Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Priv. Doz. Dr. Peter Keim

Ausgabedatum: 24.10.2016
Abgabedatum: 31.10.2015
Besprechung 02.11.2016

ÜbungsgruppenleiterInnen: A. Grupp, A. Liehl, J. Schmidt, J. Bühler
J. Roller, L. Siedentop, M. Fischer, M. Schmalz

Übungen zu Integrierter Kurs III (Experimentalteil)

Blatt 01

Aufgabe 1: Elektromagnetisches Spektrum

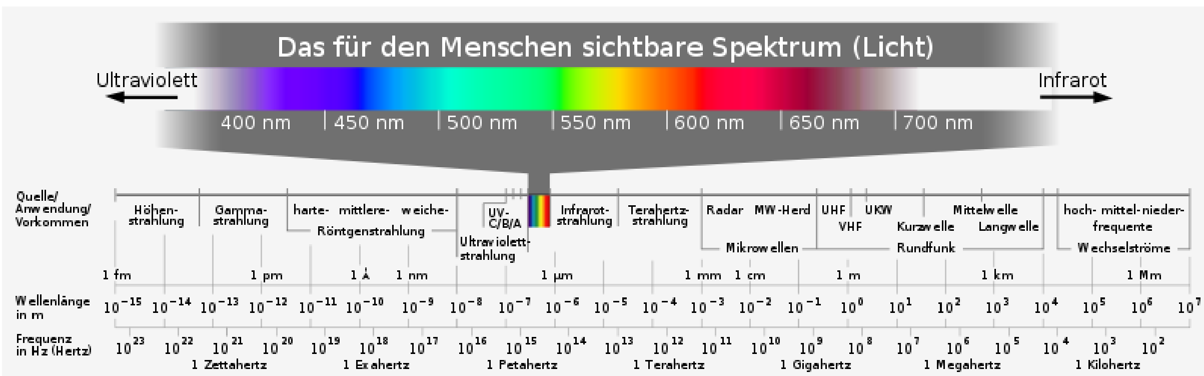


Abbildung 1: *http : //de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches_Spektrum*

Abbildung 1 beschreibt das elektromagnetische Spektrum unter anderem als Funktion der Wellenlänge. Elektromagnetische Wellen (zu denen auch sichtbares Licht gehört) treten in einem sehr breiten Spektrum auf, dessen Großteil wir mit unseren Augen zwar nicht detektieren können, jedoch in vielfältiger Weise zu nutzen wissen (z.B. in der Wissenschaft, Technik, Informationsübertragung, Medizin...)

a) Wie jeder Welle kann auch der elektromagnetischen neben ihrer Wellenlänge λ eine Frequenz f und eine Geschwindigkeit c zugeordnet werden. Wie lautet der Zusammenhang zwischen diesen Größen? Was ist das besondere an der elektromagnetischen Welle bzgl. ihrer Geschwindigkeit und ihrer Energie (z.B. im Vergleich zu mechanischen Wellen)? Wie lautet die Energie einer elektromagnetischen Welle? Ergänzen Sie die obige Tabelle die Energien eV.

b) Berechnen Sie die Frequenzen (in Hz) und Energien (in J) für Gammastrahlen ($\lambda = 1$ pm), Röntgenstrahlen ($\lambda = 0.1$ nm), grünes Licht ($\lambda = 550$ nm) und (Radiowellen $\lambda = 10$ m)! Geben Sie die Energie auch in eV an (1eV$= 1.6 \cdot 10^{-19}$ C $\cdot$ V$= 1.6 \cdot 10^{-19}$ J)!
Benutzen sie die Formel $E = k_B T$ um die zugehörige Temperatur der Wellenlängen zu berechnen! Hierbei ist $k_B = 1,3806488 \cdot 10^{-23} J/K$, die Boltzmann Konstante.

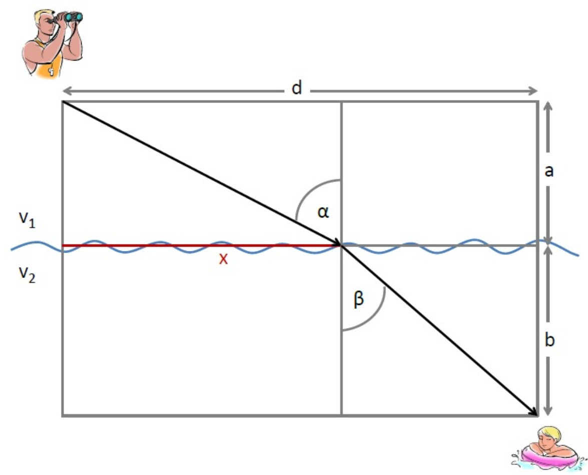
c) Recherchieren Sie die Temperatur der kosmischen Hintergrundstrahlung und vergleichen Sie deren Energie mit typischen Radiowellen.

d) Wieso könnte sich unser Auge (und auch das der meisten anderen biologischen Arten) gerade so entwickelt haben, dass es den Wellenlängenbereich zwischen 380 nm und 780 nm, den wir sichtbares Licht nennen, besonders gut detektieren kann? Welchen Vorteil nutzen wir bei z.B. Röntgenstrahlen oder Radiowellen aus, um sie für uns nutzbar zu machen?

e) Senden Körper, die kein sichtbares Licht emittieren (z.B. im Gegensatz zur Sonne oder einer Glühbirne) trotzdem elektromagnetische Wellen aus?

Aufgabe 2: Fermatsches Prinzip (schriftlich, 10 Punkte)

Das Fertmatsche Prinzip (nach Pierre de Fermat, 1662) besagt, dass Licht immer den zeitlich kürzesten Weg zwischen zwei Punkten zurücklegt. Dieses Prinzip wollen wir nun auf die äquivalente Situation eines Retters anwenden, der so schnell wie möglich zu einer in Not geratenen Person kommen möchte. Der Retter hat die vorüberlegung geliefert, dass er sich in einem Medium in dem er sich mit konstanter Geschwindigkeit fortbewegt, am schnellsten geradlinig von A nach B kommt.



a) Die Geschwindigkeit des Retters ist am Strand v_1 und im Wasser v_2. In welcher Zeit $t(x)$ legt er die Strecke zu der Person im Wasser zurück, wenn die Strecken a, b, d konstant bleiben? Optimieren Sie den variable Ortsparameter um die zeitlich kürzeste Strecke zu bestimmen. Drücken Sie die resultierende Gleichung über die Winkel α und β aus und verwenden Sie die Definition für die Geschwindigkeit $v_i = c/n_i$, wobei c die Geschwindigkeit im Vakuum und n_i der Brechungsindex im Medium i ist. Wie heißt diese Gleichung noch?
2 Punkte

b) Nach getaner Rettung und zurück auf seinem Posten bemerkt der Retter eine weitere Person in Not, allerdings an Land am gegenüberliegenden Ufer des (noch) ruhenden Flusses der Breite l. Was muss nun für die Winkel α, β und γ gelten?
3 Punkte

c) Während seinen Optimierungsüberlegungen haben starke Regenfälle Flußaufwärts den Fluss anschwellen lassen und die Dämme brechen lassen, sodass das Wasser nun eine nichtmehr zu vernachlässigende Geschwindigkeit v_F parallel zum Ufer hat. Definieren Sie einen effektiven Brechungsindex n_{eff} so, dass das Gesetz die bekannte Form wie in a) bekommt. Von was hängt n_{eff} ab? Für was für Medien gibt es eine ähnliche Situation auch für elektromagnetische Wellen?
3 Punkte

d) Kommen wir zurück zu Elektromagnetische Strahlung und ersetzen den Retter mit einer Kerze und sein Ziel mit einem Detektor für Kerzenlicht. Wie muss der Detektor gerichtet sein? Wie beantworten Sie die Frage woher das Licht weiß welchen Weg es zurücklegen soll?
2 Punkte

Aufgabe 3: Polarisation elektromagnetischer Wellen Betrachten Sie die Überlagerung $E(z,t) = E_1(z,t) + E_2(z,t)$ zweier ebener elektromagnetischer Wellen

$$\begin{aligned}\vec{E_1} &= E_0 \vec{e_x} \cos(kz - wt) \\ \vec{E_2} &= E_0 \vec{e_y} \cos(kz - wt + \Phi)\end{aligned}$$

mit gleicher Amplitude E_0, Ausbreitungsrichtung $\vec{k} || \vec{e_z}$ und beliebiger Phasenverschiebung Φ zwischen beiden Wellen.

a) Skizzieren Sie die Trajektorie des Feldvektors $(E_x, E_x, 0)$ in der $(x, y, 0)$-Ebene für $\Phi = 0, \pi/8, \pi/4$ und $\pi/2$. Um welchen Winkel α ist die Hauptachse der resultierenden Ellipse gegen die x-Achse gedreht?

b) Die Welle falle auf einen Polarisationsfilter, dessen Durchlassrichtung um den Winkel θ gegen die x-Achse gedreht ist. Berechnen Sie das Feld $\vec{E^p}(z,t) = (E_x^p, E_y^p, 0)$ der durch den Filter transmittierten Welle in Abhängigkeit von θ und Φ. Für welchen Winkel θ_{min} und θ_{max} wird die Intensität (zeitlicher Mittelwert des Amplitudenquadrates) der transmittierten Welle extremal?

c) Für den Fall $\Phi = \pi/2$ (zirkular polarisiertes Licht) falle die Welle auf zwei hintereinander liegende Polarisationsfilter P_1 und P_2 mit $\theta_1 = 0$ und $\theta_2 = \pi/2$. Geben Sie die Amplitude der durch die beiden Filter transmittierten Welle an. Berechnen Sie die Intensität der resultierenden Welle, wenn zusätzlich zwischen P_1 und P_2 noch ein Polarisationsfilter P_3 mit $\theta_3 = \pi/4$ gestellt wird.