

Orvosi Biofizika I

kollokviumi tételsor 2019/20

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 áthaladáskor (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, hidrogénhíd, 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. Kötéserősségek, 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, sáv szerkezetek (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 színnel 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-energiaszervezete, Jabłoński-diagram (szingulett és triplett nívók, vibrációs relaxáció, *intersystem crossing*), Kasha-szabály. Lumineszcencia spektrumok, Stokes-eltolódás magyarázata. Kvantumhatásfok, élettartam. A fluoreszcencia spektrométer felépítése és működése. A fluoreszcencia orvosbiológiai alkalmazásai: FRET, FRAP, lumineszcens mikroszkópiai módszerek.

12. Lézer

A lézersugárzás keltésének alapjai: spontán és indukált (stimulált) emisszió, populációinverzió, optikai rezonátor, a rezonancia feltételei. A lézerefény tulajdonságai. Lézertípusok. A lézerefény 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 α -, β - és γ -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 α -, β^- , β^+ , és γ -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, egyenértékű dózis, effektív dózis, dózisteljesítmény. A besugárzási dózis mérése, a levegőben és szövetben fellépő dózisek 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 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.