

## KÖVETELMÉNYRENDSZER

<b>Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar</b> <b>A gesztorintézet (és az esetleges közreműködő intézetek) megnevezése:</b> Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet		
<b>A tárgy neve:</b> Orvosi biofizika I. <b>Angol nyelven<sup>1</sup>:</b> Medical biophysics I. <b>Német nyelven<sup>1</sup>:</b> Medizinische Biophysik I. <b>Kreditértéke:</b> 4 <b>Teljes óraszám:</b> 56 <b>előadás:</b> 21 <b>gyakorlat:</b> 35 <b>szeminárium:-</b> <b>Tantárgy típusa:</b> <b><u>kötelező</u></b> <b>kötelezően választható</b> <b>szabadon választható</b>		
<b>Tanév:</b> 2019/2020 I. félév		
<b>Tantárgy kódja<sup>2</sup>:</b>		
<b>Tantárgyfelelős neve:</b> Dr. Kellermayer Miklós <b>Munkahelye, telefonos elérhetősége:</b> SE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet, 06-1-4591500/60200 <b>Beosztása:</b> egyetemi tanár, igazgató <b>Habilitációjának kelte és száma:</b> 2004 PTE ÁOK 7/2004/habil		
<b>A tantárgy oktatásának célkitűzése, helye az orvosképzés kurrikulumában:</b> A tantárgy célja a biológiai rendszerek és az emberi szervezet működési mechanizmusainak egzakt és kvantitatív vizsgálatához és megértéséhez szükséges gondolkodásmód és tudás elsajátítása.		
<b>A tárgy oktatásának helye (előadóterem, szemináriumi helyiség, stb. címe):</b> Elméleti Orvostudományi Központ Szent-Györgyi Albert előadóterme, 1094 Budapest, Tüzoltó u. 37-47.		
<b>A tárgy sikeres elvégzése milyen kompetenciák megszerzését eredményezi:</b> Az életműködések fizikai alapjainak és a szervezetre ható környezeti tényezők (sugárzások) tulajdonságainak és hatásainak megismerése, mérések önálló elvégzése és kiértékelése, mérési jegyzőkönyv készítése.		
<b>A tantárgy felvételéhez, illetve elsajátításához szükséges előtanulmányi feltétel(ek):</b> -		
<b>A kurzus megindításának hallgatói létszámfeltételei (minimum, maximum), a hallgatók kiválasztásának módja:</b> Maximum az I. évre felvett, valamint a tárgyat ismétlő hallgatók összlétszáma. Jelentkezés a Semmelweis egyetemi Neptun rendszeren keresztül.		
<b>A kurzusra történő jelentkezés módja:</b> A Semmelweis egyetemi Neptun rendszeren keresztül.		
<b>A tárgy részletes tematikája<sup>3</sup>:</b>		
<b>Oktatási hét</b>	<b>Előadás - 1,5 óra/hét</b>	<b>Gyakorlat – 2,5 óra/hét</b>
1	Bevezető. Az orvostudomány és a biofizika kapcsolata. Sugárzások a medicinában.	Bevezető, laborbiztonsági szabályok. Adatok rögzítése, egyszerű módosítása, ábrázolása táblázatkezelőben.

2	A fény mint elektromágneses hullám és mint fényrészecske.	Optikai leképezés. A fénymikroszkóp működése. Átlag, szórás, relatív gyakorisági eloszlás.
3	Orvosi optikai eszközök működése a geometriai optika és a hullámoptika alapján.	Fénytörés. Refraktometria. Egyenes illesztése, predikció.
4	A látás optikai háttere, színlátás, színkeverés. A görbült felületek leképezése, törőerősség.	Vérnyomásmérés, eredmények értékelése. Kvantilisek.
5	Anyagszerkezet, anyaghullám, atomi illetve molekuláris kölcsönhatások.	Speciális mikroszkópok: polarizáció, fáziskontraszt, interferencia, konfokális.
6	Sokrészecskés rendszerek, Boltzmann eloszlás. Gázok, szilárdtestek, folyadékkristályok szerkezete, optikai és elektromos tulajdonságai.	A szem optikája.
7	Fénysugárzás anyaggal való kölcsönhatásai. Az intenzitás gyengülése, fényszóródás, fényabszorpció.	Fényemisszió. Emissziós spektroszkópia. Valószínűség és határfok. Gauss eloszlás.
8	Lumineszcencia	Polarimetria. Vektorok.
9	hőmérsékleti sugárzás és alkalmazásai.	Fényelnyelődés. Abszorpciós fotometria.
10	Lézerek és orvosi alkalmazásuk.	Nukleáris mérések alapjai. Szcintilláció. Poisson eloszlás.
11	Atommag, radioaktivitás, magsugárzások.	Vezetőképesség. Bőrimpedancia mérése. Hatványösszefüggések - predikciók.
12	Dozimetria, sugárvédelem. Nukleáris méréstechnika.	Rugalmasság. Rezonancia. Az atomerőmikroszkóp működése. Módusz. Meredekség értelmezése.
13	A nukleáris medicina főbb problémái. A radioaktív sugárzás az orvosi gyakorlatban.	Gamma abszorpció. Gamma sugárvédelem alapjai. Exponenciális összefüggések – predikciók.
14	Jelfeldolgozás. A jelek osztályozása	Pótlás, értékelés, vizsgamegbeszélés.

Az előadások előadói: Dr. Kellermayer Miklós Sándor Zoltán, Dr. Bozó Tamás, Dr. Fidy Judit, Dr. Mártonfalvi Zsolt, Dr. Herényi Levente, Dr. Kaposi András, Dr. Schay Gusztáv, Dr. Smeller László, Dr. Tölgyesi Ferenc, Dr. Bérces Attila.

A gyakorlatok oktatói: Dr. Agócs Gergely, Dr. Balogh Erika, Dr. Bérces Attila, Dr. Bozó Tamás, Dr. Bócskei-Antal Barnabás, Csányi Csilla, Dr. Csík Gabriella, Derka István, Dr. Feller Tímea, Dr. Fidy Judit, Dr. Galántai Rita, Dr. Gál-Somkuti Judit, Dr. Haluszka Dóra, Dr. Jedlovszky-Hajdú Angéla, Dr. Juriga Dávid, Dr. Herényi Levente, Dr. Kaposi András, Dr. Kellermayer Miklós Sándor Zoltán, Dr. Kis-Petik Katalin, Dr. Kósa Nikolett, Dr. Liliom Károly, Dr. Mártonfalvi Zsolt, Dr. Orosz Ádám, Dr. Schay Gusztáv, Sipos Evelin, Dr. Smeller László, Dr. Szöllösi Dávid, Dr. Tölgyesi Ferenc, Dr. Veres Dániel Sándor, Dr. Voszka István, Dr. Zolcsák Ádám.

**Az adott tantárgy határterületi kérdéseit érintő egyéb tárgyak (kötelező és választható tárgyak egyaránt!). A tematikák lehetséges átfedései:**

Orvosi élettan, Orvosi képzőanyag, Szemészet, Orvosi statisztika, informatika és telemedicina, Orvosi biofizika haladóknak, Az orvosi biofizika matematikai és fizikai alapjai

**A tantárgy sikeres elvégzéséhez szükséges speciális tanulmányi munka<sup>4</sup>:**

-

**A foglalkozásokon való részvétel követelményei és a távolmaradás pótlásának lehetősége:**

A foglalkozások legalább 75% kötelező a jelenlét, a gyakorlatokról mérési jegyzőkönyvet kell készíteni. Az elmulasztott gyakorlatok pótlása a 4 hetes mérési cikluson belül lehetséges más csoportnál, a gyakorlatvezetőkkel történő egyeztetés után. A mulasztott gyakorlat anyagából, amennyiben a pótlás nem lehetséges, a gyakorlatvezetőnek kell beszámolni.

**A megszerzett ismeretek ellenőrzésének módja a szorgalmi időszakban<sup>5</sup>:**

Évközi tanulmányi ellenőrzés a 6. és 10. héten. Pótlási lehetőség a 13. illetve 14. héten. A félév végi aláírás feltétele a lehetséges pontszám legalább 50 %-ának megszerzése.

**A félév aláírásának követelményei:** A gyakorlatok legalább 75 %-án való részvétel, A félévközi demonstrációk legalább elégséges szintű teljesítése, a mérési jegyzőkönyvek elfogadása a gyakorlatvezető által.

**A vizsga típusa:** kollokvium

**Vizgakövetelmények<sup>6</sup>:**  
**Orvosi Biofizika I**  
**kollokviumi tételsor**

**1. Sugárzások alapfogalmai, a geometriai optika alapjai**

A sugárzások fajtái. A radiometria mennyiségei (ki és besugárzott felületi teljesítmény, intenzitás), irányfüggés, térszög. A detektált intenzitás távolságtól való függése különböző geometriájú sugárzók esetén grafikus szemléltetéssel. A sugárzás gyengülése közegen való áthaladásakor (a törvény differenciális és integrális alakja, értelmezése). A geometriai optika, mint modell. A Fermat-elv. Abszolút és relatív törésmutató, a visszaverődés és a törés törvénye. A kritikus szög számítása. Teljes belső visszaverődés jelensége és alkalmazása.

**2. Egyszerű optikai rendszerek képalkotása**

Egyetlen görbült felület leképezése, törőerősség, a leképezés törvénye. Képalkotás lencsékkel: nevezetes sugármenetek, lencsetörvény. Nagyítás és szögnagyítás. Lencserendszerek: egymás mellé helyezett lencsék eredő törőerőssége. A mikroszkóp felépítése, sugármenetek, nagyítás.

**3. A hullámoptika alapjai**

Rezgések és hullámok, hullámok típusai. Huygens–Fresnel-elv, interferencia, elhajlás résen és rácson. Az elhajlási szög számítása. A polarizált fény fogalma. A polarizáció alkalmazásai: polarimetria, fáziskontraszt- és polarizációs mikroszkópia (röviden, az elve). A feloldóképesség hullámoptikai korlátja. A színek hullámoptikai jelentése.

**4. A fény kettős természete**

A hullámtermészetre utaló jelenségek és értelmezésük. A teljes elektromágneses spektrum. A fényelektromos jelenség, annak einsteini magyarázata és alkalmazásai. Fotonenergia, az eV-skála. A fény impulzusának (lendületének) értelmezése, alkalmazás: lézercsipesz. Az anyaghullám fogalma. Az elektronmikroszkóp felépítése és feloldóképessége.

**5. Atommodellek, az elektron, mint részecske és hullám**

Atommodellek. Bohr-féle atommodell. Frank–Hertz-kísérlet. Az anyaghullám fogalma és számítása. Az elektron hullámtermészete (hullámhossz, kísérleti bizonyítékok). A szabad elektron hullámtulajdonságai, a Heisenberg-féle határozatlansági reláció. A kötött elektron jellemzése, kvantumszámok. A periódusos rendszer felépítése.

## **6. Atomi és molekuláris kölcsönhatások**

Kölcsönhatások a fizikában. Az atomon belüli és az atomok közti kölcsönhatások általános leírása; potenciális energia, kötéstávolság és kötési energia fogalma és szemléltetése grafikonon. Az elektronegativitás fogalma. Elsődleges kötések (kovalens, fémes, ionos). Másodlagos kölcsönhatások (dipól-dipól, van der Waals, hidrogénhid, hidrofób). Atomsugarak. Pásztázó tűszondás mikroszkópiák típusai. STM, AFM (alapelv, felépítés, alkalmazások).

## **7. Sokrészecskés rendszerek I.: ideális és reális gázok**

Makroállapot és mikroállapot. Az entrópia boltzmanni definíciója. Ideális gáz. Kinetikus gázelmélet. Az ideális gázok nyomásának eredete. A Maxwell–Boltzmann-féle sebességeloszlás. A reális gázok állapotegyenlete (van der Waals-egyenlet). A Boltzmann-eloszlás és érvényességének feltételei. Barometrikus magasságformula, fémek termikus emissziója, Nernst-egyenlet, reakcióegyensúly és reakciósebesség, Arrhenius-féle ábrázolás. Kötéserőségek, különböző típusú kötések felszakadásának értelmezése a Boltzmann-eloszlás segítségével. Félvezetők elektromos vezetőképességének hőmérsékletfüggése.

## **8. Sokrészecskés rendszerek II.: szilárd anyagok, folyadékok és folyadékkristályok**

A kristályos állapot jellemzése, elemi cella, kristályhibák. Energianívók kristályokban, sávszerkezetek (szigetelők, vezetők, szerkezeti és adalékolt félvezetők). Kristályos anyagok elektromos és optikai tulajdonságainak értelmezése. A félvezető dióda működése. A folyadékállapot jellemzői, rendezettsége. A mezomorfi állapot tulajdonságai. Termotróp és liotróp folyadékkristályos szerkezetek. Biológiai példák folyadékkristályos tulajdonságú rendszerekre. Elektro- és termooptikai jelenség és alkalmazásaik.

## **9. A fény kölcsönhatása atomokkal és molekulákkal**

Fényszórás: Rayleigh-szórás és Mie-szórás példákkal. Turbidimetria, nephelometria. Dinamikus fényszórás és a belőle nyerhető információ. A sugárgyengülési törvény és ebből a Lambert–Beer-törvény levezetése. Az abszorpciós színek mérése (mérőműszer felépítése és működése), jellemző paraméterei és a belőlük nyerhető információ. Atomok és molekulák energiaszintjei és spektrumai.

## **10. A hőmérsékleti sugárzás**

A hőmérsékleti sugárzás energetikája. Az abszolút fekete test. Kirchhoff-törvény, Stefan–Boltzmann-törvény, Wien-törvény. A Planck-féle magyarázat. Az abszolút fekete test emissziós spektruma. Néhány jelenség magyarázata (gyertyaláng árnyéka, különböző színű izzó testek). Hőmérsékleti sugárzáson alapuló fényforrások. A hőmérsékleti sugárzás orvosi alkalmazásai.

## **11. A lumineszcencia és formái**

A lumineszcencia típusai (a gerjesztés, valamint a relaxáció módja szerint) példákkal. Atomok fényemissziós mechanizmusa. Molekulák elektron-energiaszerkezete, Jabłoński-diagram (szingulett és triplétt nívók, vibrációs relaxáció, *intersystem crossing*), Kasha-szabály. Lumineszcencia spektrumok, Stokes-eltolódás magyarázata. Kvantumhatásfok, élettartam. A fluoreszcencia spektrométer felépítése és működése. A fluoreszcencia orvosi biológiai alkalmazásai: FRET, FRAP, lumineszcencia mikroszkópiai módszerek.

## **12. Lézer**

A lézersugárzás keltésének alapjai: spontán és indukált (stimulált) emisszió, populációinverzió, optikai rezonátor, a rezonancia feltételei. A lézerfény tulajdonságai. Lézertípusok. A lézerfény speciális tulajdonságainak orvosi (sebészeti, szemészeti és bőrgyógyászati) és egyéb alkalmazásai példákkal.

### **13. Atommag, izotópok. Radioaktív bomlás módjai, magsugárzások**

Az atommag felépítése és a stabilitását befolyásoló tényezők. Izotópok. Bomlástípusok felsorolása és részletes ismertetése. Mitől függ, hogy melyik bomlástípus lép fel? Az elektron és a pozitron (összehasonlítás, illetve a keletkezés és megsemmisülés értelmezése a megmaradási törvényekkel). A gammasugárzás keletkezése. Az  $\alpha$ -,  $\beta$ - és  $\gamma$ -sugárzások energiaspektrumai. Izotópok létrejöttének és mesterséges előállításának módjai.

### **14. A radioaktív bomlástörvény. A radioaktív izotópok jellemzői. Magsugárzások kölcsönhatása az anyaggal**

Az aktivitás definíciója. A bomlástörvény differenciális és integrális alakja. Felezési idő és átlagos élettartam. Az aktivitás csökkenése az idővel. Ionizáló sugárzások felosztása az anyaggal való kölcsönhatás módja szerint. Az  $\alpha$ -,  $\beta^-$ ,  $\beta^+$ , és  $\gamma$ -sugárzások kölcsönhatása az anyaggal. Neutronsugárzás hatása. Protonsugárzás, a Bragg-csúcs és jelentősége.

### **15. Magsugárzások mérése**

A magsugárzások mérésére szolgáló eszközök felépítésének és működési elvének ismertetése: szcintillációs számláló, gázionizáción alapuló detektorok, termolumineszcens doziméter, fotográfiai (film) módszerek, félvezető detektorok. Alkalmazási területük.

### **16. Dozimetria, dóziszfogalmak, sugárvédelem**

Az ionizáló sugárzás biológiai hatása: a sugárhatás mechanizmusa (fizikai, kémiai, biológiai fázisok), sztochasztikus és determinisztikus hatás.

Dóziszfogalmak: elnyelt dózis, besugárzási dózis, egyenértékdózis, effektív dózis, dózisteljesítmény. A besugárzási dózis mérése, a levegőben és szövetben fellépő dózisos viszonyai, súlytényezők jelentése.

Sugárvédelem: ALARA-elv (grafikus magyarázat), dóziskorlátok, küszöbdózisok.

### **17. Izotópdiagnosztika alapjai. A megfelelő izotóp kiválasztásának elvei**

Az izotópdiagnosztikával nyerhető információ. *Cost-benefit*-elv. Az izotóp kiválasztásának szempontjai: kémiai elem (radiofarmakon definíciója), aktivitás, felezési idő, emittált sugárzás típusa és energiája, ezek gyakorlati jelentősége. Tc-generátor felépítése és működése.

### **18. Izotópdiagnosztikai eljárások, a sugárterápia alapjai**

Az izotópdiagnosztikai eljárások osztályozása. A gammakamera felépítése és működése. Szcintigráfia. Dinamikus felvétel, ROI. Tipikus izotópfelvételi görbe értelmezése. Egy szerv biológiai felezési idejének meghatározása. SPECT. A PET elve és felépítése. Multimodális eljárások. A sugárzás kiválasztása az elnyelődés és az okozott ionizáció alapján. A relatív mélydózis. Az alkalmazott dózis. Sugárforrások. Teleterápia: geometriai szempontok, kollimátor fogalma és szerepe (példák), gammakés. A brachiterápia elve.

### **19. A biológiai jelek fajtái, jelfeldolgozás**

A jelek osztályozása különféle szempontok szerint, példákkal. Jelek összehasonlítása (decibelskála). Fourier-tétel periodikus és aperiodikus jelekre, példákkal. Biológiai jelek

<p>tipikus frekvencia- és amplitúdótartományai. Feszültségosztó és váltóáramú szűrők felépítése és működése. Erősítő működése és a működést szemléltető függvények; a visszacsatolás hatása. Analóg jelek digitalizálása, Shannon–Nyquist-tétel. Impulzusjelek feldolgozása, példák orvosi alkalmazásokra.</p> <p>Ezen kívül példamegoldás és egy gyakorlati tétel is lesz. Ez utóbbiban a gyakorlat elméleti háttéréről kell beszélni és a megadott mérési adatokat feldolgozni.</p>
<p><b>Az osztályzat kialakításának módja és típusa<sup>7</sup>:</b> A vizsgatételekre adott osztályzatok átlaga.</p>
<p><b>A vizsgára történő jelentkezés módja:</b> A Semmelweis egyetemi Neptun rendszeren keresztül.</p>
<p><b>A vizsga megismétlésének lehetőségei:</b> A Szervezeti és Működési Szabályzat II. részében foglaltak szerint.</p>
<p><b>A tananyag elsajátításához felhasználható nyomtatott, elektronikus és online jegyzetek, tankönyvek, segédletek és szakirodalom (online anyag esetén html cím):</b></p> <p>Oktatási anyagok (előadásdiák, házi feladatok) a Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet honlapján Orvosi biofizikai gyakorlatok (szerk. Kellermayer Miklós), Semmelweis Kiadó, Bp. 2017, ISBN 978 963 331 417 3 Orvosi Biofizika (szerk. Damjanovich S., Fidy J., Szöllősi J.) Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 2006.</p>
<p><b>A tárgyat meghirdető habilitált oktató (tantárgyfelelős) aláírása:</b></p>
<p><b>A gesztorintézet igazgatójának aláírása:</b></p>
<p><b>Beadás dátuma:</b> 2019. 06. 05.</p>

<p><b>OKB véleménye:</b></p>
<p><b>Dékáni hivatal megjegyzése:</b></p>
<p><b>Dékán aláírása:</b></p>

<sup>1</sup> Csak abban az esetben kell megadni, ha a tárgy az adott nyelven is meghirdetésre kerül.

<sup>2</sup> Dékáni Hivatal tölti ki, jóváhagyást követően.

<sup>3</sup> Az elméleti és gyakorlati oktatást órákra (hetekre) lebontva, sorszámozva külön-külön kell megadni, az előadók és a gyakorlati oktatók nevének feltüntetésével. Mellékletben nem csatolható!

<sup>4</sup> Pl. terepgyakorlat, kórlapelemzés, felmérés készítése, stb.

<sup>5</sup> Pl. házi feladat, beszámoló, zárthelyi stb. témaköre és időpontja, pótlásuk és javításuk lehetősége.

<sup>6</sup> Elméleti vizsga esetén kérjük a tételsor megadását, gyakorlati vizsga esetén a vizsgáztatás témakörét és módját.

<sup>7</sup> Az elméleti és gyakorlati vizsga beszámításának módja. Az évközi számonkérések eredményeink beszámítási módja.