

## A TANTÁRGY ADATLAPJA

### 1. A képzési program adatai

1.1 Felsőoktatási intézmény	BABEŞ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
1.2 Kar	FIZIKA
1.3 Intézet	MAGYAR FIZIKA INTÉZET
1.4 Szakterület	FIZIKA / ALKALMAZOTT MÉRNÖKI TUDOMÁNYOK
1.5 Képzési szint	LICENSZ
1.6 Szak / Képesítés	FIZIKA / FIZIKA INFORMATIKA / MÉRNÖKI FIZIKA

### 2. A tantárgy adatai

2.1 A tantárgy neve	KVANTUMMECHANIKA I.						
2.2 Az előadásért felelős tanár neve	Dr. NÉDA ZOLTÁN, professzor						
2.3 A szemináriumért felelős tanár neve	Dr. NÉDA ZOLTÁN, professzor						
2.4 A laboratóriumi gyakorlatért felelős tanár neve	-						
2.5 Tanulmányi év	II	2.6 Félév	IV.	2.7 Értékelés módja	V	2.8 Tantárgy típusa	A/A/D

### 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:					
3.6 előadás	28	3.7 szeminárium	28	3.8 laboratóriumi gyakorlat	0	
A tanulmányi idő elosztása:						óra
A tankönyv, a jegyzet, a szakirodalom vagy saját jegyzetek tanulmányozása						14
Könyvtárban, elektronikus adatbázisokban vagy terepen való további tájékozódás						7
Szemináriumok / laborok, házi feladatok, portofóliók, referátumok, esszék kidolgozása						14
Egyéni készségfejlesztés (tutorálás)						3
Vizsgák						4
Más tevékenységek: .....						
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>- 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

<b>Szakmai kompetenciák</b>	<p><b>C1.</b> A fizika törvényeinek és elveinek, illetve az alkalmazott mérnöki tudományok elméleti alapjainak megfelelő azonosítása és használata.</p> <p><b>C2.</b> Fizika feladatok adott feltételek mellett történő megoldása, numerikus és statisztikai módszerek segítségével. Tudományos kutatást támogató tevékenységek biztosítása.</p> <p><b>C3.</b> Fizikai ismeretek alkalmazása úgy kapcsolódó területekről származó feladatokban, mint megszokott laboratóriumi eszközökkel végzett kísérletek esetén.</p> <p><b>C4.</b> Fizikai kérdések interdiszciplináris megközelítése.</p>
<b>Transzverzális kompetenciák</b>	<p><b>CT1.</b> 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.</p> <p><b>CT2.</b> 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><b>CT3.</b> 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-posztulátumaitól 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></p> <p>a.) A tantárgy fontosságának a megindoklása, az előadásokkal és szemináriumokkal kapcsolatos technikai részletek.</p> <p>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 kibocsátási és elnyelési spektrumai.</p>	<p>-érdeklődés felkeltés</p> <p>-vetítés</p> <p>-vitára ösztönzés</p> <p>-előadás</p> <p>-megbeszélés</p> <p>-interdiszciplináris kitekintés</p>	<p>[1.] – I. Fejezet</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  - Kötelező házi-feladatok a Bohr modellel és a De Broglie hipotézissel kapcsolatban, amelyeket a 3. szeminárium keretében tárgyalunk meg.</p>	<p>-ellenőrzés  -előadás  -megbeszélés</p>	<p>[1.] -II. Fejezet</p>
<p><b>3. A koordinátatérbeli és impulzustérbeli hullámfüggvény.</b>  A hullámfüggvény tulajdonságai. Átlagértékek kiszámítása a hullámfüggvény segítségével  - Kötelező házi-feladatok az átlagértékekkel kapcsolatban, amelyeket a 4. szeminárium keretében tárgyalunk meg.</p>	<p>-ellenőrzés  -előadás  -megbeszélés</p>	<p>[1.] -III. Fejezet  (40-43 oldal)</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.  -kötelező házi-feladatok a Schrödinger egyenlet és a folytonossági egyenlettel kapcsolatba, amelyeket az 5. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk</p>	<p>ellenőrzés  -előadás  -megbeszélés</p>	<p>[1.] -III. Fejezet  (43-45 oldal)</p>
<p><b>5. A hullámmechanika matematikai formalizmusa.</b>  Hilbert terek, operátorok és sajátérték-egyenletek  - kötelező házi-feladatok a hullámmechanika matematikai formalizmusával kapcsolatosan, amelyeket a 6. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.</p>	<p>-ellenőrzés  -érdeklődés felkeltés  -előadás</p>	<p>[1.] -IV. Fejezet  (62-71 oldal)</p>
<p><b>6. A mérési eredmények eloszlása a kvantummechanikában.</b>  A diszkrét és folytonos spektrum esete.  - kötelező házi-feladatok a mérési eredmények eloszlásával kapcsolatosan, melyeket a 7. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.</p>	<p>-ellenőrzés  -érdeklődés felkeltés  -vitára ösztönzés  -előadás  -megbeszélés</p>	<p>[1.] -IV. Fejezet  (72-79 oldal)</p>
<p><b>7. - I. Felmérés (I. – IV. Fejezet)</b>  - <b>Kompatibilis és komplementáris mennyiségek.</b> A kvantummechanika mérési posztulátuma. A Heisenberg-féle határozatlansági relációk.  - kötelező házi-feladatok a kompatibilis és komplementáris mennyiségekkel kapcsolatosan, melyeket a 8. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.</p>	<p>-ellenőrzés  -előadás  -megbeszélés  -interdiszciplináris kitekintés</p>	<p>[1.] -V. Fejezet</p>
<p><b>8. Egydimenziós rendszerek (I).</b>  Általános tárgyalás. Konkrét példák kötött rendszerekre : a végtelen mély potenciálvölgy és a harmónikus oszcillátor.  - kötelező házi-feladatok az egydimenziós kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatosan, melyeket a 9. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.</p>	<p>-ellenőrzés  -érdeklődés felkeltés  - interaktív programok  -előadás  -megbeszélés</p>	<p>[1.] -VI. Fejezet  (90-106 oldal)</p>
<p><b>9. Egydimenziós rendszerek (II).</b>  Konkrét példák szabad mozgásokra : a potenciállépcső és a potencálgát.  - kötelező házi-feladatok az egydimenziós kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatosan, melyeket a 10. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.</p>	<p>-ellenőrzés  -érdeklődés felkeltés  - interaktív programok  -előadás</p>	<p>[1.] -VI. Fejezet  (107-120 oldal)</p>

	-megbeszélés	
<b>10. -II. Felmérés (V. – VI. Fejezet)</b> <b>- Az impulzusnyomaték a kvantummechanikában.</b> Sajátértékek és sajátfüggvények - kötelező házi-feladatok a kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatosan, melyeket a 11. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.	-ellenőrzés -előadás -megbeszélés	[1.]- VII. Fejezet
<b>11. Centrális térben való mozgás (I).</b> A feladat klasszikus tárgyalása. A feladat kvantummechanikai tárgyalása, a radiális hullámegyenlet - kötelező házi-feladatok a centrális térben való mozgással kapcsolatosan, melyeket a 12. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.	-ellenőrzés -vetítés -előadás -megbeszélés	[1.]- VIII. Fejezet (128-134 oldal)
<b>12. Centrális erőterben való mozgás (II).</b> A radiális Schrödinger egyenlet megoldása Coulomb típusúpotenciális-energia esetén. A Hidrogén atom, a stacionárius állapotok és ezeket jellemző kvantumszámok. -kötelező házi-feladatok a Hidrogén atom kvantumos tárgyalásával kapcsolatosan, melyeket a 13. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk	-ellenőrzés -előadás -megbeszélés -tágabb kitekintés	[1.]- VIII. Fejezet (135-140 oldal)
<b>13. A Bohr sugár kiszámítása.</b> A Hidrogén atom esetén az elektron stacionárius állapotaiban a hullámfüggvények. A többelektronos atom-fenomenologus tárgyalásmód. - kötelező házi-feladatok a Bohr sugárral és az elektron stacionárius állapotokban levő hullámfüggvényével kapcsolatosan, melyeket a 14. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk	-ellenőrzés -előadás -megbeszélés kitekintés -tágabb kitekintés	[1.]- VIII. Fejezet (141-145 oldal)
<b>14. A hullámmechanika formalizmusának a rövid áttekintése, és ennek helye a modern fizikában.</b> A kvantummechanika fejlődésének rövid történeti összefoglalása, a modern kvantummechanika rövid áttekintése : általános formalizmus, a relativisztikus kvantummechanika, a kvantumtérelmélet. Modern problémák a kvantummechanikában, fontos paradoxonok	-ellenőrzés -előadás -megbeszélés kitekintés -tágabb kitekintés	[6.]
<b>Könyvészet</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>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: <a href="http://phys.ubbcluj.ro/~zneda/edu/new.htm">http://phys.ubbcluj.ro/~zneda/edu/new.htm</a></li> <li>2. M. Cristea: Mecanica Cuantica (editia a doua, Universitatea din Cluj, 1984) a Fizika Kar könyvtárában megtalálható</li> <li>3. A. Messiah: Quantum Mechanics (North Holland Publishing Co. ,1961) , román fordítás, megtalálható a Fizika Kar könyvtárában</li> <li>4. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu and F. Laloe, Quantum Mechanics (Wiley-Interscience Publications, John Wiley &amp; Sons, 1977, Paris)</li> <li>5. az előadás honlapja: <a href="http://www.phys.ubbcluj.ro/~zneda/new.htm">http://www.phys.ubbcluj.ro/~zneda/new.htm</a></li> <li>6. Néda Zoltán és Horváth Szabolcs: A kvantummechanika általános formalizmusa (online előadásjegyzetek) <a href="http://www.phys.ubbcluj.ro/~zneda/edu/files/ln2.html">http://www.phys.ubbcluj.ro/~zneda/edu/files/ln2.html</a></li> </ol>		
<b>8.2 Szeminárium</b>	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
1.Valószínűségszámítási és matematikai	problematizálás	házi feladatok ezen témakörben, melyeket a 2.

statisztika alapfogalmak (előadás sok konkrét példával)	vita, előadás magyarázás	szemináriumon ellenőrizünk és tárgyalunk meg. Feladatok a kvantummechanikához elvezető kísérletekkel kapcsolatban
2.Valószínűségszámítási és matematikai statisztika alapismeretekhez kapcsolódó illetve a kvantummechanikához elvezető kísérletekhez kapcsolódó feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	-A házi-feladatok pontozása. -Közös megtárgyalása azon feladatoknak amelyek a kvantummechanikához elvezető kísérletekhez kapcsolódnak. - Közös megtárgyalása azon feladatoknak amelyek a valószínűségi és matematikai statisztika alapismeretekhez kapcsolódnak. - Uj házi-feladatok. Szorgalmi házi-feladatok (a kvantummechanikához elvezető kísérletekhez kapcsolódóan), amelyeket a 3. szeminárium keretében tárgyalunk meg.
3. Az átlagértékekkel kapcsolatos feladatok megoldása. A Bohr modellel és a D’Broglie hipotézissel kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása - házi-feladatok az átlagértékekkel kapcsolatba, melyeket az 4. szeminárium keretében tárgyalunk meg.
4. A Schrödinger egyenlettel és a folytonossági egyenlettel kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása - az átlagértékekkel kapcsolatos házi feladatok megoldása. - házi-feladatok a Schrödinger egyenlettel és a folytonossági egyenlettel kapcsolatosan, melyeket a 5. szeminárium keretében beszélünk meg.
5. A hullámmechanika matematikai formalizmusával kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- A házi-feladatok pontozása -A Schrödinger egyenlet és a folytonossági egyenlettel kapcsolatos házi feladatok megoldása. - házi-feladatok a hullámmechanika matematikai formalizmusával kapcsolatosan, melyeket a 6. szeminárium keretében beszélünk meg
6. A mérési eredmények eloszlásával kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása - a hullámmechanika matematikai formalizmusával kapcsolatos feladatok megoldása -házi-feladatok a mérési eredmények eloszlásával kapcsolatosan, melyeket a 7. szeminárium keretében beszélünk meg.
7. A kompatibilis és komplementáris mennyiségekkel kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása - A mérési eredmények eloszlásával kapcsolatos házi feladatok megoldása. - házi-feladatok a kompatibilis és komplementáris mennyiségekkel kapcsolatosan, a 8. Szeminárium keretében beszéljük majd meg.
8.Az egydimenziós kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása -a kompatibilis és komplementáris mennyiségekkel kapcsolatos házi feladatok megoldása. - házi-feladatok az egydimenziós kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatosan, melyeket a 9. szeminárium keretében beszélünk meg.
9.Az egydimenziós kvantummechanikai	ellenőrzés	- a házi-feladatok pontozása

rendszerekkel kapcsolatos feladatok megoldása	feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- az egydimenziós kötött kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatos házi feladatok megoldása. - házi-feladatok az egydimenziós szabad kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatosan, melyeket a 10. szeminárium keretében beszélünk meg.
10.A kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása - az egydimenziós szabad kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatos feladatok megoldása. - házi-feladatok a kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatosan, melyeket a 11. szeminárium keretében beszélünk meg.
11.A kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatos további feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása - az egydimenziós szabad kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatos feladatok megoldása. - házi-feladatok a kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatosan, melyeket a 12. szeminárium keretében beszélünk meg.
12.A centrális erőterben való mozgással kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása - a kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatos házi feladatok megoldása. - házi-feladatok a centrális térben való mozgással kapcsolatosan, melyeket a 13. szeminárium keretében beszélünk meg.
13.A Hidrogénatom kvantum tárgyalásával kapcsolatos feladatok megoldása	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás	- a házi-feladatok pontozása - a centrális térben való mozgással kapcsolatos feladatok megoldása. - Opcionális házi-feladatok a Hidrogén atom kvantum tárgyalásával kapcsolatosan, melyeket a 14. szeminárium keretében beszélünk meg.
14.A Bohr sugárral és a Hidrogénatomban az elektron hullámfüggvényével kapcsolatos feladatok megoldása. -összefoglalás	ellenőrzés feladatmegoldás problematizálás magyarázás szintetizálás kitekintés	- a házi-feladatok pontozása - a Hidrogénatommal kapcsolatos házi feladatok megoldása
<b>Könyvészet</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. E. Magyar-M.Constantinescu: Culegere de probleme de mecanică cuantică (Editura științifică și tehnica, 1977) megtalálható a Fizika kar könyvtárában</li> <li>2. Elméleti Fizika Példatár, 3. - Kvantummechanika és Statisztikus Fizika (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002)</li> </ol>		

### **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	- a tantárgyi kompetenciák megszerzésének mértéke	évközi felmérések	20%
	-logikus gondolkodás, tanulás mértéke	szóbeli vizsga	45%
10.5 Szeminárium	- a szakismeretek alkalmazása feladatokban, szemináriumi tevékenység során	a táblai szereplés értékelése	10%
	- házi feladatok teljesítése	házi feladatok ellenőrzése	25%
<b>10.7 A teljesítmény minimumkövetelményei</b>			
<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

Szeminárium felelőse

Kitöltés dátuma  
2019.02.20.

Az intézeti jóváhagyás dátuma  
2019.02.22.

Intézetigazgató