

A TANTÁRGY ADATLAPJA

1. A képzési program adatai

1.1 Felsőoktatási intézmény	BABEŞ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
1.2 Kar	FIZIKA
1.3 Intézet	A MAGYAR TAGOZAT FIZIKA INTÉZETE
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						
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

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	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							42
Könyvtárban, elektronikus adatbázisokban vagy terepen való további tájékozódás							14
Szemináriumok / laborok, házi feladatok, portofóliók, referátumok, esszék kidolgozása							42
Egyéni készségfejlesztés (tutorálás)							3
Vizsgák							4
Más tevékenységek:							
3.9 Egyéni munka össz-óraszama	105						
3.10 A félév össz-óraszama	161						
3.11 Kreditszám	7						

4. Előfeltételek (ha vannak)

4.1 Tantervi	<ul style="list-style-type: none"> Analízis, Algebra, Elméleti fizika (I) tantárgyak sikeres teljesítése
4.2 Kompetenciabeli	<ul style="list-style-type: none"> - analitikus számítási készségek (differenciálszámítás, több dimenziós integrálás, lineáris algebra, vektorok, mátrixalgebra) - mechanikai és analitikus mechanika feladatok helyes megoldása - absztraktizálás

5. Feltételek (ha vannak)

5.1 Az előadás lebonyolításának feltételei	<ul style="list-style-type: none"> - tábla - számítógép és multimédiás projektor
5.2 A szeminárium lebonyolításának feltételei	<ul style="list-style-type: none"> - tábla - számítógép és multimédiás projektor

5.3 A laboratóriumi gyakorlatok lebonyolításának feltételei	-
--	---

6. Elsajátítandó jellemző kompetenciák

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>
Transzverzális kompetenciák	<p>CT1. Szakmai feladatok hatékony és felelősségteljes ellátása a deontológiai jogszabályok betartásával. A szerzői jogok, a termékátviteli 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.
7.2 A tantárgy sajátos célkitűzései	A kvantummechanika 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>Bevezető és a kvantummechanikához elvezető kísérletek</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>A kvantummechanika kezdetei. A Bohr posztulátumok és a Bohr modell. De'Broglie hipotézise. A részecske-hullám kettősség. A részecskehez rendelt hullámcsomag - Kötelező házi-feladatok a Bohr modellel és a De' Broglie hipotézissel kapcsolatban, amelyeket a 3. szeminárium keretében tárgyalunk meg.</p>	<p>-ellenőrzés -érdeklődés felkeltés -vetítés -megbeszélés -interdiszciplináris kitekintés</p>	<p>[1.] -II. Fejezet</p>
<p>A koordinátatérbeli és impulzustérbeli hullámfüggvény. 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 (40-45 oldal)</p>
<p>A Schrödinger egyenlet. 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 -érdeklődés felkeltés -előadás -megbeszélés</p>	<p>[1.] -III. Fejezet (45-60 oldal)</p>
<p>A hullámmechanika matematikai formalizmusa. Hilbert terek, operátorok és sajátérték-egyenletek - kötelező házi-feladatok a hullámmechanika matematikai formalizmusával kapcsolatban, amelyeket a 6. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.</p>	<p>-ellenőrzés -érdeklődés felkeltés -előadás</p>	<p>[1.] -IV. Fejezet (62-71 oldal)</p>
<p>A mérési eredmények eloszlása a kvantummechanikában. A diszkrét és folytonos spektrum esete. - kötelező házi-feladatok a mérési eredmények eloszlásával kapcsolatban, 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>- I. Felmérés (I. – IV. Fejezet) - Kompatibilis és komplementáris mennyiségek. A kvantummechanika mérési posztulátuma. A Heisenberg-féle határozatlansági relációk. - kötelező házi-feladatok a kompatibilis és komplementáris mennyiségekkel kapcsolatban, melyeket a 8. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.</p>	<p>-ellenőrzés -előadás -megbeszélés -interdiszciplináris kitekintés</p>	<p>[1.] -V. Fejezet</p>
<p>Egydimenziós rendszerek (I). Általános tárgyalás. Konkrét példák kötött rendszerekre : a végtelen mély potenciálvölgy és a harmónikus oszcillátor. - kötelező házi-feladatok az egydimenziós kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatban, 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>Egydimenziós rendszerek (II). Konkrét példák szabad mozgásokra : a potenciállépcső és a potencálgát. - kötelező házi-feladatok az egydimenziós kvantummechanikai rendszerekkel kapcsolatban, melyeket</p>	<p>-ellenőrzés -érdeklődés felkeltés - interaktív programok</p>	<p>[1.] -VI. Fejezet (107-120 oldal)</p>

a 10. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.	-előadás -megbeszélés	
-II. Felmérés (V. – VI. Fejezet) - Az impulzusnyomaték a kvantummechanikában. Sajátértékek és sajátfüggvények - kötelező házi-feladatok a kvantummechanikai impulzusnyomatékkal kapcsolatosan, melyeket a 11. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk.	-ellenőrzés -előadás -megbeszélés	[1.]- VII. Fejezet
Centrális térben való mozgás (I). 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)
Centrális erőterben való mozgás (II). 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 kvantum tárgyalásával kapcsolatosan, melyeket a 13. szeminárium keretében ellenőrizünk és megoldunk	-ellenőrzés -előadás -megbeszélés -tágabb kitekintés	[1.]- VIII. Fejezet (135-140 oldal)
A Bohr sugár kiszámítása. A Hidrogén atom esetén az elektron stacionárius állapotokban 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	[1.]- VIII. Fejezet (141-145 oldal)
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.	-ellenőrzés -előadás -szintetizálás -tágabb kitekintés	[4.]

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>

8.2 Szeminárium	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
Valószínűségszámítási és matematikai statisztika alapfogalmak (előadás sok)	problematizálás	házi feladatok ezen témakörben, melyeket a 2. szemináriumon ellenőrizünk és tárgyalunk meg.

konkrét példával)	vita, előadás magyarázás	Feladatok a kvantummechanikához elvezető kísérletekkel kapcsolatban
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.
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 5. szeminárium keretében tárgyalunk meg.
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 6. szeminárium keretében beszélünk meg.
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 7. szeminárium keretében beszélünk meg
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 8. szeminárium keretében beszélünk meg.
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 9. Szeminárium keretében beszéljük majd meg.
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 10. szeminárium keretében beszélünk meg.
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 11. szeminárium keretében beszélünk meg.
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 12. szeminárium keretében beszélünk meg.
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.
A Hidrogénatom kvantumos 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 kvantumos tárgyalásával kapcsolatosan, melyeket a 14. szeminárium keretében beszélünk meg.
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
Könyvészet		
<ol style="list-style-type: none"> 1. E. Magyari-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 epiztemikus 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%
10.6 Laboratóriumi gyakorlatok			
10.7 A teljesítmény minimumkövetelményei			
- az alapfogalmak és alaptörvények ismerete - a tantárgy specifikus logikájának a megértése - közepes szintű feladatok helyes megoldása - néhány alapmodell tanulmányozásának a reprodukálása - legalább elégséges (50%) minden tantárgyi tevékenységen külön-külön			

Előadás felelőse

Szeminárium felelőse

Laboratóriumi gyakorlat felelőse

Kitöltés dátuma

Az intézeti jóváhagyás dátuma

Intézetigazgató