

Adam S. Bolton  
bolton@mit.edu

10 Mayıs 2002

## MIT 8.02, Bahar 2002 Ödev # 10 Çözümler

### Problem 10.1

*Çizgisel Kutuplayıcılar – Ev deneyi.*

(a) Bir cam yüzeyden yansımış parıltıyı izlediğinizi varsayın. Cam yaklaşık **1,5** ve hava yaklaşık **1** kırılma indisine sahiptir. “Kutuplanma açısı” (veya Brewster açısı) – yansımış ışığın tamamen kutuplu olduğu gelme açısı– o zaman (Giancoli Denklem (36-22), s. 910),

$$\tan\theta_p \simeq \frac{1,5}{1} = 1,5 \Rightarrow \theta_p \simeq \arctan(1,5) \simeq 56^\circ$$

ile verilir. Bu nedenle parıltı  $\sim 55^\circ$  de gözlenir ve güçlü bir şekilde çizgisel kutuplu olacaktır. Kutuplanmanın yönü yansıtıcı yüzeye paralel ve (elbette) yayılma doğrultusuna dik olacaktır.

(c) Kutuplu güneş gözlüklerinin amacı yansımış (mesela bir gölün yüzeyindeki hava-su ara yüzeyinden) parıltıları kesmektir. Bu ışın yansıtıcı yüzeye (genellikle su durumunda yatay) paralel düzlemde bir dereceye kadar kutuplu olacaktır. Bu nedenle kutuplayıcı bir mercek, *kendi* kutuplanması yansıtıcı yüzeyin düzlemine *dik* ise, parıltıyı etkin bir şekilde engelleyecektir. Yatay yansıtıcı yüzeyler için bu düşey, mercek kutuplanmasına eklenir: biçim “b”. (Elbette bu tasarım çalışmayacaktır, özellikle senin tarafında bulunurken avlanıyorsan... ).

(d) Bir ideal kutuplayıcı için (HN-50), kutuplanmamış ışığın şiddeti ilk kutuplayıcıda % 50 kadar azalacaktır. Ardışık kutuplayıcılarda şiddet, bir  $\cos^2\theta$  çarpanı kadar daha fazla azalır; burada  $\theta$  kutuplayıcının kutuplanması ile ışığın (şimdi çizgisel kutuplanmış)  $\mathbf{E}$  alanı arasındaki açıdır (Giancoli kesim 36-11, ss. 907-909). Bu açı bizim özel yapılandırmamızda  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  ve  $90^\circ$  değerlerini alır. Kutuplanmamış gelen  $I_0$  şiddetine normalize edilmiş, ilgilenilen değişik “bölgesel şiddetler” aşağıdaki tabloda verilmiştir ((e) şıkkından sonra).

(e) Her şeyden önce HN-50 ve HN-38 de “50”2 ve “38” in anlamını inceleyelim.

$z$  yönünde ilerleyen herhangi bir ışık dalgasının şiddetine bir  $x$ -kutuplu ve bir  $y$ -kutuplu şiddetin toplamı olarak bakılabilir. Bu katkıların ayrışması, toplam şiddet

elektrik alan vektörünün *karesiyle* orantılı olduğu için, mümkündür: bir orantı sabiti  $\alpha$  için,

$$I = \alpha |E|^2 = \alpha E_x^2 + \alpha E_y^2 = I_x + I_y$$

yazılabilir. (elektrik alan/ışık şiddeti ilişkisinin detayları için Giancoli kesim 32-7 (ss. 800-802) yi gözden geçiriniz).

$z$  yönünde yayılan kutuplanmamış ışığa, ortalama olarak **% 50  $x$ -kutuplu** ve **% 50  $y$ -kutuplu** gibi bakılabilir. Kutuplanması  $y$ -yönünde olan bir HN-50 kutuplayıcısı, gelen  $y$ -kutuplu ışığın tamamını geçirir ve gelen  $x$ -kutuplu şiddetin hiçbirini geçirmez. Gelen toplam şiddetin **% 50'si** geçer, HN-50'deki "50" bundan dolayıdır. Benzer amaçlı HN-38 polarizörü gelen  $y$ -kutuplu ışığın %76'sını geçirecek (niçin % 76..?) ve  $x$ -kutuplu şiddeti hiç geçirmeyecektir. Böylece gelen toplam şiddetin **(%50'nin %76'sı + % 50'nin % 0'ı) = %38'i** geçecektir. İşte buradaki "38" HN-38'deki 38'den gelir.

Bu problemin amaçları için, bir HN-38 kutuplayıcının, benzer şekilde yerleştirilmiş bir HN-50 kutuplayıcısı tarafından geçirilecek herhangi bir şiddetin % 76'sını geçireceğine dikkat edelim. Bu yüzden HN-38 için bölgesel şiddetlerimizi yeniden hesaplamak için basitçe HN-50 sonuçlarımızı  $(0,76)^N$  la çarpabiliriz. Burada  $N$  ışığın yolu boyunca bulunan kutuplayıcı sayısıdır.

Bölge	HN-50 Şiddeti	$N$	$(0.76)^N$	HN-38 Şiddeti
A	0.5	1	0.76	0.38
B	0.5	1	0.76	0.38
C	0.5	1	0.76	0.38
D	0.5	1	0.76	0.38
E	$(0.5)(\cos^2 90^\circ) = 0$	2	0.58	0
F	0.5	1	0.76	0.38
G	$(0.5)(\cos^2 90^\circ) = 0$	2	0.58	0
H	$(0.5)(\cos^2 45^\circ) = 0.25$	2	0.58	0.144
K	$(0.5)(\cos^2 45^\circ)(\cos^2 45^\circ) = 0.125$	3	0.44	0.055
L	$(0.5)(\cos^2 45^\circ) = 0.25$	2	0.58	0.144
M	$(0.5)(\cos^2 45^\circ) = 0.25$	2	0.58	0.144
N	0.5	1	0.76	0.38
O	0.5	1	0.76	0.38
P	$(0.5)(\cos^2 0^\circ) = 0.5$	2	0.58	0.29
Q	0.5	1	0.76	0.38

**Problem 10.2**

*Kutuplanma Açısı (Brewster Açısı) I.* (Giancoli 36-49.)

Hava için  $n = 1,00$  ve su için  $n = 1,33$  alarak, yüzeyin altından gelen ışığın hava-su ara yüzeyinden yansıma kutuplanma açısı,

$$\tan\theta_p = \frac{1,00}{1,33} = 0,75 \Rightarrow \theta_p = 40^\circ$$

ile verilir. Karşılaştırma için içten tam yansıma için kritik açı ise,

$$\sin\theta_c = \frac{1,00}{1,33} = 0,75 \Rightarrow \theta_c = 49^\circ$$

ve üst-yüzey yansımaları için kutuplanma (Brewster) açısı,

$$\tan\theta_p = \frac{1,33}{1,00} \Rightarrow \theta_p = 53^\circ$$

bulunur.

---

**Problem 10.3**

*Polarizasyon Açısı (Brewster Açısı) II.* (Giancoli 36-69.)

Sakin bir gölün yüzeyinden yansıyan güneş ışınları, Güneş *düşeyle* kutuplanma açısı  $\theta_p = 53^\circ$  ye eşit (bir önceki problemden) bir açı yaptığında, %100 kutuplu olacaktır. Böylece yatayın üzerinde Güneş açısı  $90^\circ - 53^\circ = 37^\circ$  olmalıdır.

---

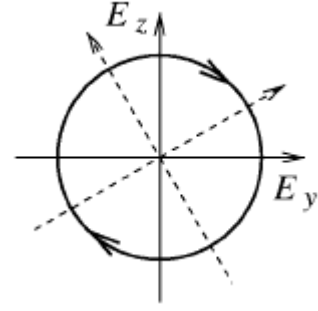
**Problem 10.4**

*Dairesel Kutuplu Işık.*

Problem 9.5'ten dairesel kutuplu elektromanyetik dalga E- alanını hatırlayın;  $x = 0$ 'da değerlendirirsek,

$$E_y = -E_0 \cos(\omega t), E_z = E_0 \sin(\omega t)$$

olur.



Elektrik alan vektörü sabit büyüklüktedir ve şekilde gösterildiği gibi  $y - z$  düzleminde bir çember tanımlar. Bu yüzden  $E_y^2$  ve  $E_z^2$ 'nin zaman ortalama değerleri eşit olacaktır. Önemli olan şey, bir başka yönelim için  $y - z$  düzleminde kesikli eksenlerle gösterildiği gibi,  $y$  ve  $z$  eksenlerimizi döndürdüğümüzde bile, bunun geçerli olmasıdır. Böylece  $z -$  eksenimizi, HN-50 kutuplayıcımızın eksenini olarak almakta özgürüz. Gelen dairesel-kutuplu şiddetin yarısı ( $E_y^2$ 'ye eşlik eden) engellenecek ve yarısı ( $E_z^2$ 'ye eşlik eden) geçecektir. Böylece ışığın  $\frac{1}{2}$ 'si geçecektir. Bu geçen ışık  $z -$  yönünde çizgisel kutuplanmış olacaktır.

---

**SON**