



## A TANTÁRGY ADATLAPJA

### 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	Alkalmazott mérnöki tudományok
1.5 Képzési szint	Licensz
1.6 Szak / Képesítés	Mérnöki fizika

### 2. A tantárgy adatai

2.1 A tantárgy neve	FLM1409 - Kvantummechanika I / Mecanică cuantică I / Quantum Mechanics I						
2.2 Az előadásért felelős tanár neve	prof. dr Néda Zoltán						
2.3 A szemináriumért felelős tanár neve	prof. dr Néda Zoltán						
2.4 A laboratóriumi gyakorlatért felelős tanár neve							
2.5 Tanulmányi év	2	2.6 Félév	4	2.7 Értékelés módja	E	2.8 Tantárgy típusa	DD

### 3. Teljes becsült idő (az oktatási tevékenység féléves óraszama)

3.1 Heti óraszám	4	melyből:			
3.2 előadás	2	3.3 szeminárium	2	3.4 laboratóriumi gyakorlat	0
3.5 Tantervben szereplő össz-óraszám	56	melyből:			
3.2 előadás	28	3.3 szeminárium	28	3.4 laboratóriumi gyakorlat	0
A tanulmányi idő elosztása:					óra
A tankönyv, a jegyzet, a szakirodalom vagy saját jegyzetek tanulmányozása					20
Könyvtárban, elektronikus adatbázisokban vagy terepen való további tájékozódás					0
Szemináriumok / laborok, házi feladatok, portfóliók, referátumok, esszék kidolgozása					14
Egyéni készségfejlesztés (tutorálás)					4
Vizsgák					4
Más tevékenységek:					0
3.9 Egyéni munka össz-óraszama					42
3.10 A félév össz-óraszama					98
3.11 Kreditszám	4				

### 4. Előfeltételek (ha vannak)

4.1 Tantervi	
4.2 Kompetenciabeli	<ul style="list-style-type: none"><li>• matematikai analízis</li><li>• analitikus számítási készségek (differenciálszámítás, több dimenziós integrálás, lineáris algebra, vektorok, mátrixalgebra)</li><li>• mechanikai és analitikus mechanika feladatok helyes megoldása</li><li>• absztraktizálás</li></ul>

### 5. Feltételek (ha vannak)

5.1 Az előadás lebonyolításának feltételei	<ul style="list-style-type: none"><li>• tábla</li><li>• számítógép és multimédiás projektor</li></ul>
--	---

5.2 A szeminárium lebonyolításának feltételei	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tábla</li> <li>• számítógép és multimédiás projektor</li> </ul>
5.3 A laboratóriumi gyakorlatok lebonyolításának feltételei	

## 6. Elsajátítandó jellemző kompetenciák

6.1 Szakmai kompetenciák	<p>C1. A fizika törvényeinek és elveinek, illetve az alkalmazott mérnöki tudományok elméleti alapjainak megfelelő azonosítása és használata.</p> <p>C2. Fizika feladatok adott feltételek mellett történő megoldása, numerikus és statisztikai módszerek segítségével. Tudományos kutatást támogató tevékenységek biztosítása.</p> <p>C3. Fizikai ismeretek alkalmazása úgy kapcsolódó területekről származó feladatokban, mint megszokott laboratóriumi eszközökkel végzett kísérletek esetén.</p> <p>C4. Fizikai kérdések interdiszciplináris megközelítése.</p>
6.2 Transzverzális kompetenciák	<p>CT1. Szakmai feladatok hatékony és felelősségteljes ellátása a deontológiai jogszabályok betartásával. A szerzői jogok, a termék tanúsítási módszertan és a szakmai etika elveinek, előírásainak és értékeinek törvényes kereteken belüli alkalmazása a saját precíz, hatékony és felelősségteljes munkastratégiákban.</p> <p>CT2. Csapatmunkában való hatékony részvétel különböző beosztásokban. A szakmai szerepek és felelősségek 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>

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

7.1 A tantárgy általános célkitűzése	A kvantummechanika alapjainak a megismertetése a Schrödinger formalizmust használva. A hullámmechanika klasszikus feladatainak a tárgyalása.
7.2 A tantárgy sajátos célkitűzései	A hullámmechanika alap-posztulátumaiból kiindulva megismertetjük a diákokkal a kvantummechanikai gondolkodásmód logikáját és az ehhez használt matematikai formalizmust. A magasfokú absztraktizálást igénylő elméleti alapok mellett nagyon sok konkrét egy- és háromdimenziós kvantummechanikai rendszert tanulmányozunk: részecske végtelen és véges mély potenciálgödörben, egydimenziós harmonikus oszcillátor, potenciállépcső, potenciálgát, periodikus potenciálok, potenciáldoboz, Coulomb típusú potenciál.

## 8. A tantárgy tartalma

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

## 1. Bevezető és a kvantummechanikához elvezető kísérletek

a.) A tantárgy fontosságának a megindoklása, az előadásokkal és szemináriumokkal kapcsolatos technikai részletek.

b.) Alapkísérletek, amelyek a kvantummechanika megalkotásához vezettek. A fényelektromos hatás, a feketetest sugárzás, a Compton hatás, Franck és Hertz kísérlete, az atomok és molekulák diszkrét kibocsájtási és elnyelési spektrumai.

2. **A kvantummechanika kezdetei.** A Bohr posztulátumok és a Bohr modell. De Broglie hipotézise. A részecske-hullám kettősség. A részecskéhez rendelt hullámcsomag

3. **A koordinátatérbeli és impulzustérbeli hullámfüggvény.** A hullámfüggvény tulajdonságai. Átlagértékek kiszámítása a hullámfüggvény segítségével

4. **A Schrödinger egyenlet.** A fizikai mennyiségek mint operátorok. Az átlagértékek kiszámítása általános esetben. A stacionárius Schrödinger egyenlet. A folytonossági egyenlet.

5. **A hullámmechanika matematikai formalizmusa.** Hilbert terek, operátorok és sajátérték-egyenletek

6. A mérési eredmények eloszlása a kvantummechanikában.

A diszkrét és folytonos spektrum esete.

## 7. I. Felmérés (I. - IV. Fejezet)

### **Kompatibilis és komplementáris mennyiségek.**

A kvantummechanika mérési posztulátuma. A Heisenberg-féle határozatlansági relációk.

8. **Egydimenziós rendszerek (I).** Általános tárgyalás. Konkrét példák kötött rendszerekre : a végtelen mély potenciálvölgy és a harmónikus oszcillátor.

9. **Egydimenziós rendszerek (II).** Konkrét példák szabad mozgásokra: a potenciállépcső és a potencálgát.

## 10. II. Felmérés (V. - VI. Fejezet)

**Az impulzusnyomaték a kvantummechanikában.** Sajátértékek és sajátfüggvények

11. **Centrális térben való mozgás (I).** A feladat klasszikus tárgyalása. A feladat kvantummechanikai tárgyalása, a radiális hullámegyenlet

12. **Centrális erőterben való mozgás (II).** A radiális Schrödinger egyenlet megoldása Coulomb típusú potenciális-energia esetén. A Hidrogén atom, a stacionárius állapotok és ezeket jellemző kvantumszámok.

13. **A Bohr sugár kiszámítása.** A Hidrogén atom esetén az elektron stacionárius állapotaiban a hullámfüggvények. A többelektronos atom-fenomenológus tárgyalásmód.

14. **A hullámmechanika formalizmusának a rövid áttekintése, és ennek helye a modern fizikában.** A kvantummechanika fejlődésének rövid történeti összefoglalása, a modern kvantummechanika rövid áttekintése : általános formalizmus, a relativisztikus kvantummechanika, a kvantumtérelmélet. Modern problémák a kvantummechanikában, fontos paradoxonok

érdeklődés felkeltés, vetítés, vitára ösztönzés, interaktív programok, előadás, megbeszélés, interdiszciplináris kitekintés, ellenőrzés, kötelező házi feladatok, melyeket mindig a következő szeminárium keretében ellenőrzünk és megoldunk

## Könyvészet

1. Z. Néda, A. Libál și K. Kovács, "Elemi Kvantummechanika" (Presa Univ. Cluj 2005), megvásárolható az egyetemi könyvesboltban és megtalálható a Fizika kar könyvtárában. Egy Internetről letölthető változat: <http://phys.ubbcluj.ro/~zneda/edu/new.htm>
2. M. Cristea: Mecanica Cuantica (editia a doua, Universitatea din Cluj, 1984) a Fizika Kar könyvtárában megtalálható
3. A. Messiah: Quantum Mechanics (North Holland Publishing Co. ,1961) , román fordítás, megtalálható a Fizika Kar könyvtárában
4. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu and F. Laloe, Quantum Mechanics (Wiley-Interscience Publications, John Wiley & Sons, 1977, Paris)
5. az előadás honlapja: <http://www.phys.ubbcluj.ro/~zneda/new.htm>
6. Néda Zoltán és Horváth Szabolcs: A kvantummechanika általános formalizmusa (online előadásjegyzetek) <http://www.phys.ubbcluj.ro/~zneda/edu/files/ln2.html>

8.2 Szeminárium	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valószínűségi számítási és matematikai statisztika alapfogalmak (előadás sok konkrét példával)</li> <li>2. Valószínűségi számítási és matematikai statisztika alapismeretekhez kapcsolódó illetve a kvantummechanikához elvezető kísérletekhez kapcsolódó feladatok megoldása</li> <li>3. Az átlagértékekkel kapcsolatos feladatok megoldása. A Bohr modellel és a D'Broglie hipotézissel kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>4. A Schrödinger egyenlettel és a folytonossági egyenlettel kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>5. A hullámmechanika matematikai formalizmusával kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>6. A mérési eredmények eloszlásával kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>7. A kompatibilis és komplementáris mennyiségekkel kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>8. Az egydimenziós kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>9. Az egydimenziós kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>10. A kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>11. A kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatos további feladatok megoldása</li> <li>12. A centrális erőterben való mozgással kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>13. A Hidrogénatom kvantumos tárgyalásával kapcsolatos feladatok megoldása</li> <li>14. A Bohr sugárral és a Hidrogénatomban az elektron hullámfüggvényével kapcsolatos feladatok megoldása.</li> </ol> <p>-összefoglalás</p>	<p>problematizálás, vita, előadás, magyarázás, feladatmegoldás, ellenőrzés</p>	<p>minden héten megtörténik az előző házi-feladatok pontozása, új házi feladatok kijelölése</p>

## Könyvészet

1. E. Magyar-M.Constantinescu: Culegere de probleme de mecanică cuantică (Editura științifică și tehnică, 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 József 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"> <li>a tantárgyi kompetenciák megszerzésének mértéke / évközi felmérések / 10%</li> <li>vizsga teszt / 20%</li> <li>logikus gondolkodás, tanulás mértéke / szóbeli vizsga / 45%</li> </ul>
10.5 Szeminárium	<ul style="list-style-type: none"> <li>a szakismeretek alkalmazása feladatokban, szemináriumi tevékenység során / a táblai szereplés értékelése / 10%</li> <li>házi feladatok teljesítése / házi feladatok ellenőrzése / 15%</li> </ul>
10.6 Laboratóriumi gyakorlatok	
10.7 A teljesítmény minimumkövetelményei	
<ul style="list-style-type: none"> <li>az alapfogalmak és alaptörvények ismerete</li> <li>a tantárgy specifikus logikájának a megértése</li> <li>közepes szintű feladatok helyes megoldása</li> <li>néhány alapmodell tanulmányozásának a reprodukálása</li> <li>legalább elégséges (50%) minden tantárgyi tevékenységen külön-külön</li> </ul>	

### Előadás felelőse

prof. dr Néda Zoltán

### Szeminárium felelőse

prof. dr Néda Zoltán

### Laboratóriumi gyakorlat felelőse

### Kitöltés dátuma

2023-03-30

### Az intézeti jóváhagyás dátuma

2023-03-30

### Intézetigazgató

conf. dr. Járai-Szabó Ferenc