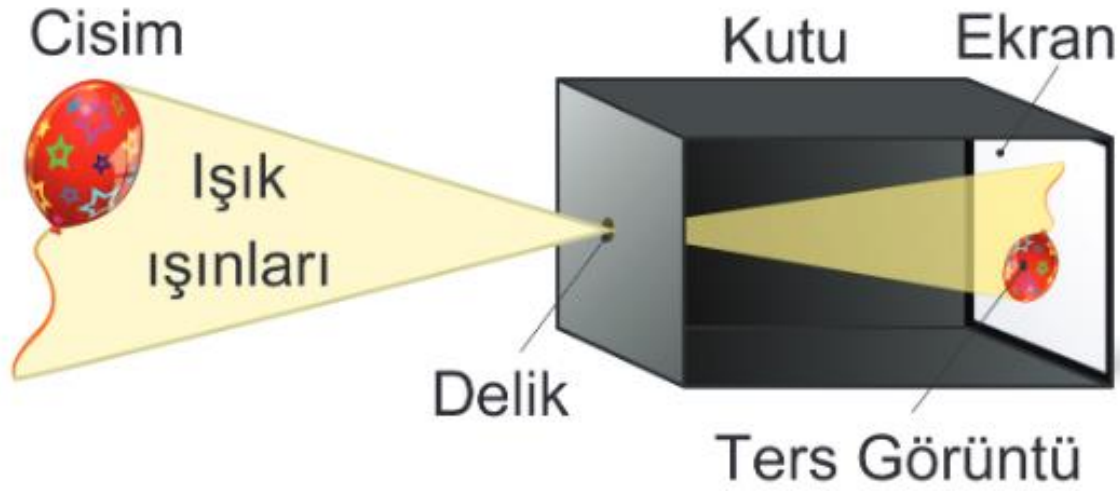


AYDINLANMA

A. Aydınlanma

1. Işığın Doğası

Optik, fiziğin en eski alt dallarından biridir. Aslında optiğin, fizik biliminin bugünkü temelleri oturmadan çok önce doğa felsefesinin içinden sıyrılıp kendi başına bir bilim olma yolunda ilerlediği bile söylenebilir. Bu dönemlerde temel merak konusu görme ve görünümün nasıl gerçekleştiğiydi. Daha sonra yavaş yavaş bu sorgulamaların odağında ışığın kendisi yer almaya başladı. Işık nasıl bir şeydi? Işığın nesnelere görünür hâle getirmesiyle nesnelere varlık ve yokluk tanımlamaları arasında bir bağlantı kurulabilir miydi? Peki ışık nasıl hareket ediyor ve yayılıyor? İnsanlığın en yetkin zekalarını meşgul eden bu sorgulamalar asırlar boyu sürdü. Kuramsal icatların, doğaya dair keşiflerin, yanılgıların ve yanılsamaların iç içe geçtiği bu süreç, entelektüel bir serüvene dönüştü. Işığın davranışına ve nasıl modellendiğine geçmeden önce ışığın en temelde nasıl yayıldığıyla ilgili fikir sahibi olmamız gerekir. Işık doğrusal yayılır.



Işığın doğrusal olarak yayılmasını gösteren iğne deliği kamerası (pinhole kamera) basit bir karanlık kutu düzeniğidir. Kamera ışıklı bir cismin karşısına konulduğunda cisimden çıkan ışınlar doğrusal olarak delikten geçerek kutu içine girer ve deliğın karşısındaki yüzeyde cismin ters görüntüsünü oluşturur.

Işığın davranışı bazen tanecik modeli bazen de dalga modeli çerçevesinde tutarlı bir şekilde açıklanabilir.

- ◆ Işığın tanecik teorisinin en önemli kurucularından olan Isaac Newton'a göre ışık kaynaklarından yayılan tanecikler göze girerek görme duyusunu uyarıyordu. Newton bu düşüncesi doğrultusunda ışığın yansıması ve kırılmasını açıklayabilmiştir.

- ◆ 1678'de Hollandalı fizikçi ve astronom Christian Huygens ışığın dalga teorisinin yansıma ve kırılmayı açıklayabildiğini gösterdi. Buna karşılık bilim insanları yüzyıldan uzun bir süre Newton'un tanecik teorisine bağlı kaldı. 1801'de Thomas Young'ın uygun koşullar altında ışık ışınlarının birbiriyle girişim yaptığını gösteren deneyi ile dalga teorisi doğrulandı.

- ◆ Işığın dalga teorisine en büyük katkıyı ise 1873'te ışığın elektromanyetik dalga şeklinde olduğunu gösteren James Clerk Maxwell yapmıştır. Elektromanyetik dalga teorisi, ışığın çoğu bilinen özelliğini açıklayabilmesine karşılık, fotoelektrik ve Compton olaylarını açıklayamamıştır.

- ◆ 1924 yılında Fransız fizikçi Louis de Broglie ve daha sonraki yıllarda Alman fizikçi Schrödinger ışığın dalga modeli ile tanecik modelini birleştirerek dalga mekaniğini oluşturdular.

- ◆ Işık hem dalga hem de tanecik özelliğine sahiptir. Işık bazı durumlarda dalga gibi, bazı durumlarda ise tanecik gibi davranır.

2. Işık Şiddeti, Işık Akısı ve Aydınlanma Şiddeti

Bir ışık kaynağından çıkan ışınlar doğrudan ya da dolaylı olarak ulaştıkları yüzeyleri aydınlatırlar. Aydınlanma, yüzeye düşen ışık yoğunluğu ile ilgili bir kavramdır.



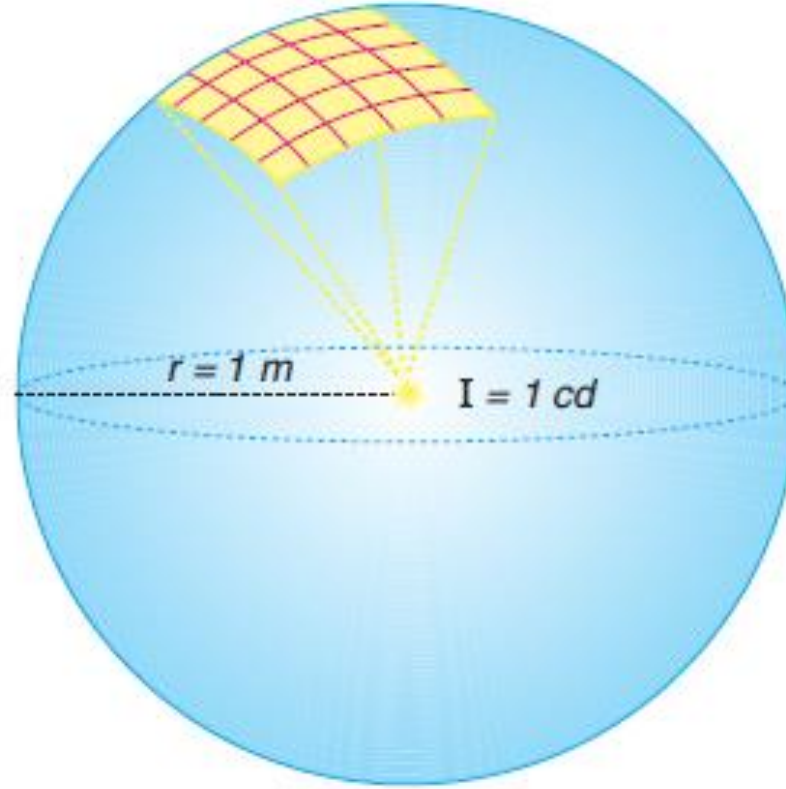
Bir kaynağın birim zamanda yaydığı ışık miktarına **ışık şiddeti** denir. Diğer bir deyişle birim zamanda ışık kaynağından yayılan ışık taneciği (foton) sayısı ile ilişkilidir. Işık şiddeti I ile gösterilir. SI birim sisteminde birimi candela (cd) dır.

Bir ışık kaynağının karşısına dik olarak konulan yüzeye birim zamanda çarpan ışınların miktarına **ışık akısı** denir. Işık akısı kaynaktan çıkan toplam ışık ışını sayısı ile doğru orantılı bir kavramdır. Işık akısı ϕ ile gösterilir. SI birim sisteminde birimi Lümen (lm) dir.

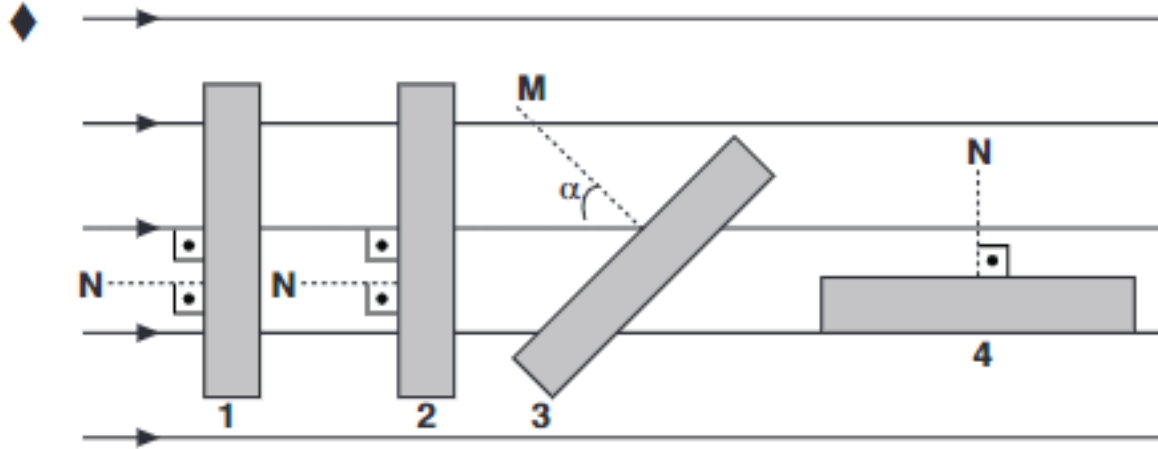
İçi boş bir kürenin merkezinde bulunan I ışık şiddetli kaynağın küre yüzeyindeki ışık akısı,

$$\Phi = 4\pi I$$

bağıntısı ile bulunur.



1 Lümen: Işık şiddeti 1 cd olan noktasal bir kaynaktan 1 m uzakta, ışınlarla dik olarak yerleştirilmiş 1 m² lik yüzeye düşen ışık akısıdır.



Paralel bir ışık demetinin içine şekildeki gibi yerleştirilen kitaba düşen ışık akıları 1 ve 2 konumlarında birbirine eşit ve maksimum değerdedir. Çünkü kitabın yüzey normali ile ışık ışınları birbirine paraleldir. 3 konumunda kitap yüzeyine çarpan ışık sayısı 1 ve 2 konumlarından daha az olurken, 4 konumunda ise yüzeye hiç ışık çarpmadığı için akı sıfır olur. Sonuç olarak, yüzeyin normali ile ışık ışınları arasındaki açı artarken yüzeydeki ışık akışı azalmaktadır.

Not

Işık akısı, yüzeye gelen ışın miktarı ile orantılı olduğu için bir kürenin içerisine konulan ışık kaynağından kürenin iç yüzeyine gelen ışık akısı küre yarıçapından bağımsız olup ışık kaynağının şiddetine bağlıdır.

Aydınlanma Şiddeti

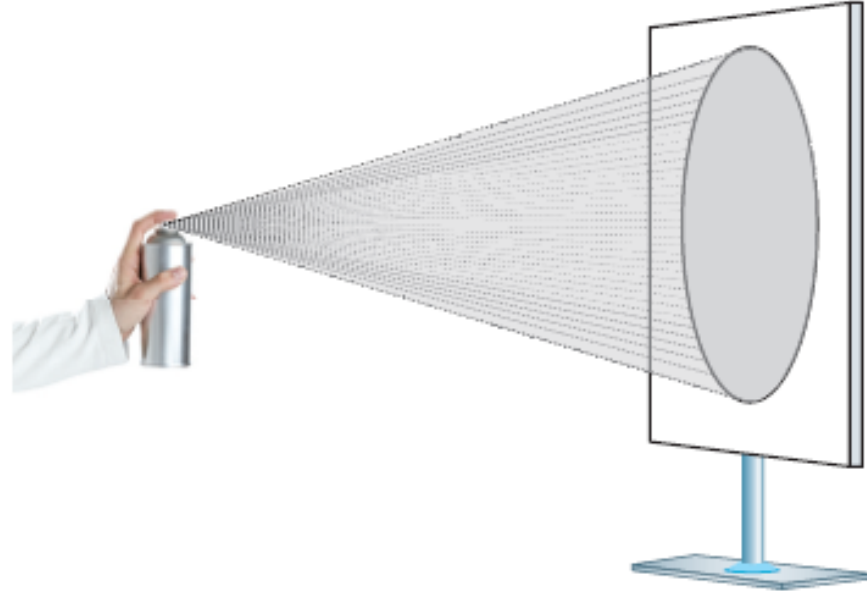
Işık kaynağından çıkan ışınlar, doğrudan ya da dolaylı olarak ulaştıkları yüzeyleri aydınlatır. Bir yüzeydeki aydınlanma şiddeti yüzeye düşen ışık akısına bağlı olarak şöyle ifade edilir:

Işınlara dik tutulan yüzeyin A alanındaki aydınlanma şiddeti; birim yüzeye düşen ışık akısı miktarıdır.

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

ışık şiddeti I olan kaynak r yarıçaplı bir kürenin merkezinde ise, kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddet,;

$$E = \frac{4\pi I}{4r^2} \Rightarrow E = \frac{I}{r^2} \text{ şeklinde yazılır.}$$



Bir ışık kaynağından çıkan ışık taneciklerinin bir ekranda yaptığı aydınlanma; püskürtülen boya damlacıklarının hareketine bakılarak açıklanabilir.

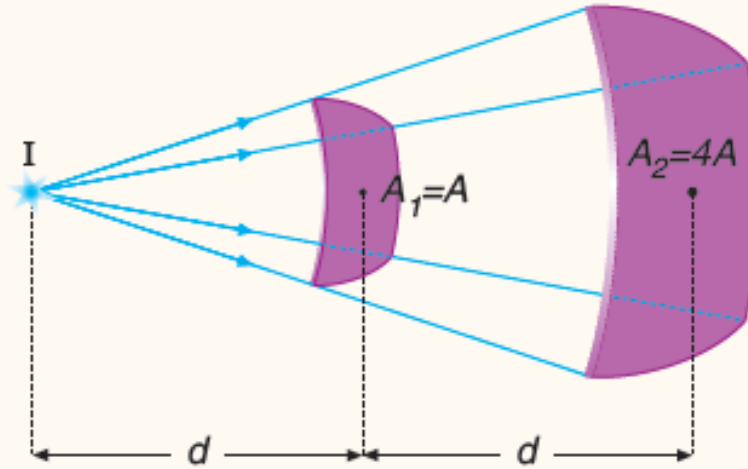
SI birim sisteminde;

Işık şiddeti birimi : **candela (cd)**

Işık akısı birimi : **lümen (lm)**

Aydınlanma şiddeti birimi : **lüks (lx)**

olarak kullanılır.



I şiddetindeki noktasal ışık kaynağından d ve $2d$ uzaklıktaki $A_1 = A$ ve $A_2 = 4A$ yüzey alanına sahip levhalara dik olarak ışık düşüyor.

- a) Bu yüzey alanları üzerindeki aydınlanmaların $\frac{E_1}{E_2}$ oranı kaçtır?
- b) Bu yüzey alanları üzerindeki ışık akılarının $\frac{\Phi_1}{\Phi_2}$ oranı kaçtır?

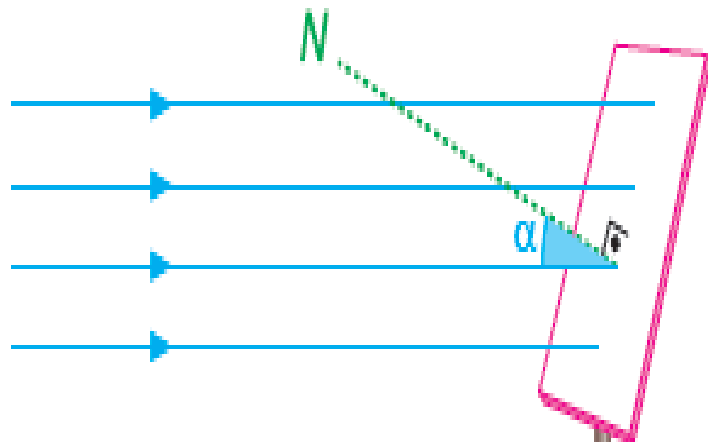
a) $E_1 = \frac{I}{d^2}$ ve $E_2 = \frac{I}{(2d)^2}$ olduğundan

$$\frac{E_1}{E_2} = 4 \text{ olur.}$$

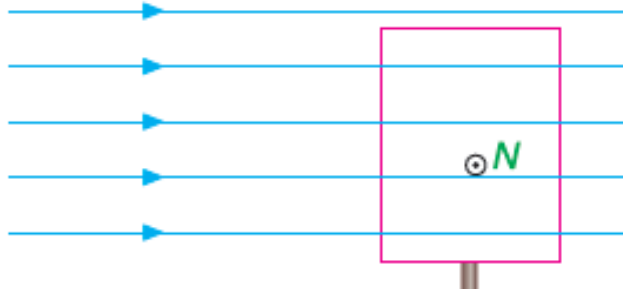
b) $\Phi_1 = E_1 A_1$ $\Phi_2 = E_2 A_2$

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{E_1 A_1}{E_2 A_2} = \frac{4E_2 A}{E_2 A_2} \Rightarrow \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = 1 \text{ olur.}$$

Not : İki yüzeye de düşen ışık akılarının eşit olduğunu bulmak için matematiksel hesap yapmaya gerek yoktur. $4A$ alanındaki tanecik sayısı A alanındaki tanecik sayısı ile aynı olduğu şekilden de görülmektedir.

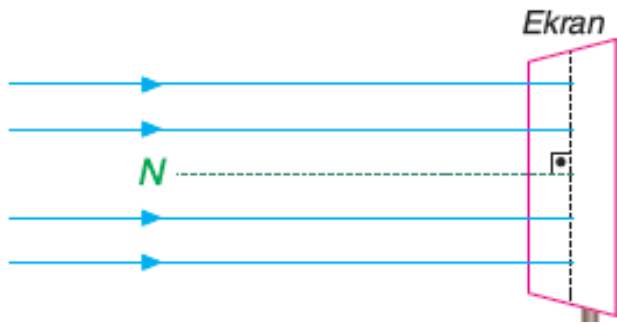


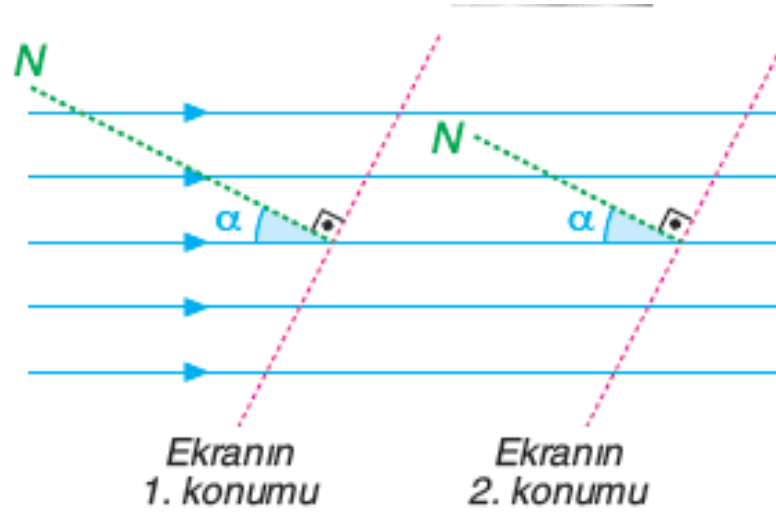
$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \alpha$$



$\alpha = 90^\circ$ ise $E = 0$ dir.

$\alpha = 0^\circ$ ise $E = \frac{l}{d^2}$ dir.

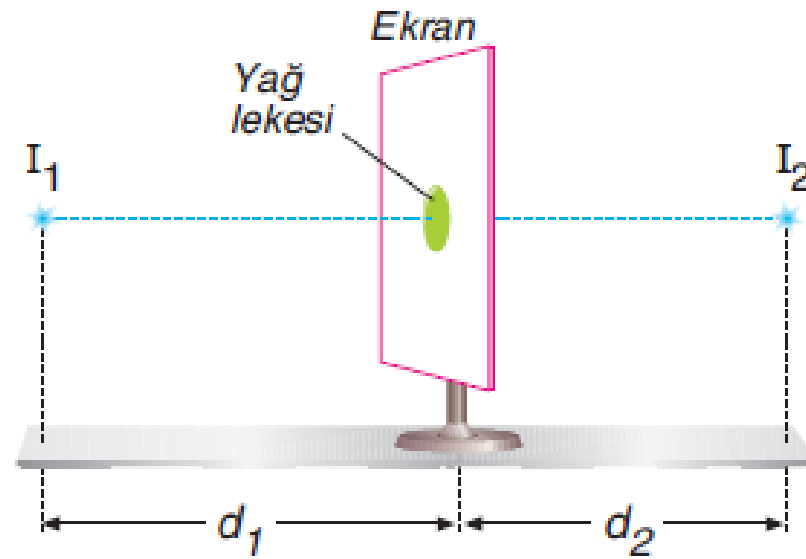




Paralel ışık demeti önünde bir ekran, hep aynı biçimde tutulursa ekrandaki aydınlanma, kaynaktan olan uzaklığa bağlı değildir. Şekil 4 te ekranın her iki konumunda da ışık akısı ve aydınlanan yüzeyin alanının aynı olduğu görülüyor. Öyleyse her iki konumda da aydınlanmalar eşittir.

$$E_1 = \frac{\Phi}{A} , E_2 = \frac{\Phi}{A} ; E_1 = E_2$$

Fotometreler



$$E_1 = E_2$$

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

Işık şiddetleri farklı olan ışık kaynaklarının bir yüzeydeki aydınlanmalarını karşılaştırarak, şiddeti bilinmeyen kaynağın ışık şiddetlerini ölçmeye yarayan araçlara fotometre denir. En basit fotometre Bunsen (Bunzen) fotometresi olarak bilinir. Bu düzenekte, bir masa üzerine, ortası yağ lekeli bir kağıt perdenin bir yanına şiddeti ölçülecek ışık kaynağı, öteki yanına ise şiddeti bilinen başka bir kaynak yerleştirilir. Aradaki perde hareket ettirilerek öyle bir konuma getirilir ki yağ lekesi artık görünmez. Bu durumda perdenin her iki yüzü eşit olarak aydınlanmış olur. Şekil 6 da görüldüğü gibi iki yüzdeki aydınlanmalar E_1 ve E_2 olarak birbirlerine eşit ise,

Işık Basıncı

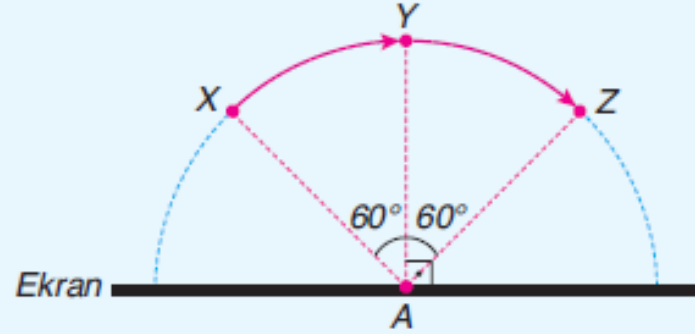
Bir cisim bir yüzeye çarptığı zaman yüzeye bir itme, dolayısıyla bir basınç yaptığını biliriz. Hareket halindeki çok küçük gaz moleküllerinin kabın çeperlerine basınç yaptığı bir gerçektir. Buna benzer biçimde bir aynaya çarpan ışık tanecikleri aynı şekilde bir ışık basıncı yarattığı, çok duyarlı deneyler sonucunda kanıtlanmıştır. Ancak bu basınç son derece küçüktür. Bir karşılaştırma yapmak için söylersek, güçlü bir ışık demeti dahi bir tüyü yerinden oynatamaz. Yirminci yüzyıl başına kadar son derece duyarlı araçla yapılan deneyler bile ışığın basıncını gösteremedi. En sonunda, bu yüzyıl başında Rusya'da Peter Lebedev ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Nichols ve Hull bu basıncın varlığını gösterip değerini ölçmeyi başardılar. (PSSC Fizik)



İşığın basıncını ölçen Crookes radyometresi

Işığın basıncı, Crookes radyometresi adı verilen düzenerle ölçülür. Havası boşaltılmış cam bir kap içinde sabit eksen etrafında dönebilen çok kanatlı bir pervaneden ibarettir. Kanatların birer yüzleri siyah, diğer yüzleri ışığı yansıtabilecek parlaklıkta beyaz renklidir. Siyah yüzler ışığı soğurur. Beyaz yüzler ışığı yansıttığı için ışık bu yüzlerde bir itme oluşturarak radyometrenin dönmesini sağlar.

Işık şiddeti I olan noktasal bir kaynak, şekildeki XY ve YZ noktalar arasında ok yönünde hareket ediyor.



Buna göre, ekrandaki A noktası çevresindeki aydınlanma şiddeti XY ve YZ aralıklarında nasıl değişir?

Işık kaynağı X, Y ve Z noktalarında iken A noktası çevresindeki aydınlanma şiddetleri :

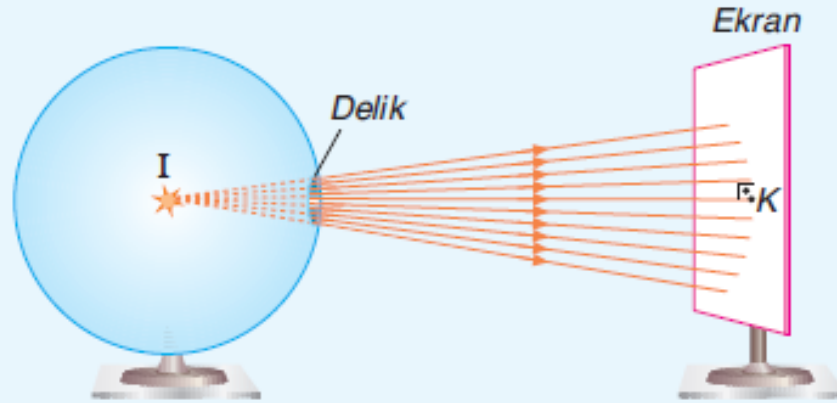
Işık kaynağı,

$$X \text{ noktasında iken, } E_X = \frac{I}{r^2} \cdot \cos 60^\circ$$

$$Y \text{ noktasında iken, } E_Y = \frac{I}{r^2} \cdot \cos 0^\circ$$

$$Z \text{ noktasında iken, } E_Z = \frac{I}{r^2} \cdot \cos 60^\circ$$

Buna göre, XY arasında ARTAR. YZ arasında AZALIR.



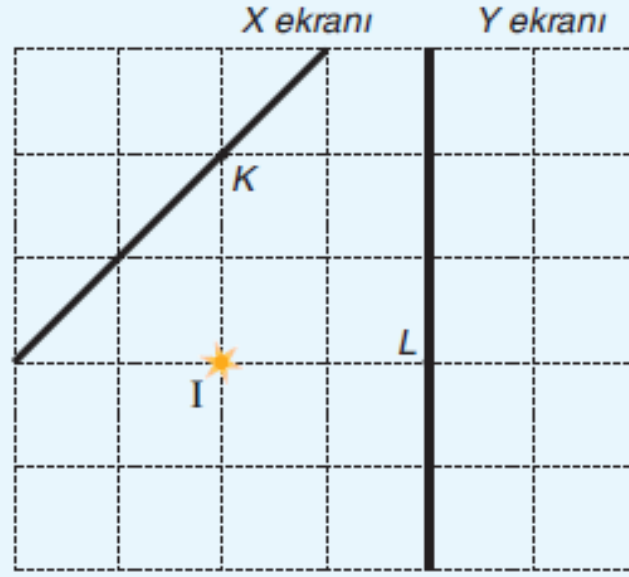
Şekilde görüldüğü gibi içi boş bir kürenin merkezinde noktasal bir ışık kaynağı vardır. Saydam olmayan bu kürenin yüzeyinde açılan bir delikten ışınlar çıkmaktadır. Bu durumda ekrana düşen ışık akısı Φ , K noktası çevresindeki aydınlanma E dir.

Delğin çapı büyütülürse Φ ve E nasıl değişir?

Işık akısı birim zamanda ekrana düşen ışık miktarıdır. Deliğın çapı büyütülürse ekrana düşen ışık miktarı artacağından ışık akısı artar.

Aydınlanma $E = \frac{I}{d^2}$ dir. Deliğın çapı değişirse I ve d değerlerinde

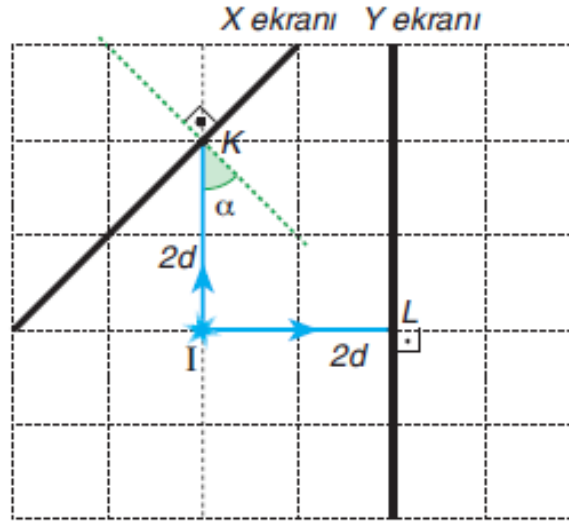
bir değişme olmayacağından K noktası çevresindeki aydınlanma değişmez.



Dik kesiti şekilde görülen sistemde, I şiddetindeki bir ışık kaynağı X ekranı ile Y ekranı arasına şekildeki gibi yerleştirilmiştir.

Buna göre, X ve Y ekranları üzerindeki K ve L noktalarının çevresinde meydana gelen aydınlanmaların değerlerini karşılaştırınız.

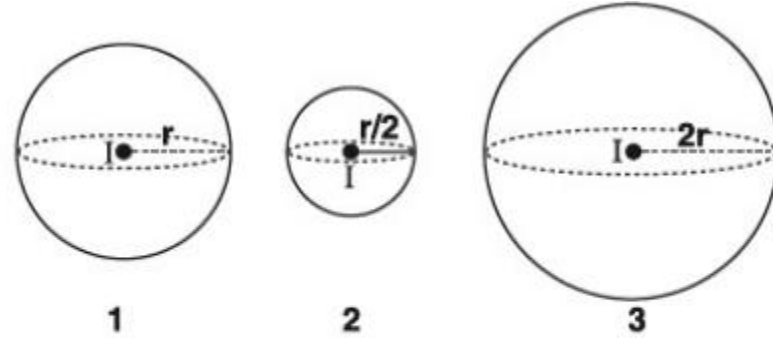
Hangi nokta çevresindeki aydınlanma daha büyüktür?



Kaynaktan K ve L noktalarına olan uzaklıklar eşittir.

Ancak ışının yüzeye çarpma açıları farklıdır. X ekranının normali ile ışın arasındaki açı 45° , Y ekranının normali ile ışın arasındaki açı 0° dir.

Bu durumda L deki aydınlanma daha büyüktür.



I şiddetindeki noktasal ışık kaynakları yarıçapları r , $r/2$ ve $2r$ olan, 1, 2, 3 kürelerinin merkezlerine şekildeki gibi yerleştirilmiştir.

Küre yüzeylerine düşen, ışık akıları ϕ_1 , ϕ_2 ve ϕ_3 olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki nedir?

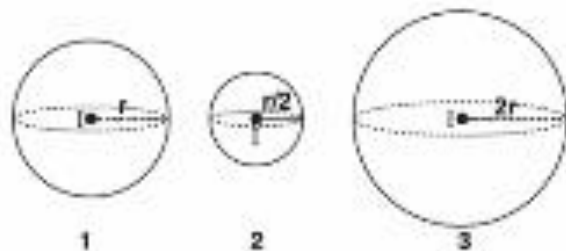
A $\phi_2 < \phi_1 < \phi_3$

B $\phi_3 < \phi_1 < \phi_2$

C $\phi_2 < \phi_1 = \phi_3$

D $\phi_1 = \phi_3 < \phi_2$

E $\phi_1 = \phi_2 = \phi_3$



I şiddetindeki noktasal ışık kaynakları yarıçapları r , $r/2$ ve $2r$ olan, 1, 2, 3 kürelerinin merkezlerine şekildeki gibi yerleştirilmiştir.

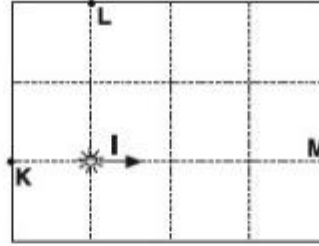
Küre yüzeylerindeki ışık akıları ϕ_1 , ϕ_2 ve ϕ_3 olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki nedir?

- A) $\phi_2 < \phi_1 < \phi_3$ B) $\phi_3 < \phi_1 < \phi_2$
 C) $\phi_2 < \phi_1 = \phi_3$ D) $\phi_1 = \phi_3 < \phi_2$
 E) $\phi_1 = \phi_2 = \phi_3$

$$\Phi = 4\pi I r^2$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3$$

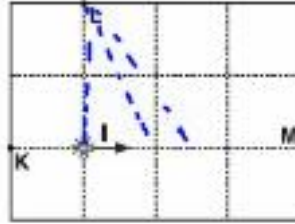


Birimkarelere ayrılmış düzleme şekildedeki gibi yerleştirilen ışık şiddeti I olan kaynağın K , L , M noktası civarında oluşturduğu aydınlama şiddetleri E_K , E_L , E_M 'dir.

Buna göre, ışık kaynağı ok yönünde çekilirse E_K , E_L , E_M nasıl değişir?

E_K	E_L	E_M
-------	-------	-------

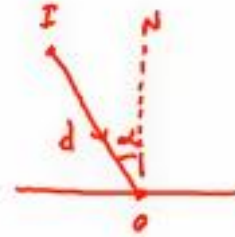
- | | | |
|------------|----------|----------|
| A Azalır | Azalır | Artar |
| B Azalır | Değişmez | Artar |
| C Artar | Azalır | Artar |
| D Artar | Değişmez | Azalır |
| E Değişmez | Azalır | Değişmez |



Birim karelere ayrılmış düzleme şekildedeki gibi yerleştirilen ışık şiddeti I olan kaynağın K, L, M noktası civarında oluşturduğu aydınlanma şiddetleri E_K , E_L , E_M 'dir.

Buna göre, ışık kaynağı ok yönünde çekilirse E_K , E_L , E_M nasıl değişir?

	E_K	E_L	E_M
A) Azalır	Azalır	Artar	Artar
B) Azalır	Değişmez	Artar	Artar
C) Artar	Azalır	Artar	Artar
D) Artar	Değişmez	Azalır	Azalır
E) Değişmez	Azalır	Değişmez	Değişmez

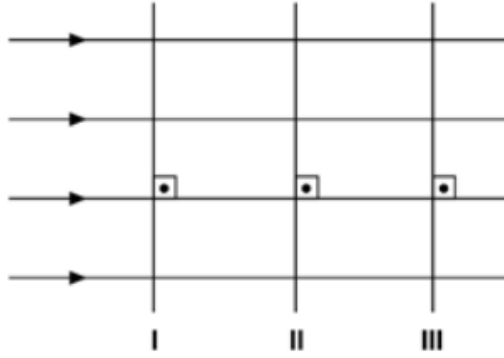


$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \alpha$$

$$\downarrow E_K = \frac{I}{d^2 \uparrow} \quad (\text{Azalır})$$

$$\downarrow E_L = \frac{I}{d^2 \uparrow} \cdot \cos \alpha \downarrow \quad (\text{Azalır})$$

$$\uparrow E_M = \frac{I}{d^2 \downarrow} \quad (\text{Artar})$$



Paralel bir ışık demetinin önüne bir perde ayrı ayrı I, II, III konumlarında yerleştiriliyor.

Perde üzerinde oluşan aydınlanmalar şiddetleri E_I , E_{II} , E_{III} olduğuna göre, E_I , E_{II} , E_{III} arasındaki ilişki nedir?

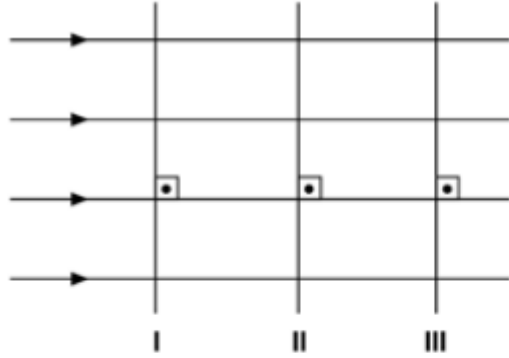
A $E_I > E_{II} > E_{III}$

B $E_I = E_{II} = E_{III}$

C $E_{III} > E_{II} > E_I$

D $E_I > E_{III} > E_{II}$

E $E_{III} > E_I > E_{II}$



Paralel bir ışık demetinin önüne bir perde ayrı ayrı I, II, III konumlarında yerleştiriliyor.

Perde üzerinde oluşan aydınlanmalar şiddetleri E_I , E_{II} , E_{III} olduğuna göre, E_I , E_{II} , E_{III} arasındaki ilişki nedir?

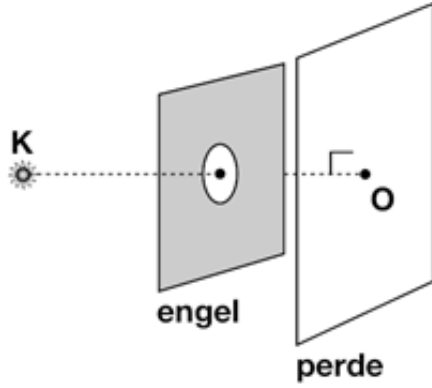
A $E_I > E_{II} > E_{III}$

B $E_I = E_{II} = E_{III}$

C $E_{III} > E_{II} > E_I$

D $E_I > E_{III} > E_{II}$

E $E_{III} > E_I > E_{II}$



K noktasal ışık kaynağı ile ortasında dairesel bir delik bulunan engel ve bir perde şeklindeki gibi yerleştirilmiştir.

Engel perdeye doğru yarılaştırılırsa,

- I. Perdedeki ışıklı bölgenin alanı azalır.
- II. O noktasındaki aydınlanma değişmez.
- III. Perdeye çarpan ışık akısı azalır.

yargılarından hangileri doğru olur?

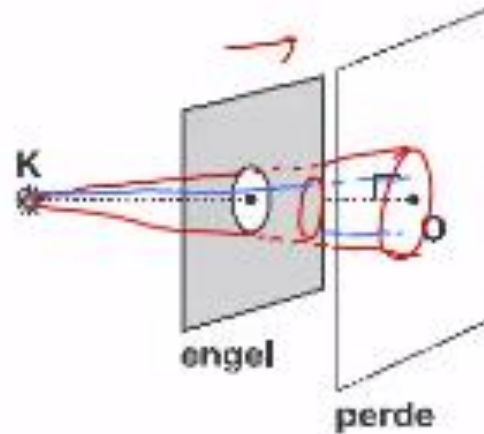
(A) Yalnız I

(B) Yalnız II

(C) Yalnız III

(D) I ve II

(E) I, II ve III



K noktasal ışık kaynağı ile ortasında dairesel bir delik bulunan engel ve bir perde şekildeki gibi yerleştirilmiştir.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

$$\Phi = E \cdot A$$

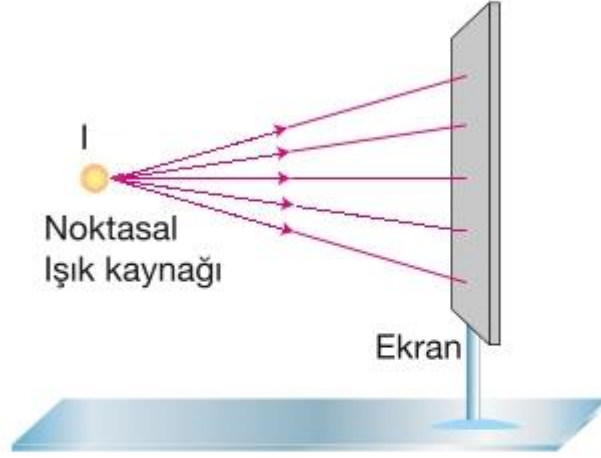
Engel perdeye doğru yarılaştırılırsa,

- I. Perdedeki ışıklı bölgenin alanı azalır. +
- II. O noktasındaki aydınlanma değişmez. +
- III. Perdeye çarpan ışık akısı azalır. +

yargılarından hangileri doğru olur?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) I, II ve III

Bir ışık kaynağından şekildeki gibi çıkan ışınlar ekran üzerine düşüyor.



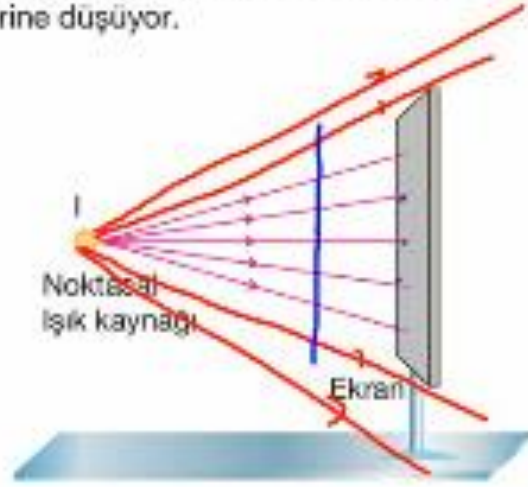
Ekran kaynağa doğru yaklaştırıldığında,

- I. Ekranı düşen ışık akısı
- II. Ekrandaki aydınlanma şiddeti
- III. Ekranın birim yüzeyine düşen ışık miktarı

değerlerinden hangileri ilk duruma göre değişir?

- (A) Yalnız I
- (B) Yalnız II
- (C) Yalnız III
- (D) II ve III
- (E) I, II ve III

Bir ışık kaynağından şekildeki gibi çıkan ışınlar ekran üzerine düşüyor.

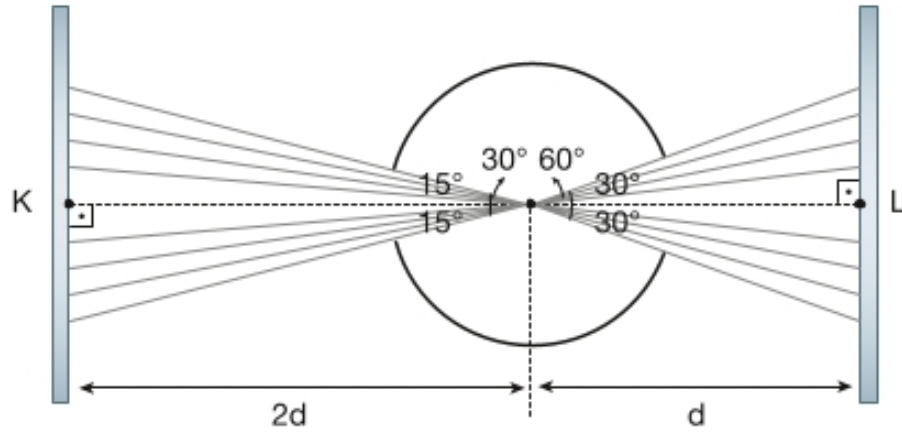


Ekran kaynağa doğru yaklaştığında,

- I) Ekrana düşen ışık akısı ↑
 - II) Ekrandaki aydınlanma şiddeti ↑
 - III) Ekranın birim yüzeyine düşen ışık miktarı ↑
- değerlerinden hangileri ilk duruma göre değişir?

$$I_E = \frac{\Phi}{A}$$

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) II ve III E) I, II ve III



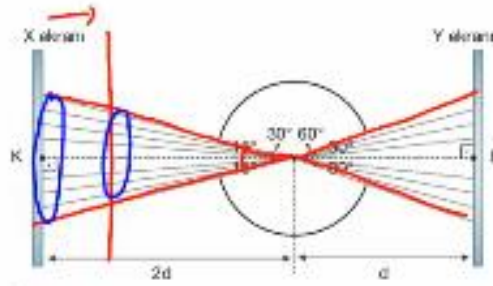
İçi boş ve saydam olmayan bir kürenin merkezindeki noktasal ışık kaynağından kürenin iki tarafındaki yüzeyinde şekildeki gibi açılan iki dairesel delikten X ve Y ekranlarına ışık düşmektedir.

Buna göre;

- I. X ekranına düşen ışık akısı Y ekranına düşen ışık akısından daha azdır.
- II. Ekranların K ve L noktalarındaki aydınlanmalar eşittir.
- III. X ekranı küreye doğru yaklaştırılırken üzerine düşen ışık akısı azalır.

yargılarından hangileri yanlıştır?

- (A) Yalnız I
- (B) II ve III
- (C) Yalnız III
- (D) Yalnız II
- (E) I ve II



İç i boş ve saydam olmayan bir kürenin merkezindeki noktasal ışık kaynağından kürenin iki tarafındaki yüzeyinde şekildeki gibi açılan iki dairesel delikten X ve Y ekranlarına ışık düşmektedir.

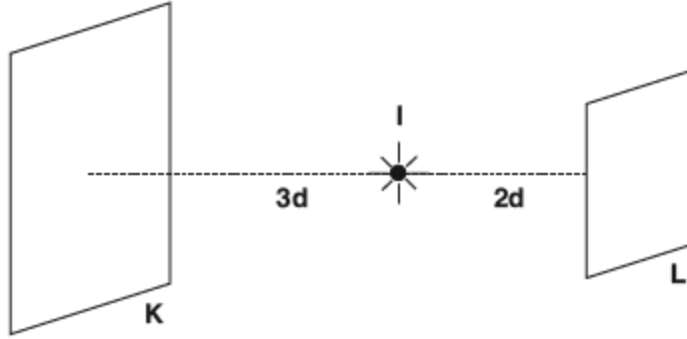
Buna göre;

- I X ekranına düşen ışık akısı Y ekranına düşen ışık akısından daha azdır.
- II Ekranların K ve L noktalarındaki aydınlanmalar eşittir.
- III X ekranı küreye doğru yaklaşıldıkça üzerine düşen ışık akısı azalır.

Yargılarından hangileri yanlıştır?

- A) Yalnız I B) II ve III C) Yalnız III
D) Yalnız II E) I ve II

$\Phi = 4\pi I$ $\Phi = 4\pi I \frac{\Omega}{360}$
 $\frac{4}{60} > \frac{4}{30}$ $\Phi_Y > \Phi_X$
 $E = \frac{I}{d^2}$
 $E_K = \frac{I}{(2d)^2}$ $E_L = \frac{I}{d^2}$
 $E_K = \frac{I}{4d^2}$ $E_L = \frac{I}{d^2}$
 $E_L > E_K$



Noktasal ışık kaynağından $3d$ ve $2d$ uzaklığı yerleştirilen K ve L kare levhalarına düşen ışık akıları eşit olduğuna göre, levhaların yüzey alanları oranı $\frac{S_K}{S_L}$ kaçtır?

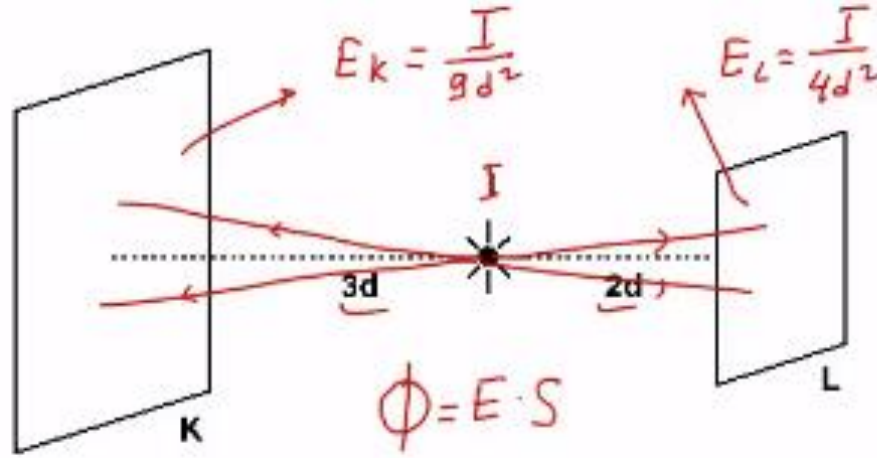
(A) $\frac{9}{4}$

(B) $\frac{3}{2}$

(C) 1

(D) $\frac{2}{3}$

(E) $\frac{4}{9}$



Noktasal ışık kaynağından $3d$ ve $2d$ uzaklığı yerleştirilen K ve L kare levhalarına düşen ışık akıları eşit olduğuna

göre, levhaların yüzey alanları oranı $\frac{S_K}{S_L}$ kaçtır?

- A) $\frac{9}{4}$ B) $\frac{3}{2}$ C) 1 D) $\frac{2}{3}$ E) $\frac{4}{9}$

$$\frac{I}{9d^2} \cdot S_K = \frac{I}{4d^2} \cdot S_L \rightarrow \frac{S_K}{S_L} = \frac{9}{4}$$

