



## A TANTÁRGY ADATLAPJA

### Kvantummechanika I

Egyetemi tanév: 2025/2026

#### 1. A képzési program adatai

|                                     |                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1.1. Felsőoktatási intézmény        | BABEȘ-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 I<br>Mecanică cuantică I<br>Quantum Mechanics I |            |   |                      | A tantárgy kódja |                      | FLM1409 |
| 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 | DF      |

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

|                                                                                                                                                                                    |    |                  |    |                              |   |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------|----|------------------------------|---|------------|
| 3.1. Heti óraszám                                                                                                                                                                  | 4  | melyből:         |    |                              |   |            |
| 3.2. előadás                                                                                                                                                                       | 2  | 3.3. szeminárium | 2  | 3.4. laboratóriumi gyakorlat | 0 |            |
| 3.5. Tantervben szereplő összórászám                                                                                                                                               | 56 | melyből:         |    |                              |   |            |
| 3.6. előadás                                                                                                                                                                       | 28 | 3.7. szeminárium | 28 | 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                                                                                                          |    |                  |    |                              |   | 28         |
| 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 összórászámmal) |    |                  |    |                              |   | 20         |
| Egyéni készségfejlesztés (tutorálás)                                                                                                                                               |    |                  |    |                              |   | 3          |
| Vizsgák                                                                                                                                                                            |    |                  |    |                              |   | 3          |
| Más tevékenységek:                                                                                                                                                                 |    |                  |    |                              |   | 1          |
| <b>3.9. Egyéni tanulmányi idő (ET) és önképzési tevékenységekre (ÖT) szánt idő összórászám</b>                                                                                     |    |                  |    |                              |   | <b>69</b>  |
| <b>3.10. A félév összórászám</b>                                                                                                                                                   |    |                  |    |                              |   | <b>125</b> |
| <b>3.11. Kreditszám</b>                                                                                                                                                            |    |                  |    |                              |   | <b>5</b>   |

#### 4. Előfeltételek (ha vannak)

|                      |                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.1. Tantervi        |                                                                                                                                                                                                                 |
| 4.2. Kompetenciabeli | analitikus számítási készségek (differenciálszámítás, több dimenziós integrálás, lineáris algebra, vektorok, mátrixalgebra)<br>mechanikai és analitikus mechanika feladatok helyes megoldása<br>absztraktizálás |

## 5. Feltételek (ha vannak)

|                                                              |                                              |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 5.1. Az előadás lebonyolításának feltételei                  | tábla<br>számítógép és multimédiás projektor |
| 5.2. A szeminárium lebonyolításának feltételei               | tábla<br>számítógép és multimédiás projektor |
| 5.3. A laboratóriumi gyakorlatok lebonyolításának feltételei |                                              |

## 6. Elsajátítandó jellemző kompetenciák

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Szakmai- / kulcs-kompetenciák | C1. A fizika törvényeinek és elveinek, illetve az alkalmazott mérnöki tudományok elméleti alapjainak megfelelő azonosítása és használata.<br>C2. Fizika feladatok adott feltételek mellett történő megoldása, numerikus és statisztikai módszerek segítségével. Tudományos kutatást támogató tevékenységek biztosítása.<br>C3. Fizikai ismeretek alkalmazása úgy kapcsolódó területekről származó feladatokban, mint megszokott laboratóriumi eszközökkel végzett kísérletek esetén.<br>C4. Fizikai kérdések interdiszciplináris megközelítése.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Transzverzális kompetenciák   | CT1. Szakmai feladatok hatékony és felelősségteljes ellátása a deontológiai jogszabályok betartásával. A szerzői jogok, a terméktanúsítási módszertan és a szakmai etika elveinek, előírásainak és értékeinek törvényes kereteken belüli alkalmazása a saját precíz, hatékony és felelősségteljes munkastratégiákban.<br>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.<br>CT3. Az információk, a kommunikációs források és a szakmai képzések hatékony felhasználása úgy anyanyelven, mint idegennyelven is.<br>Továbbtanulásra való lehetőségek felismerése, az erőforrások és a tanulási technikák kamatoztatása a szakmai előmenetel érdekében. |

## 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 |
|--------------|----------------------|--------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1. Bevezető és a kvantummechanikához elvezető kísérletek</b><br/> a.) A tantárgy fontosságának a megindoklása, az előadásokkal és szemináriumokkal kapcsolatos technikai részletek.<br/> 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.</p> <p><b>2. A kvantummechanika kezdetei.</b> A Bohr posztulátumok és a Bohr modell. De'Broglie hipotézise. A részecske-hullám kettősség. A részecskéhez rendelt hullámcsomag</p> <p><b>3. A koordinátatérbeli és impulzustérbeli hullámfüggvény.</b> A hullámfüggvény tulajdonságai. Átlagértékek kiszámítása a hullámfüggvény segítségével</p> <p><b>4. A Schrödinger egyenlet.</b> A fizikai mennyiségek mint operátorok. Az átlagértékek kiszámítása általános esetben. A stacionárius Schrödinger egyenlet. A folytonossági egyenlet.</p> <p><b>5. A hullámmechanika matematikai formalizmusa.</b> Hilbert terek, operátorok és sajátérték-egyenletek</p> <p>6. A mérési eredmények eloszlása a kvantummechanikában.<br/> A diszkrét és folytonos spektrum esete.</p> <p><b>7. I. Felmérés (I. - IV. Fejezet)</b><br/> <b>Kompatibilis és komplementáris mennyiségek.</b><br/> A kvantummechanika mérési posztulátuma. A Heisenberg-féle határozatlansági relációk.</p> <p><b>8. Egydimenziós rendszerek (I).</b> Általános tárgyalás. Konkrét példák kötött rendszerekre : a végtelen mély potenciálvölgy és a harmónikus oszcillátor.</p> <p><b>9. Egydimenziós rendszerek (II).</b> Konkrét példák szabad mozgásokra: a potenciállépcső és a potencálgát.</p> <p><b>10. II. Felmérés (V. - VI. Fejezet)</b><br/> <b>Az impulzusnyomaték a kvantummechanikában.</b><br/> Sajátértékek és sajátfüggvények</p> <p><b>11. Centrális térben való mozgás (I).</b> A feladat klasszikus tárgyalása. A feladat kvantummechanikai tárgyalása, a radiális hullámegyenlet</p> <p><b>12. Centrális erőterben való mozgás (II).</b> A radiális Schrödinger egyenlet megoldása Coulomb típusú potenciális-energia esetén. A Hidrogén atom, a stacionárius állapotok és ezeket jellemző kvantumszámok.</p> <p><b>13. A Bohr sugár kiszámítása.</b> A Hidrogén atom esetén az elektron stacionárius állapotaiban a hullámfüggvények. A többelektronos atom-fenomenologus tárgyalásmód.</p> <p><b>14. A hullámmechanika formalizmusának a rövid áttekintése, és ennek helye a modern fizikában.</b><br/> A kvantummechanika fejlődésének rövid történeti összefoglalása, a modern kvantummechanika rövid áttekintése : általános formalizmus, a relativisztikus kvantummechanika, a kvantumtérelmélet. Modern problémák a kvantummechanikában, fontos paradoxonok</p> | <p>érdeklődés felkeltés, vetítés, vitára ösztönzés, interaktív programok, előadás, megbeszélés, interdiszciplináris kitekintés, ellenőrzés, kötelező házi feladatok, melyeket mindig a következő szeminárium keretében ellenőrünk és megoldunk</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Könyvészet

1. Z. Neda, A. Libál și K. Kovács, "Elemi Kvantummechanika" (Presă 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. Neda 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. Valószínűségszámítási és matematikai statisztika alapfogalmak (előadás sok konkrét példával)</li><li>2. Valószínűségszámítási 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> -összefoglalás | problematisztálás, vita, előadás, magyarázás, feladatmegoldás, ellenőrzés | minden héten megtörténik az előző házi-feladatok pontozása, új házi feladatok kijelölése |

## 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 Naţional de Cercetare Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice şi 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 / 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 / 25%</li> </ul> |
| 10.6. Laboratóriumi gyakorlatok                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                         |
| 10.7. A teljesítmény minimumkövetelményei                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                         |
| az alapfogalmak és alaptörvények ismerete<br>a tantárgy specifikus logikájának a megértése<br>közepes szintű feladatok helyes megoldása<br>néhány alapmodell tanulmányozásának a reprodukálása<br>legalább elégséges (50%) minden tantárgyi tevékenységen külön-külön |                                                                                                                                                                                                                                         |

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

|                  |
|------------------|
| Nem alkalmazható |
|------------------|

### Előadás felelőse

prof. dr Néda Zoltán

### Szeminárium felelőse

prof. dr Néda Zoltán

### Laborgyakorlat felelőse

**Kitöltés dátuma**  
2025-01-29

**Az intézeti jóváhagyás dátuma**  
2025-05-28

### Intézetigazgató

conf. dr. Járai-Szabó Ferenc