

Übungen zur Einführung in die Physik II

für Studierende der Physik, Nanowissenschaften, Informatik, Chemie und Mathematik

Abgabe: 01.05.2012 in der Vorlesung

11.05.2012

1. Poynting-Vektor (4 Punkte)

Ein Plattenkondensator mit kreisförmigen Platten (Radius R) wird mit einem konstanten Strom I aufgeladen.

- Bestimmen Sie das elektrische Feld $\vec{E}(t)$ zwischen den Platten.
- Zwischen den Kondensatorplatten befindet sich Vakuum. Wie gross ist dann das magnetische Feld $\vec{B}(t)$ im Innern des Kondensators und in welche Richtung zeigt es?
- Bestimmen Sie den Poynting-Vektor $\vec{P}(t)$! In welche Richtung zeigt er? Aus welcher Richtung kommt also die Energie in den Bereich zwischen den Kondensatorplatten?

2. Radio-Empfänger (4 Punkte)

Eine kreisförmige Drahtschleife (Radius $r = 30$ cm) lässt sich als Empfänger für elektromagnetische Wellen benutzen. Ein 100 MHz Sender strahle eine Leistung von 50 kW ab. Berechnen Sie die in der Drahtschleife induzierte effektive Spannung, wenn der Abstand zwischen Sender und Drahtschleife 100 km betrage.

2. Sonnenwind-Surfen (4 Punkte)

Fällt Licht auf Materie, so bewegen sich die Elektronen innerhalb der Materie mit einer Geschwindigkeit \vec{v} aufgrund der durch das E-Feld ausgeübten Kraft. Das gleichzeitig in der Lichtwelle vorhandene B-Feld übt eine zu \vec{v} senkrechte Lorentz-Kraft $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ aus, die also in Ausbreitungsrichtung ($\vec{E} \times \vec{B}$) der Lichtquelle geht. Diese Kraft F pro Fläche A nennt man den Strahlungsdruck. Mit Hilfe der Beziehungen $B = E/c$ und der angenommenen mittleren Leistung $\langle dW/dt \rangle = \langle qEv \rangle = A \langle S \rangle$ erhält man für den

$$\text{Strahlungsdruck } p = \frac{\langle F \rangle}{A} = \frac{\langle qvB \rangle}{A} = \frac{1}{c} \frac{\langle qEv \rangle}{A} = \frac{1}{c} \frac{\langle dW/dt \rangle}{A} = \frac{1}{c} \langle S \rangle = u,$$

d. h. der Strahlungsdruck ist gleich der Energiedichte u der Welle. Wird das Licht absorbiert, so überträgt es daher im Zeitintervall dt den Impuls $dP = Fdt = 1/c dW$. Bei der Reflexion von Licht wird also (Rückstoss beim Wiederemittieren, wie beim elastischen Stoss an der Wand) die doppelte Menge an Impuls übertragen, und ein Spiegel erfährt die Kraft des doppelten Strahlungsdrucks: $\langle F \rangle = \langle S \rangle A / c$.

Stellen Sie sich nun vor, man würde eine neue Sportart erfinden: Sonnenwind-Surfen. Man konstruiert ein Segel aus dünner, reflektierender Aluminiumfolie und segelt damit auf der Erdbahn ($r = 1,5 \cdot 10^{11}$ m), jedoch so weit von der Erde entfernt, dass nur das Gravitationsfeld der Sonne ($M = 2 \cdot 10^{30}$ kg) wirkt. Das Segel soll senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Lichtes ausgerichtet sein.

- Wie dick muss das Segel sein, damit die Sonnenanziehung gerade durch die Kraft des Strahlungsdrucks kompensiert wird? Die Dichte von Aluminium ist $\rho = 2,7$ g/cm³ und der mittlere Energiefluss der Sonne in der Entfernung von einem Erdbahnradius ist $\langle S \rangle = 1350$ W/m².
- Um zusätzliches Gewicht zu tragen, muss das Segel also dünner sein. Wie gross muss ein Segel mit der halben in a) berechneten Dicke sein, um eine Person der Masse $m = 70$ kg zu tragen?

4. Lichtbrechung und Fermat'sches Prinzip

Ein Lichtstrahl startet im Punkt A innerhalb eines Mediums mit dem Brechungsindex n_1 , durchquert die ebene Grenzfläche zu einem zweiten Medium mit dem Brechungsindex n_2 im Punkt B und durchläuft den Punkt C im zweiten Medium, wobei A, B und C in einer Ebene senkrecht zur Grenzfläche liegen.

- Stellen Sie die Formel für die Laufzeit Γ des Lichts von A nach C über B als Funktion von x auf.
- Geben Sie für die kürzeste Laufzeit Γ_m den Zusammenhang zwischen den Winkeln α und γ und den Brechungsindizes n_1 und n_2 an.

