



A TANTÁRGY ADATLAPJA

Kvantummechanika II

Egyetemi tanév: 2026/2027

1. A képzési program adatai

1.1. Felsőoktatási intézmény	BABEŞ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
1.2. Kar	FIZIKA KAR
1.3. Intézet	FIZIKA INTÉZET - MAGYAR TAGOZAT
1.4. Szakterület	Fizika
1.5. Képzési szint	Licensz
1.6. Tanulmányi program / Képesítés	Fizika

2. A tantárgy adatai

2.1. A tantárgy neve	Kvantummechanika II Mecanică cuantică II Quantum Mechanics II	A tantárgy kódja	FLM1411				
2.2. Az előadásért felelős tanár neve	lect. dr. Borbély Sándor						
2.3. A szemináriumért felelős tanár neve	lect. dr. Borbély Sándor						
2.4. A laboratóriumi gyakorlatért felelős tanár neve							
2.5. Tanulmányi év	3	2.6. Félév	5	2.7. Értékelés módja	E	2.8. Tantárgy típusa	DF

3. Teljes becsült idő (az oktatási tevékenység féléves óraszám)

3.1. Heti óraszám	2	melyből:				
3.2. előadás	1	3.3. szeminárium	1	3.4. laboratóriumi gyakorlat	0	
3.5. Tantervben szereplő összórászám	28	melyből:				
3.6. előadás	14	3.7. szeminárium	14	3.8. laboratóriumi gyakorlat	0	
Az egyéni tanulmányi idő (ET) és az önképzési tevékenységekre (ÖT) szánt idő elosztása:					óra	
A tankönyv, a jegyzet, a szakirodalom vagy saját jegyzetek tanulmányozása					14	
Könyvtárban, elektronikus adatbázisokban vagy terepen való további tájékozódás					14	
Szemináriumok / laborok, házi feladatok, portfóliók, referátumok, esszék kidolgozása (nagyobb vagy egyenlő a tantárgy naptárában az ellenőrzési feladatokra előírt összórászámával)					14	
Egyéni készségfejlesztés (tutorálás)					2	
Vizsgák					3	
Más tevékenységek:					0	
3.9. Egyéni tanulmányi idő (ET) és önképzési tevékenységekre (ÖT) szánt idő összórászám					47	
3.10. A félév összórászám					75	
3.11. Kreditszám					3	

4. Előfeltételek (ha vannak)

4.1. Tantervi	- Kvantummechanika I.
4.2. Kompetenciabeli	Kvantummechanikai alapismeretek. Matematikai alapismeretek.

5. Feltételek (ha vannak)

5.1. Az előadás lebonyolításának feltételei	nagy tábla
---	------------

5.2. A szeminárium lebonyolításának feltételei	nagy tábla
5.3. A laboratóriumi gyakorlatok lebonyolításának feltételei	

6.1. Elsajátítandó jellemző kompetenciák

Szakmai- / kulcs-kompetenciák	<p>C1. A fizika törvényeinek és elveinek megfelelő azonosítása és használata.</p> <p>C2. Adatelemző és adatfeldolgozó szoftvercsomagok és informatikai rendszerek használata.</p> <p>C3. Fizika feladatok adott feltételek mellett történő megoldása, numerikus és statisztikai módszerek segítségével.</p> <p>C4. Fizikai ismeretek alkalmazása úgy kapcsolódó területekről származó feladatokban, mint megszokott laboratóriumi eszközökkel végzett kísérletek esetén.</p> <p>C5. Oktató, tudományos és népszerűsítő jellegű információk elemzése és kommunikálása a fizikában. Szoftverek és virtuális eszközök fejlesztése és használata fizikai feladatok megoldásában.</p> <p>C6. Fizikai kérdések interdiszciplináris megközelítése.</p>
Transzverzális kompetenciák	<p>CT1. Szakmai feladatok hatékony és felelősségteljes ellátása a deontológiai jogszabályok betartásával.</p> <p>CT2. Csapatmunkában való hatékony részvétel különböző beosztásokban. A szakmai szerepek és felelőségek munkacsoporton belüli azonosítása, hatékony kommunikációs technikák alkalmazása, illetve csapatmunkában való hatékony részvétel különböző beosztásokban.</p> <p>CT3. Az információk, a kommunikációs források és a szakmai képzések hatékony felhasználása úgy anyanyelven, mint idegennyelven is. Továbbtanulásra való lehetőségek felismerése, az erőforrások és a tanulási technikák kamatoztatása a szakmai előmenetel érdekében.</p>

6.2. Tanulási eredmények

Ismeretek	<ul style="list-style-type: none"> - A hallgató/végzett leírja a fizika alapvető fogalmait, elméleteit, alapelveit, jelenségeit és törvényeit (pl. Arkhimédész törvénye, Coulomb-törvény, a termodinamika I. főtétele). - A hallgató/végzett megmagyarázza és értelmezi a fizika fogalmait, elméleteit, modelljeit és alapelveit (pl. atommodell, határozatlansági reláció), kiemelve a gyakorlati alkalmazásokat (pl. kísérleti technikák, technológiai alkalmazások). - A hallgató/végzett megfelelő elemzési módszereket határoz meg a fizika területének konkrét helyzeteire (pl. dimenzióanalízis, közelítő módszerek). - A hallgató/végzett fizikai rendszereket (pl. termodinamikai rendszerek, elektromos áramkörök) ír le, specifikus elméleteket és eszközöket (pl. fázisdiagramok, multiméterek) használva ezek jellemzésére.
Képességek	<ul style="list-style-type: none"> - A hallgató/végzett a szakmai kommunikáció során megfelelően használja a fizikai jelenségek modellezésére jellemző fogalmakat és módszereket (pl. Maxwell-egyenletek, Schrödinger-egyenlet). - A hallgató/végzett alkalmazza a fizika alapelveit és törvényeit (pl. mozgástörvények, ideális gáztörvény) elméleti vagy gyakorlati problémák megoldásában, beleértve a részben előre nem látható helyzeteket is. - A hallgató/végzett kritikusan értékeli egy alacsony nehézségi fokú tudományos közleményt vagy szakmai jelentést (pl. laboratóriumi jegyzőkönyv, bevezető tanulmány), elemezve a bemutatott érveket és következtetéseket. - A hallgató/végzett összehasonlítja a szakirodalomból (pl. tankönyvek, indexált cikkek) származó elméleti eredményeket a kísérleti eredményekkel, az adatokat egy szakmai jelentésbe vagy projektbe integrálva.

Felelősség és önállóság	<ul style="list-style-type: none"> - A hallgató/végzett műszaki vagy szakmai tevékenységeket, illetve projekteket irányít (pl. kísérletek tervezése, erőforrások elosztása), döntéseket hozva és csapatokat koordinálva váratlan helyzetekben. - A hallgató/végzett felelősséget vállal saját szakmai fejlődéséért (pl. konferenciákon való részvétel, tudománynépszerűsítő rendezvényeken való megjelenés), megtervezve és értékelve saját előrehaladását. - A hallgató/végzett felelősségteljesen végrehajtja az önálló munkafeladatokat, és hozzájárul az interdiszciplináris megközelítésekhez (pl. fizikai ismeretek integrálása multidiszciplináris projektekbe). - A hallgató/végzett hatékonyan megszervezi beosztását és erőforrásait (pl. időgazdálkodás, berendezések kezelése), betartva a határidőket és a biztonsági előírásokat.
-------------------------	---

7. A tantárgy célkitűzései (az elsajátítandó jellemző kompetenciák alapján)

7.1. A tantárgy általános célkitűzése	A modern elméleti fizika alapműszereinek a megismertetése.
7.2. A tantárgy sajátos célkitűzései	A kvantummechanika általános formalizmusának a tárgyalása. Akvantummechanika alapműszereinek az ismertetése.

8. A tantárgy tartalma

8.1. Előadás	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
--------------	----------------------	--------------

<p>1. A kvantummechanika általános formalizmusa. A hullámmechanika, mátrixmechanika és általános formalizmus a kvantummechanikában. Az általános formalizmus szerepe és fontossága. A "ket" és "bra" vektorok a végtelen dimenziós vektorterekben.</p> <p>2. Reprezentációelmélet a kvantummechanikában. Mátrixok a kvantummechanikában. Reprezentációcsere. Vektorok tenzoriális szorzása. Unitér transzformációk. Elemi transzformációk.</p> <p>3. A kvantummechanika Dirac formalizmusának a posztulátumai (I). Alapposztulátumok, Koordináta operátorok, koordináta reprezentáció. Impulzus operátorok, impulzusreprezentáció.</p> <p>4. A kvantummechanika Dirac formalizmusának a posztulátumai (II). A mérési posztulátum és következmények. Az evolúció posztulátuma és ennek a következményei.</p> <p>5. A sűrűségoperátor a kvantummechanikában. A sűrűségoperátor tulajdonságai. Egy nem tiszta állapot időbeli evolúciója.</p> <p>6. Az impulzusnyomatékok általános elmélete. Az impulzusnyomaték általánosítása. A standard reprezentáció.</p> <p>7. A spin a kvantummechanikában. Az elektronspin operátorai, Az elektron teljes állapotvektora. A Pauli egyenlet.</p> <p>8. Az impulzusnyomatékok összeadása. A probléma megfogalmazása. ClebschGordan együtthatók és ezeknek meghatározása.</p> <p>9. Több részecskéből álló kvantummechanikai rendszerek (I). N azonos részecske esete. Spinnel rendelkező részecskék. Többelektronos atomok</p> <p>10. Több részecskéből álló kvantummechanikai rendszerek (II). N azonos részecske esete. Spinnel rendelkező részecskék. A kicserélődési kölcsönhatás. Több elektronos atomok.</p> <p>11. A másodkvantálás módszere (I). A módszer fontossága. A részecskeszám reprezentáció. Részecskekeltő és eltüntető operátorok. A részecskeszám operátor.</p> <p>12. A másodkvantálás módszere (II). Adott koordinátával rendelkező részecskét keltő és eltüntető operátor. Operátorok másodkvantált formában.</p> <p>13. Kitekintő (I). Közelítő módszerek: A perturbációs módszer és a variációs módszer</p> <p>14. Kitekintő (II). Relativisztikus kvantummechanika, kvantumtérelmélet</p>	<p>érdeklődés felkeltés, vitára ösztönzés, előadás, megbeszélés, kitekintés a fizika más ágazataira, ellenőrzés</p>	
---	---	--

Könyvészet

1. Neda Zoltan, Libal Andras, Kovacs Kataline es Horvath Szabolcs. Online előadásjegyzet, Kvantummechanika II. <http://www.phys.ubbcluj.ro/~zoltan.neda/edu/files/ln2.htm>
2. A. Messiah: Quantum Mechanics II. (North Holland Publishing Co. ,1961) , román fordítás, megtalálható a Fizika Kar könyvtárában
3. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu and F. Laloe, Quantum Mechanics (Wiley-Interscience Publications, John Wiley & Sons, 1977, Paris)

8.2. Szeminárium	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
------------------	----------------------	--------------

1. 1. Végtelen dimenziós vektorterek általános formalizmusa 2. Gyakorlatok "ket" es "bra" vektorokkal. 3. Az 1D harmonikus oszcillátor az általános formalizmus keretében 4. Konkrét feladatok a reprezentációelmélet mátrix formalizmusával 5. Feladatok a sűrűségmatrixal kapcsolatosan 6. Feladatok az impulzusnyomatékok általános elméletével kapcsolatosan 7. Feladatok a spinnel kapcsolatosan 8. Feladatok az impulzsnyomatékok összeadásával kapcsolatosan (I) 9. Feladatok az impulzsnyomatékok összeadásával kapcsolatosan (II) 10. Feladatok a másodkvantálás módszerével kapcsolatosan. 11. Feladatok a perturbációelmélettel kapcsolatosan (I) 12. Feladatok a perturbációelmélettel kapcsolatosan (II) 13. Feladatok a variációs módszerrel kapcsolatosan. 14. Összefoglaló, kitenkintő.	ellenőrzés, feladatmegoldás, problematizálás, magyarázás	minden alkalommal megtörténik a házi-feladatok pontozása, új házi feladatok kijelölése
--	--	--

Könyvészet

1. E. Magyar-M.Constantinescu: Culegere de probleme de mecanică cuantică (Editura științifică și tehnica, 1977) megtalálható a Fizika kar könyvtárában
2. Elméleti Fizika Példatár, 3. - Kvantummechanika és Statisztikus Fizika (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002)

8.3. Laboratóriumi gyakorlatok	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
Könyvészet		

9. Az episztemikus közösségek képviselői, a szakmai egyesületek és a szakterület reprezentatív munkáltatói elvárásainak összhangba hozása a tantárgy tartalmával

A tantárgy célkitűzések felállításánál, annak tartalmi tervezésénél és a sikeres teljesítési feltételek megadásánál az iskolai oktatás és a Babeş-Bolyai Tudományegyetem földrajzi szomszédságában és vonzáskörében található tudományegyetemek (Universitatea Bucureşti, Universitatea Alexandru Ioan Cuza Iaşi, Eötvös Loránd Tudományegyetem Budapest, Debreceni Tudományegyetem stb.) tanterveit és tananyagait, illetve a kutatóintézetek (Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare INCDTIM Cluj-Napoca stb.) és a különböző magáncégek vagy magánvállalatok (Evoline, Codespring, Emerson, stb.) munkapiaci igényeit vettük figyelembe.

10. Értékelés

Tevékenység típusa	10.1. Értékelési kritériumok / 10.2. Értékelési módszerek / 10.3. Aránya a végső jegyben
10.4. Előadás	<ul style="list-style-type: none"> • a tantárgyi kompetenciák megszerzésének mértéke / évközi felmérések / 10% • teszt - írásbeli vizsga / 20% • logikus gondolkodás, tanulás mértéke / szóbeli vizsga / 45%
10.5. Szeminárium	<ul style="list-style-type: none"> • a szakismeretek alkalmazása feladatokban, szemináriumi tevékenység során / a táblai szereplés értékelése / 10% • házi feladatok teljesítése / házi feladatok ellenőrzése / 15%
10.6. Laboratóriumi gyakorlatok	
10.7. A teljesítmény minimumkövetelményei	

az alapfogalmak és alaptörvények ismerete
a ket és bra vektorok formalizmusának az ismerete
a tantárgy specifikus logikájának a megértése
közepes szintű feladatok helyes megoldása
néhány alaplevezetés reprodukálása
jelenlét a felmérőkön, házi feladatok legalább 50% -nak a helyes megoldása.
a minimális átmenő jegy megszerzéséhez: legalább elégséges (50%)

11. SDG ikonok (Fenntartható fejlődési célok / Sustainable Development Goals)

Nem alkalmazható

Előadás felelőse

lect. dr. Borbély Sándor

Szeminárium felelőse

lect. dr. Borbély Sándor

Laborgyakorlat felelőse

Kitöltés dátuma

2026-07-06

Az intézeti jóváhagyás dátuma

2026-07-06

Intézetigazgató

conf. dr. Járai-Szabó Ferenc