

Tantárgyi Kommunikációs Dosszié

Modern fizika GEFIT005M

Gépészmérnöki és Mechatronikai mérnöki mesterszak (MSc), nappali tagozat (MG)
FIT/3kredit/2+0/őszi félév

1. Tematika, a tárgy elvégzésének információi

Modern Fizika GEFIT005M – 2019/2020. tanév I. félév

A Modern Fizika c. tárgy tematikája és követelményei az MSc szintű gépészkaros mérnök szakos hallgatóknak, nappali tagozaton.

Tematika

37. hét Az abszolút vonatkoztatási rendszer kérdése, a Michelson-kísérlet. A speciális relativitás elve. A Lorentz-transzformáció. Relativisztikus dinamika alapfogalmai.

38. hét Tömegnövekedés, tömeg-energia ekvivalencia. Cockroft-Walton kísérlet. A kvantummechanika kísérleti alapjai: hőmérsékleti sugárzás, szilárdtestek mólhője.

39. hét Fotoeffektus, a foton fogalom megszületése. Compton szórás. A fény nyomása. Radioaktivitás.

40. hét Radioaktív bomlástörvény. Bomlási sorok. A radioaktív sugárzás mérése, biológiai hatásai.

41. hét Kidolgozott feladatok a radioaktivitás témaköréből. Az anyag atomos felépítése. Az atommag felfedezése, Rutherford kísérlet. az atomok színeképe.

42. hét Bohr-posztulátumok, Franck-Hertz-kísérlet. A H-atom Bohr-modellje. Az anyag hullámtermészete, de-Broglie hipotézis, a hullámcsoport fogalma.

43. hét Az anyag hullámtermészetének kísérleti bizonyítéka, elektron-interferencia. Határozatlansági reláció és következményei.

44. hét A kvantummechanika Schrödinger-féle elmélete. A kvantummechanika és a klasszikus mechanika kapcsolata. Az állapotegyenlet stacionárius megoldása.

45. hét Kötétt részecske energiasajátérték-egyenletének megoldása. Szabad és bezárt részecske, alagúteffektus.

46. hét A pálya-impulzumomentum sajátértéke, iránykvantálás, Zeeman-effektus, Stern-Gerlach kísérlet, az elektronspin, az egyelektronos atom.

47. hét A röntgensugárzás. Kvantumoptika, a lézerek működésének atomfizikai alapjai. Indukált emisszió, populációinverzió. A lézerek típusai.

48. hét A nukleáris kölcsönhatás, kötési energia. Maghasadás, láncreakció, atomreaktorok. Magfúzió.

Zárthelyi dolgozat

49. hét Elemi részecskék, azok rendszerezése. A négy alapvető kölcsönhatás. Az anyagi világ szerkezete.

50. hét Összefoglalás, ismétlés

A tárgy lezárásának módja: aláírás + vizsga

Az aláírás megszerzésének feltételei a félév során:

A szorgalmi időszak végén azok a hallgatók kapnak aláírást, akik

1. a tanóráknak legalább a felén részt vettek, és elfogadhatóan szerepeltek,
2. az évközi zárthelyi dolgozatukat (az előzetes terv szerint a 48. héten) eredményesen megírták, illetve az elégtelen osztályzatú vagy elmulasztott dolgozatot a pótzárthelyin pótolták, (a zárthelyi dolgozat feladatokból, és minimumkérdésekből áll). Az aláíráshoz mindkét részből legalább 40%-ot kell elérni.

Az aláírás pótlásának feltételei:

Azok a hallgatók, akik a 2. feltételnek nem tettek eleget, a vizsgaidőszakban szerezhetik meg az aláírásukat egy ismételt zárthelyi dolgozat megírásával. Akik az 1. vagy az 1. és 2. feltételnek nem tettek eleget, azok esetében a tanszék az aláírás végleges megtagadását javasolja a dékánnak. Ha a dékán úr mégis engedélyezi a pótlást, akkor a hallgató a tárgy előadójánál szerezheti meg az aláírást a félév teljes anyagából tett sikeres írásbeli beszámolóval.

A vizsga menete:

Vizsgára csak érvényes aláírással rendelkező hallgatók bocsáthatóak. A 100 pontos írásbeli vizsga minimumkérdésekből, definíciókból, tételekből és levezetésekéből áll. A minimumkérdések összesen 20 pontot érnek, ebből legalább 11 pontot el kell érni, egyébként a vizsgadolgozat elégtelen. Az elégséges eredményhez összesen legalább 40 pontot kell megszerezni. Az elért pontszám alapján a tanszék vizsgajegyet ajánl meg. Amennyiben a vizsgadolgozat javítása során felmerül a gyanú, hogy a hallgató nem megengedett eszközöket használt a dolgozat megírásánál (valamilyen módon puskázott), akkor a hallgatónak szóbeli vizsgát kell tennie, erről a hallgató üzenetet kap a NEPTUN rendszeren keresztül. Amennyiben a szóbeli vizsgán nem jelenik meg, a vizsgajegye elégtelen.

Irodalom:

1. Budó – Mátrai: Kísérleti fizika III., Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
2. Kiss – Horváth – Kiss: Kísérleti atomfizika, ELTE Eötvös Kiadó, 1998.
3. Marx György: Kvantummechanika, Műszaki könyvkiadó, 1971.
4. Simonyi Károly: Elektronfizika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
5. Halliday and Resnic: Fundamentals of Physics, John Wiley & Sons, 1981.
6. Alonso and Finn: Fundamental University Physics I, II, Addison-Wesley Pub., 1980.

Ajánlott internetcím:

1. http://www.uni-miskolc.hu/~www_fiz/palasthy/index.htm

Miskolc, 2019. szeptember 3.

dr. Majár János
egyetemi docens

2. Feladatsor a félév során megoldandó, a Radioaktivitással kapcsolatos feladatokból

Gépészmérnök (MSc) mesterszak, nappali tagozat (MG)
Modern fizika GEFIT005M
Kidolgozandó feladatok a radioaktivitás témaköréből

Köszönetem Dr. Radnóti Katalin főiskolai tanárnak ELTE TTK, akinek néhány feladat ötletét felhasználtam, és saját kedvemre kicsit átírtam.

1. Számítsuk ki, hogy hány mm^3 0°C -os 10^5 Pa nyomású hélium gáz keletkezik 1 gramm rádium alfa-bomlása során 1 év alatt. A $^{226}_{88}\text{Ra}$ felezési ideje 1602 év, $k=1,38 \times 10^{-23}$ J/K.
2. A természetes káliumnak 0,012 %-a ^{40}K izotóp. A ^{40}K izotóp radioaktív, a felezési ideje 1,28 milliárd év, a kálium többi izotópja (^{39}K és ^{41}K) nem radioaktív. Számítsuk ki egy átlagos emberben lévő – nyilvánvalóan természetes izotóp összetételű – 4,375 mólnyi mennyiségű kálium radioaktivitását?
- 3 Egy tó vízének térfogatát úgy mérik meg, hogy 740 MBq aktivitású radioaktív konyhasót szórnak bele. A NaCl-molekulák 0,01 ezreléke tartalmaz radioaktív ^{24}Na -atomot, a felezési idő 15 óra, a konyhasó móltömege 58,4 g/mol. a) Hány gramm sót dobnak a tóba? b) Hány m^3 víz van a tóban, ha 60 órával később egy 5 l-es vízminta aktivitását 370 Bq-nek mérik?
4. Egy ember vérébe $A_0 = 2000$ Bq aktivitású ^{24}Na radioaktív izotópot tartalmazó oldatot juttatunk. 5 óra múlva egy 1 cm^3 -es vérminta aktivitását 16 bomlás/perc-nek mérik. A ^{24}Na radioaktív izotópot felezési ideje 15 óra. Mekkora az ember vérének összetérfogata?
5. 1986. május végén, Magyarországon a talaj átlagos radioaktív szennyezettsége ^{134}Cs illetve ^{137}Cs izotópokból 2,3 ill. 4,8 kBq/ m^2 volt. Számítsuk ki, hogy az ország területére összesen hány kg cézium hullott? Mikor lesz (év, hónap) a két izotóp aktivitásának aránya 0,1 %, ($T_{1/2} (^{134}\text{Cs}) = 2,06$ év, $T_{1/2} (^{137}\text{Cs}) = 30,0$ év), $A=93000 \text{ km}^2$.
6. A felszíni vizekben átlagosan 10^{18} H-atomból egy darab hármass tömegszámú (^3H azaz trícium). A trícium radioaktív, felezési ideje 12,35 év. a) Számítsuk ki egy liter tiszta felszíni víz tríciumtól eredő radioaktivitását? b) Hány év múlva csökken a tríciumtól eredő radioaktivitása 0,01 Bq/liter alá?
7. Határozzuk meg egy olyan ókori famaradvány életkorát, amelyben a ^{14}C fajlagos aktivitása 3/5-öd része a frissen kidöntött fáknak észlelt fajlagos aktivitásnak. A ^{14}C felezési ideje 5730 év.
8. A földi légkörben kb. minden $8,6 \times 10^{11}$ darab ^{12}C atommagra jut egy ^{14}C izotóp. A ^{14}C izotóp radioaktív, felezési ideje 5730 év. Számítsuk ki 1 mol légköri CO_2 gáz ^{14}C -től eredő radioaktivitását! Hány év alatt csökken 20 %-kal a légkörből kivont szén radioaktivitása?
9. A ^{40}K -atommagok kb. 11%-a bomlik ^{40}Ar -ra $1,28 \times 10^9$ év felezési idővel. Határozza meg a földkéreg életkorát abból a feltevésből kiindulva, hogy az összes, a Földön található ^{40}Ar -atommag ^{40}K -atommagból keletkezett elektronbefogással. Egy grönlandi kőzetben a ^{40}Ar - és ^{40}K -izotópok arányát 0,77 értékűnek mérték. Milyen idős ez a földkéreg darab?
10. Becsülje meg, hány atom bomlik le szervezetünkben két szívdobbanás között? Tekintsünk egy átlagos 70 kg tömegű embert ($\sim 6,7 \times 10^{27}$ atom), Az emberi testben a leggyakoribb elemek koncentrációját tömegszázalékban az alábbi táblázat tartalmazza:

O	65%,	P	1,1%
C	18%	K	0,25%
H	10%	S	0,25%
N	3%	Na	2,7%
Ca	1,4%	Rb	0,02%

A radioaktív izotópok arányát, és felezési idejüket pedig a következő táblázat mutatja:

Izotóp	arány	felezési idő
^{14}C	10^{-12}	5730 év,
^3H	10^{-18}	12,35 év,
^{87}Rb	0,28%	500 milliárd év
^{40}K	0,012%	1,28 milliárd év.

11. A felszíni vizekben átlagosan 10^{18} H-atomból egy darab hármass tömegszámú (^3H azaz trícium). A trícium radioaktív, felezési ideje 12,35 év. a) Számítsuk ki egy liter tiszta felszíni víz tríciumtól eredő radioaktivitását? b) Hány éves lehet az a borritkaság, melynek a tríciumtól eredő radioaktivitása $0,141 \text{ Bq/m}^3$?

12. A csernobili katasztrófát követően a tehéntej aktivitása 2 kBq/liter volt. Tételezzük fel, hogy ez a ^{131}I jódizotóptól származik, melynek felezési ideje 8,05 nap. 1 liter tejből $0,4 \text{ kg}$ sajt készíthető, melybe a jód 80 %-a kerül be. Fogyasztásra akkor alkalmas a sajt, ha 400 Bq/kg alatt van az aktivitása. Mennyi idő múlva fogyasztható a sajt?

13. Napjainkban a ^{235}U izotóp atommagok csak 0,72 %-át teszik ki a teljes uránmennyiségnek (^{238}U). Mekkora volt ez az arány 4,6 milliárd évvel ezelőtt? A ^{235}U izotóp felezési ideje $7,1 \times 10^8$ év, a ^{238}U izotóp felezési ideje pedig $4,5 \times 10^9$ év.

14. Egy kémia szertárban lévő $2,71 \text{ gramm}$ tömegű KCl mintát radioaktívnak találták és az aktivitását állandónak mérték, mégpedig $44,9 \text{ Becquerel}$ -nek. A minta radioaktivitása ^{40}K izotóptól származik, amely a Kálium 0,0117%-a. Számítsuk ki a ^{40}K felezési idejét. $M_{\text{K}}=39,102 \text{ g/mol}$, $M_{\text{Cl}}=35,453 \text{ g/mol}$.

15. Az alábbi táblázat mutatja a jód 128-as izotópjának aktivitását az idő függvényében. Ezt a radionuklidot gyakran használják a gyógyászatban mint marker, hogy nyomonkövessék amint a jód elnyelődik a pajzsmirigyben. A táblázat alapján határozzuk meg a bomlásállandót, és a felezési időt, valamint a kezdeti pillanat aktivitását.

idő [perc]	4	36	68	100	132	164	196	218
A [Bq]	392,2	161,4	65,5	26,8	10,9	4,56	1,86	1,00

16. Két űrhajó A és B repülnek egymással szemben. Egy földi megfigyelő az A sebességét $0,75c$ -nek a B sebességét $0,9c$ -nek méri. Mekkora a B hajó sebessége az A-hoz képest? (c a fény vákuumbeli terjedési sebessége.)

17. Egy a K rendszerbeli nyugvó megfigyelő y irányban terjedő fényjelet észlel. A K'-beli megfigyelő $1,5 \times 10^8 \text{ m/s}$ sebességgel mozog a pozitív x tengely irányában a K-hoz képest. Határozzuk meg a fényjel sebességét, és terjedési irányát a K'-höz képest.

3. Vizsgatételek

Gépészmérnök (MSc) mesterszak, nappali tagozat (MG)
Modern fizika GEFIT005M
Vizsgatételek

1. A relativitáselmélet előzményei. Az abszolút vonatkoztatási rendszer kérdése, a Michelson-kísérlet eredménye. A speciális relativitás elve. A Galilei- és a Lorentz-transzformáció. A Lorentz-transzformáció kinematikai következményei.
2. Relativisztikus dinamika: tömegnövekedés, tömeg-energia ekvivalencia. Cockroft-Walton kísérlet.
3. A kvantummechanika kísérleti alapjai. A hőmérsékleti sugárzás, a fekete test modellje, Planck féle sugárzási törvény.
4. Szilárdtestek mólhője alacsony hőmérsékleten. Fotoeffektus, Einstein egyenlete. A foton. Compton-effektus.
5. Radioaktivitás, α -, β -, γ -, sugárzás. Radioaktív bomlástörvény. Bomlási sorok.
6. A radioaktív sugárzás mérése, és biológiai hatása. Az atommag felfedezése, Rutherford kísérlet. A rendszám jelentése. A neutron felfedezése, izotóp atommagok.
7. Gázok és gőzök emissziós és abszorpciós színeke, Bohr-posztulátumok, Franck-Hertz-kísérlet. A H-atom Bohr-modellje.
8. Az anyag hullámtermészete, a de-Broglie hipotézis. A kettős természet kísérleti bizonyítékai. A kétréses elektron-interferencia.
9. A Heisenberg-féle határozatlansági reláció és következményei. A részecske pályája, zéruspontri energia.
10. Kvantummechanika. Az állapotfüggvény fogalma, jelentése. Az időfüggő Schrödinger egyenlet. Stacionárius megoldás. Az idő független Schrödinger egyenlet.
11. Az egydimenziós dobozba zárt részecske kvantummechanikai tárgyalása. Energia sajátértékek, sajátfüggvények. Szabad részecske mozgásának kvantummechanikai leírása.
12. Áthaladás potenciállépcsőn, és véges vastagságú potenciálfalon. Alagúteffektussal értelmezhető jelenségek. A pálya-impulzumomentum adagossága, iránykvantálás.
13. Az egyelektronos atom kvantummechanikai modellje. Zeeman-féle vonalfelhasadás. Az elektronspin.
14. A röntgensugárzás. a lézerek működésének atomfizikai alapjai. Indukált emisszió, populációinverzió. A lézerek típusai.
15. A nukleáris kölcsönhatás tulajdonságai. A tömegdefektus fogalma, Cockroft-Walton kísérlet. Kötési energia. A nukleáris energia felszabadításának lehetősége. A maghasadás mechanizmusa. Láncreakció.
16. Az urán atommagok és a neutron kölcsönhatásai. Az első atomreaktor. A moderátor szerepe és típusai. A paksi atomerőmű működése, elvi felépítése. Energiatermelés magfúzióval.

4. Minimumkérdések a félévközi zárthelyi dolgozathoz és a vizsgához

Gépészmérnök (MSc) mesterszak, nappali tagozat (MG)

Modern fizika GEFIT005M

Minimum kérdések

1. A Galilei-tranzformációs egyenletek (hely- és időkoordináták: x', t') (4) $x' = x - Vt$, $t' = t$

2. A Lorentz-tranzformációs egyenletek (hely- és időkoordináták: x', t') (4)

$$x' = \gamma(x - Vt), \quad t' = \gamma\left(t - \frac{V}{c^2}x\right), \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

3. Relativisztikus tömegnövekedés (2) $m = m_0\gamma$, $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$

4. Relativisztikus mozgásegyenlet (2) $\vec{F} = \dot{\vec{p}} = m\dot{\vec{v}} + \dot{m}\vec{v}$

5. Relativisztikus teljesítménytétel (2) $P = \frac{d}{dt}(mc^2)$

6. Relativisztikus kinetikus energia (2) $T = m_0c^2(\gamma - 1)$

7. Tömeg-energia ekvivalencia (2) $E = mc^2$

8. A Planck-féle sugárzási törvény (a hőmérsékleti sugárzás spektrális eloszlása) (2) $U(f, T) = K \frac{hf^3}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1}$

9. A Wien-féle eltolódási törvény (2) $\frac{T_2}{f_{2\max}} = \frac{T_1}{f_{1\max}}$

10. A Stefan-Boltzmann törvény (2) $E(T) = \sigma \cdot T^4$, $E(T) = \int_0^\infty e(f, T) df$

11. Eistein-féle fotoelektromos egyenlet (2) $hf = A + \frac{1}{2}m_e v_{\max}^2$

12. A foton impulzusa (2) $p_f = \frac{h}{\lambda}$

13. Radioaktív bomlástörvény és bomlásállandó (2) $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$, $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$

14. α -bomlás (2) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4} Y + {}_2^4 He$

15. β -bomlás (2) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z+1}^A Y + e^-$

16. γ -bomlás (2) ${}_Z^A X^* \rightarrow {}_Z^A X + \gamma$

17. Bohr-féle frekvencia-feltétel két atomi állapot közötti átmenetre (2) $E_i - E_k = hf_{i,k}$

18. Bohr-féle kvantumfeltétel (2) $L_{e^-} = n\hbar$, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, $n = 1, 2, \dots$

19. Energiaszintek a H-atomban (2) $E_n = -E^* \cdot \frac{1}{n^2}$, $n = 1, 2, \dots$

20. A de Broglie-hullámhossz (2) $\lambda = \frac{h}{p}$

21. Határozatlansági reláció (2) $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$

22. Az 1-re normált hullámfüggvény (2) $\int_u \psi^* \psi dV = 1$

23. Tartózkodási valószínűség (2) $w = \int_V \psi^* \psi dV$

24. Az időfüggő Schrödinger egyenlet (2) $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + V\psi = -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \psi}{\partial t}$

25. Az időfüggő Schrödinger egyenlet stacionárius megoldása (2) $\Psi(\vec{r}, t) = \varphi(\vec{r})\tau(t) = \varphi(\vec{r})e^{-\frac{i}{\hbar}Et}$

26. Az időfüggetlen Schrödinger egyenlet (2) $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \varphi + V\varphi = E\varphi$

27. Dobozba zárt részecske egydimenziós időfüggetlen Schrödinger egyenlete (2) $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \varphi}{dx^2} = E\varphi$

28. Dobozba zárt részecske energia sajátértékei (2) $E_n = \frac{\hbar^2}{8ma^2} n^2 \quad n = 1, 2, 3, \dots$

29. Dobozba zárt részecske energia sajátfüggvényei (2) $\varphi_n = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi}{a} x \quad n = 1, 2, 3, \dots$

30. A szabad részecskét leíró hullám egyenlete egy dimenzióban (2) $\Psi(x, t) = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et - p_x x)}$

31. Megtalálási valószínűség véges vastagságú potenciálfal túloldalán (2) $\rho(a) \sim e^{-\frac{\sqrt{8m(V_0 - E)}}{\hbar} a}$

32. Az impulzusmomentum (L és L_z) sajátértékei (4) $L = \hbar \cdot \sqrt{l \cdot (l + 1)}, l = 0, 1, 2, \dots, L_z = \hbar m, m = -l, \dots, 0, \dots, +l$

33. A kvantumszámok rendszere a H-atomban, fő és mellékkvantumszám (4) $E_n = -E^* \cdot \frac{1}{n^2}, n = 1, 2, \dots,$

$$L = \hbar \cdot \sqrt{l \cdot (l + 1)}, l = 0, \dots, n - 1$$

34. A kvantumszámok rendszere a H-atomban, mágneses és spinquantumszám (4)

$$L_z = \hbar m, m = -l, \dots, 0, \dots, +l, S_z = \hbar \cdot m_s, m_s = \pm \frac{1}{2}$$

35. Atommagok tömegdefektusa (2) $\Delta m = M(A, Z) - Zm_p - (A - Z)m_n$

36. Atommagok kötési energiája (2) $E_k = \Delta mc^2$

Az ${}_{92}^{235}\text{U}$ atommag leggyakoribb hasadása (2) ${}_{92}^{235}\text{U} + n \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}^{96}\text{X} + {}^{137}\text{Y} + 3n + \text{energia}$

5. Zárthelyi dolgozat minta

Minimum A

1. A Galilei-traszformációs egyenletek (hely- és időkoordináták: x' , t') (4)
2. Relativisztikus teljesítménytétel (2)
3. A Wien-féle eltolódási törvény (2)
4. Relativisztikus kinetikus energia (2)
5. A Stefan-Boltzmann törvény (2)
6. Eistein-féle fotoelektromos egyenlet (2)
7. γ -bomlás (2)
8. Bohr-féle frekvencia-feltétel két atomi állapot közötti átmenetre (2)
9. Határozatlansági reláció (2)
10. Tartózkodási valószínűség (2)
11. Az időfüggetlen Schrödinger egyenlet (2)