$t_E = \frac{d}{v} = \frac{1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}}{0,999999964 \cdot 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = \frac{1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}}{3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 500 \text{ s} = 8,3 \text{ min}$$

b2) Für die Protonen: $t_p = t_E \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{t_E}{3731} = \frac{500 \text{ s}}{3731} = 0,13 \text{ s}$ (Zeitdilatation)

2. a) $U_0 = 6,0 \text{ V}$ und $T = 2,5 \text{ ms} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0025 \text{ s}} = 400 \text{ Hz} = 4,0 \text{ kHz}$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{LC} \Rightarrow L = \frac{T^2}{4\pi^2 \cdot C} = \frac{0,0025^2 \text{ s}^2}{4\pi^2 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6} \text{ F}} = 0,34 \text{ H}$$

b) Die Dämpfung erkennt man daran, dass die Amplitude der Schwingung zunehmend kleiner wird. Die Dämpfung wird durch vor allem durch den ohmschen Widerstand im Schwingkreis hervorgerufen.

c) Die Stromstärke ist erstmals zum Zeitpunkt $t_1 = T/4 = 0,6 \text{ s}$ maximal.

$$\frac{1}{2} \cdot C \cdot U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_{\text{max}}^2 \Rightarrow I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot U_0 = \sqrt{\frac{0,47 \cdot 10^{-6} \text{ F}}{0,34 \text{ H}}} \cdot 6,0 \text{ V} = 7,1 \text{ mA}$$

3. a) Von den beiden Spalten gehen (gleichphasig schwingende) Mikrowellen aus, die sich überlagern. Beträgt der Gangunterschied der beiden Wege von den Spaltmitten zum Empfänger ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge, so erhält man guten Empfang (konstruktive Interferenz). Beträgt der Gangunterschied der beiden Wege von den Spaltmitten zum Empfänger ein ungeradzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge, so erhält man schlechten Empfang (destruktive Interferenz). Im Punkt A hat der Gangunterschied den Wert 0, daher herrscht dort guter Empfang.

b) Berechnung des Gangunterschiedes, der hier genau eine Wellenlänge beträgt:

$$1 \cdot \lambda = \Delta s = s_2 - s_1 \quad \text{mit} \quad s_2 = \sqrt{(20 \text{ cm})^2 + (4,0 \text{ cm} + 8,8 \text{ cm})^2} = 23,75 \text{ cm}$$

$$s_1 = \sqrt{(20 \text{ cm})^2 + (8,8 \text{ cm} - 4,0 \text{ cm})^2} = 20,57 \text{ cm} \quad \text{und damit} \quad \lambda = \Delta s = 3,18 \text{ cm} \approx 3,2 \text{ cm}$$

c) $\Delta s = s_2 - s_1$ mit $s_2 = \sqrt{(20 \text{ cm})^2 + (4,0 \text{ cm} + 8,8 \text{ cm} + 6,2 \text{ cm})^2} = 27,59 \text{ cm}$

$$s_1 = \sqrt{(20 \text{ cm})^2 + (8,8 \text{ cm} - 4,0 \text{ cm} + 6,2 \text{ cm})^2} = 22,83 \text{ cm}$$

$$\text{und damit} \quad \Delta s = 4,76 \text{ cm} \approx 4,8 \text{ cm} = \frac{3}{2} \lambda$$

Im Punkt C herrscht damit schlechter Empfang.