

Orvosi biofizika

1. félév: 1,5 óra előadás + 2 óra gyakorlat
2. félév: 2 óra előadás + 2 óra gyakorlat

SE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet
igazgató: Prof. Kellermayer Miklós
tanulmányi felelős: Dr. Voszka István
<http://biofiz.semmelweis.hu/>

Bevezető. Az orvostudomány és a biofizika kapcsolata. Sugárzások a medicinában

Orvosi biofizika

Előadás és gyakorlat program

Prefixumok, lin és log skála, eV

Modellalkotás

Sugárzások: osztályozás, energia, ...

Radiometria mennyiségei

Sugárforrás geometriája

Sugárgyengülés (abszorpció)

Spektrum

Elektromágneses sugárzások

tartományai

Spektrum és a biológiai hatás

2014.09.10 KAD

1. félév előadásai

- 1 Az orvostudomány és a biofizika kapcsolata. **Sugárzások** a medicinában
- 2 A **fény** mint elektromágneses **hullám** és mint **fényrészecske**.
- 3 Orvosi **optikai eszközök** működése a geometriai optika és a hullámoptika alapján. Refraktometria (anizotrópia), endoszkópia, mikroszkópia
- 4 A **látás** optikai háttere, színlátás, színkeverés. A görbült felületek leképezése, törőerősség. Akkomodáció, látásélesség és annak korlátai
- 5 **Anyagszerkezet**, anyaghullám, atomi illetve molekuláris **kölcsönhatások**. Atomi erő mikroszkópia (AFM) és makroszkopikus modellje
- 6 **Sokatomos rendszerek**. Gázok, szilárdtestek, folyadékkristályok, folyadékok. A Boltzmann-eloszlás
- 7 **Fényemisszió**, fényforrások, színkép. Hőmérsékleti sugárzás. Fénysugárzás anyaggal való kölcsönhatásai. Fényszóródás, **fényabszorpció**
- 8 **Lumineszcencia** és alkalmazása a diagnosztikában.
- 9 **Lézerek** és orvosi alkalmazásuk. A fényerősítés alapja, a lézerezscillátor és megvalósításának feltételei
- 10 Atommag, **radioaktivitás**, magsugárzások. A magsugárzások anyaggal való kölcsönhatásai. Radioaktív izotópok, izotópos **nyomjelzés** technikák
- 11 **Dozimetria, sugárvédelem**. Nukleáris mérés technika
- 12 A **nukleáris medicina** főbb problémái. A radioaktív sugárzás az orvosi gyakorlatban.
- 13 **Jelfeldolgozás**. A jelek osztályozása, Fourier felbontása, elektromos alapáramkörök. Jelátalakítás, jelszelektálás, megjelenítők

Fizika az orvostudományban

diagnosztika

röntgendiagnosztika, UH, optikai tomográfia, MRI, EKG, endoszkópia ...

terápia

gamma-kés, fototerápia, lézersebészet, defibrillátor, vesekőzúzás

orvosi kutatások

rtg-diffrakció, optikai spektroszkópia, mikroszkópok, tömegspektrometria, ...

életfolyamatok

diffúzió, áramlások, emelők, hőszugárzás, elektromos áramok, ...

2

gyakorlatok

FEJEZETCÍM	ALCÍM
1. BEVEZETŐ	Tartalomjegyzék, általános tudnivalók, jegyzőkönyv minta
2. MIKROSZKÓPIA I.	Optikai mikroszkópia alapjai, képképzés
3. MIKROSZKÓPIA II.	Speciális optikai mikroszkópok, feloldóképesség, kontraszt
4. REFRAKTOMETRIA	Koncentráció-meghatározások refraktométerrel.
5. FÉNYEMISSZIÓ	Emissziós spektroszkópia, fényforrások emissziós spektrumának vizsgálata
6. FÉNYABSORPCIÓ	A spektrofotometria orvosi, biológiai alkalmazásának fizikai alapjai, komplex-oldat abszorpciós spektrumának vizsgálata
7. POLARIMÉTER	Optikai aktivitás vizsgálata cukoroldatokban
8. A SZEM OPTIKÁJA	A szem optikája — egyéni látásélesség mérés
9. NUKLEÁRIS ALAPMÉRÉS	A nukleáris medicina mérés technikájának alapjai
10. GAMMA ABSZORPCIÓ	γ -sugárzás abszorpciója — γ -sugárvédelem
11. GAMMA ENERGIA	γ -energia meghatározás, mint a kettős izotópjelzés alapja
12. IZOTÓPDIAGNOSZTIKA	Az izotópdiaгностика egyes fizikai problémái
13. RÖNTGEN	Röntgensugárzás előállítása és elnyelődése
14. RÖNTGEN-CT	A számítógépes röntgentomográfia (CT) elve
15. DOZIMETRIA	A dozimetria és a sugárvédelem mérés technikájának alapjai
16. UV-DOZIMETRIA	Ultrabolya sugárzás biológiailag hatásos dózisának mérése

17. MÉRÉSTECHNIKA	Analóg és digitális mérőműszerek használata
18. ERŐSÍTŐ	Elektromos erősítő jellemzőinek vizsgálata
19. SZINUSZOSZCILLÁTOR	Nagyfrekvenciás rezgések előállítása; orvosi alkalmazásai
20. ULTRAHANG	Az ultrahang diagnosztikai és terápiás alkalmazása
21. REZONANCIA	Rugalmasság, rezgések, rezonancia, az atomerő mikroszkópia alapjai
22. IMPULZUSGENERÁTOR	Elektromos impulzusok előállítása, impulzusszámlálás
23. COULTER SZÁMLÁLÓ	Elektronikus alakoselem-számlálás
24. BŐRIMPEDANCIA	Egyéni bőrimpedancia meghatározása
25. AUDIOMETRIA	Az audiometria fizikai alapjai, egyéni hallásküszöb mérés
26. SZENZOR	A szenzoros működés (a fényérzékelés) modellezése, a Stevens - törvény ellenőrzése egyéni hangosság-mérés alapján
27. EKG	Az elektrokardiográfia fizikai alapjai
28. ÁRAMLÁS	Folyadékok áramlása — az érendszer elektromos modellje
29. DIFFÚZIÓ	Anyagtranszport, diffúziós együttható meghatározása
30. FÜGGELÉK	Görög betűk, mértékegységek és prefixumok, állandók és adatok, laboratóriumi biztonsági rendszabályok, num-papírok
31. FELADATOK	Feladatok és eredményeik

Prefixumok

yotta	Y	10^{24}	3 nagyságrendenként külön prefixum
zetta	Z	10^{21}	
exa	E	10^{18}	
peta	P	10^{15}	
tera	T	10^{12}	
giga	G	10^9	
mega	M	10^6	minden nagyságrendre külön prefixum
kilo	k	10^3	
hekto	h	10^2	
deka	da	10^1	
deci	d	10^{-1}	
centi	c	10^{-2}	
milli	m	10^{-3}	3 nagyságrendenként külön prefixum
mikro	μ	10^{-6}	
nano	n	10^{-9}	
piko	p	10^{-12}	
femto	f	10^{-15}	
atto	a	10^{-18}	
zepto	z	10^{-21}	
yocto	y	10^{-24}	

Modellalkotás

föld sebessége,
keringési ideje
(Kepler tv-ek)

tömegpont

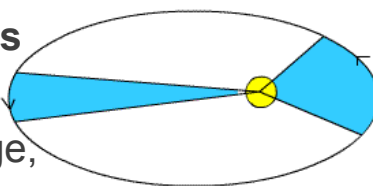
nappalok és éjszakák

tömegpont

merev test

árapály jelensége

merev test



SUGÁRZÁS MINDENÜTT



H-atom emissziós spektruma



Orion Nebula



Forrás → Sugárzás → Besugárzott test

SUGÁRZÁSOK FAJTÁI



Minden sugárzásban energia terjed

energia, E

$[E] = \text{J (Joule)}$, néha 1 eV (elektronvolt) = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{V}$

energia-áram = teljesítmény

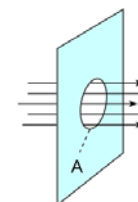
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$[P] = \text{W (Watt)}$

ΔE : a Δt idő alatt szállított energia

energia-áram-sűrűség = teljesítmény sűrűség = **intenzitás**

$[J] = \text{W/m}^2$



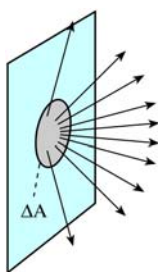
$$J = \frac{P}{A} = \frac{1}{A} \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

A: felület (az energia terjedés irányára merőleges)

10

Kisugárzott felületi teljesítmény

$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

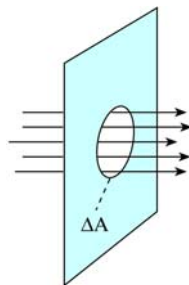


Egységnyi felület által 2π térszögben mekkora a kisugárzott teljesítmény

Radiometria mennyiségei

Sugárintenzitás

$$J_E = \frac{\Delta I_E}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

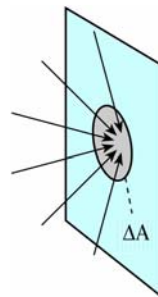


Egységnyi felületen mekkor teljesítmény áramlik át

Tankönyv II.3. és 4.. ábra

Besugárzott felületi teljesítmény

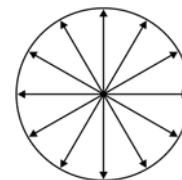
$$\mathcal{E} = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



Egységnyi felületre eső teljesítmény, ha az minden irányból érkezik

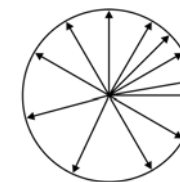
11

Írányfüggőség/függetlenség



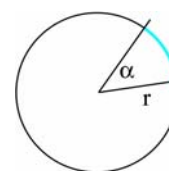
izotróp sugárzó

Tkv.II.2



anizotróp sugárzó

Radián, szteradián



$$\alpha = \frac{i}{r}$$

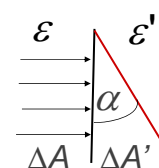
ív mérték (radián):
ív hossz/sugár;
teljes kör: $2\pi r/r = 2\pi$



$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

térszög (szteradián):
felület/sugárnégyzet;
teljes térszög: $4\pi r^2/r^2 = 4\pi$

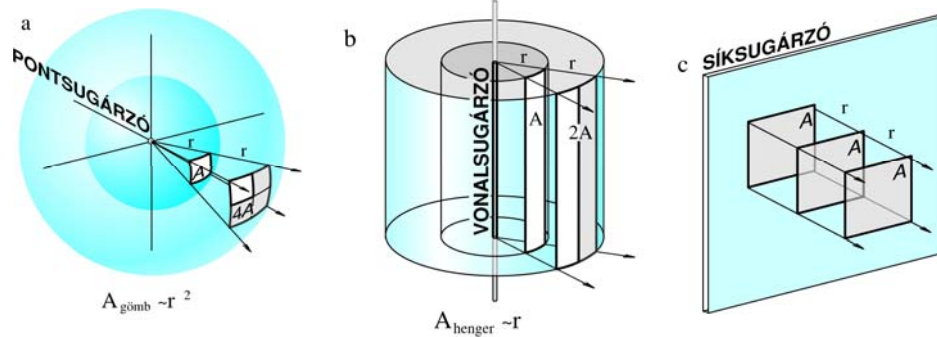
Besugárzott felületi teljesítmény ferdén beeső sugárzás esetén



$$\mathcal{E}' = \frac{\Delta P}{\Delta A'} = \frac{\Delta P}{\Delta A \cos \alpha} = \frac{\mathcal{E}}{\cos \alpha} \Rightarrow \mathcal{E} = \mathcal{E}' \cos \alpha$$

12

Felületi teljesítmény távolságfüggése különböző geometriájú sugárforrások esetén

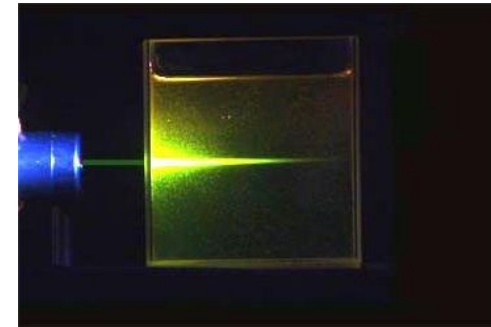


Tankönyv II.5. ábra

$$\Delta Z = Z(t_2) - Z(t_1) = Z_2 - Z_1$$

különbség = differencia,
későbbi mínusz korábbi

abszorpció

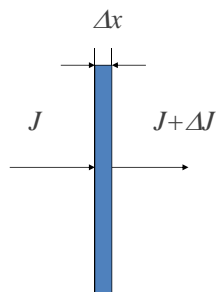


... sugárzások:
fény,
röntgen,
gamma,
hang, ultrahang

...

Hogyan függ az intenzitás az abszorbens vastagságától?

elegendően kicsi (infinitezimálisan kicsi) rétegvastagság



J : belépő intenzitás

ΔJ : az intenzitás megváltozása (<0)

$J + \Delta J$: kilépő intenzitás

$\Delta J = -\mu J \Delta x$ gyengülési törvény differenciális alakja

μ : az abszorbens (az elnyelő közeg) jellemzője
(abszorpciókoefficiens, gyengítési együttható)

$$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu J$$

a függvény változási
gyorsasága arányos
magával a függvénnyel

$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu J$
A függvényegyenlet
megoldása:

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

(levezetés: tankönyv)

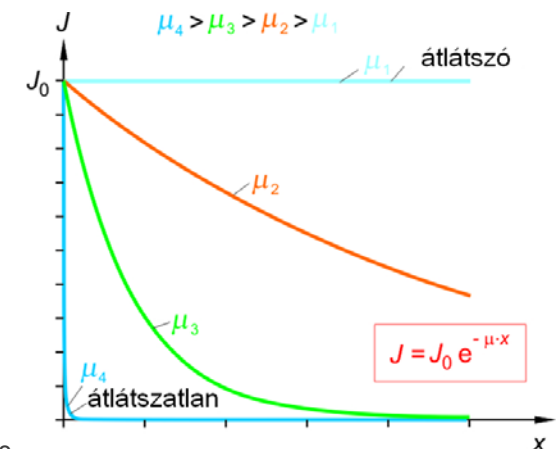
ellenőrzés:

$$\frac{\Delta e^x}{\Delta x} = e^x$$

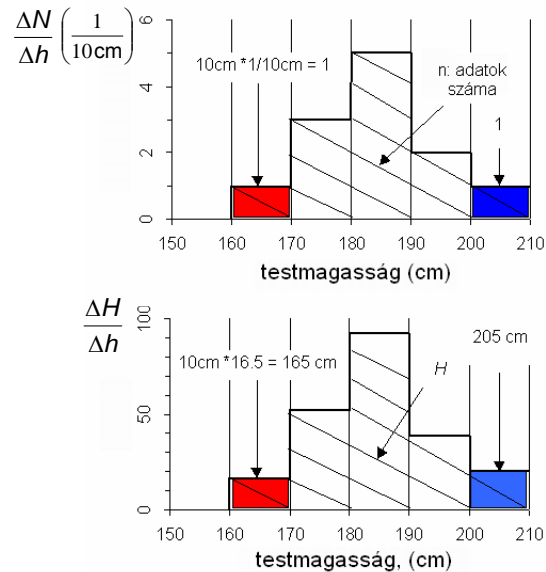
$e = 2.718...$
Euler-féle szám

$$\frac{\Delta(J_0 e^{-\mu x})}{\Delta x} = (J_0 e^{-\mu x})(-\mu) = -\mu J_0 e^{-\mu x}$$

O.K.



Eloszlás sűrűségfüggvény



h : testmagasság
 H : kollektív magasság

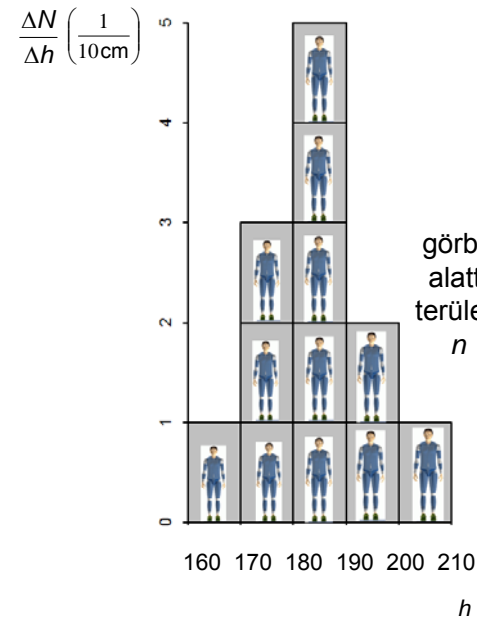


h

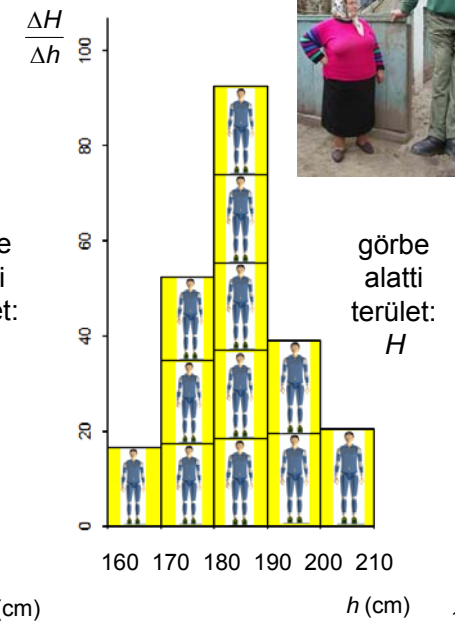
Spektrum mint speciális eloszlás sűrűségfüggvény

17

Eloszlás sűrűségfüggvény



Spektrum



18

Az elektromágneses sugárzások tartományai

$c \cdot T = \lambda$

periódusidő és frekvencia:

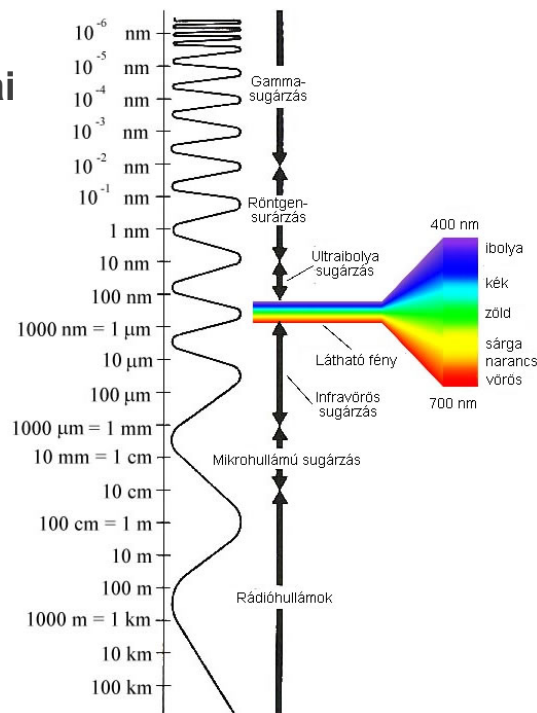
$1/T = f$

$c = f \cdot \lambda$

fotonenergia:

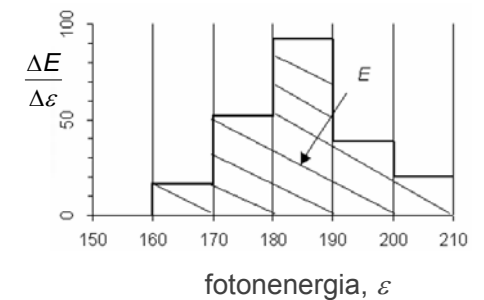
$\varepsilon = h \cdot f$

ε f λ



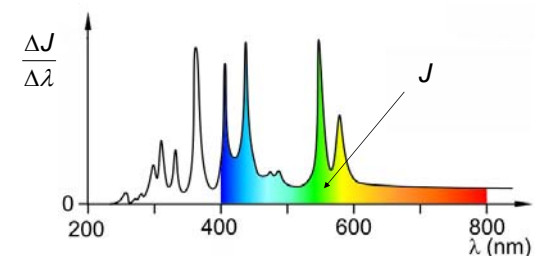
Emissziós spektrum:

Hogyan oszlik meg a teljes emittált energia az energiaadagok között



A sugárzást jellemző fizikai mennyiség: **intenzitás**

A **hullámhossz** használata kényelmesebb, mint a fotonenergiáé



biológiai hatás
 (43-as feladat)

$$2.6 \cdot 10^{21} \cdot 1\text{eV} = 2.6 \cdot 10^{17} \cdot 10^4 \text{ eV} ?$$

20