



## 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	FLM5801 - Bevezetés a nanotechnológiába / Introducere in nanotehnologii / Introduction to Nanotechnology						
2.2 Az előadásért felelős tanár neve	cerc. dr. Nemes Incze Péter						
2.3 A szemináriumért felelős tanár neve							
2.4 A laboratóriumi gyakorlatért felelős tanár neve	cerc. dr. Nemes Incze Péter						
2.5 Tanulmányi év	4	2.6 Félév	8	2.7 Értékelés módja	E	2.8 Tantárgy típusa	DS

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

3.1 Heti óraszám	4	melyből:						
3.2 előadás	2	3.3 szeminárium	0	3.4 laboratóriumi gyakorlat	2			
3.5 Tantervben szereplő össz-óraszám	48		melyből:					
3.2 előadás	24	3.3 szeminárium	0	3.4 laboratóriumi gyakorlat	24			
A tanulmányi idő elosztása:								óra
A tankönyv, a jegyzet, a szakirodalom vagy saját jegyzetek tanulmányozása								6
Könyvtárban, elektronikus adatbázisokban vagy terepen való további tájékozódás								6
Szemináriumok / laborok, házi feladatok, portfóliók, referátumok, esszék kidolgozása								11
Egyéni készségfejlesztés (tutorálás)								2
Vizsgák								2
Más tevékenységek:								0
3.9 Egyéni munka össz-óraszama								24
3.10 A félév össz-óraszama								72
3.11 Kreditszám	3							

### 4. Előfeltételek (ha vannak)

4.1 Tantervi	
4.2 Kompetenciabeli	Szilárdtestfizikai, kvantummechanikai és számítógépes alapismeretek.

### 5. Feltételek (ha vannak)

5.1 Az előadás lebonyolításának feltételei	On-line előadás.
5.2 A szeminárium lebonyolításának feltételei	On-line szeminárium.
5.3 A laboratóriumi gyakorlatok lebonyolításának feltételei	On-line / fizikai laborgyakorlat.

### 6. Elsajátítandó jellemző kompetenciák

6.1 Szakmai 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>
6.2 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 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	<p>Logikus, természettudományos gondolkozás fejlesztése, az elsajátított ismeretek alkotó módon történő alkalmazása. Olyan ismeretek közlése, amelyek segítik a tájékozódást a modern tudományok eredményei és vívmányai között. A szemináriumok célja az elméleti ismeretek elmélyítése feladatok megoldására alapozva.</p>
7.2 A tantárgy sajátos célkitűzései	<p>A „nanotechnológia” egy erősen szerteágazó tudományággá fejlődött, amelynek vannak kémiai, biológiai, fizikai, stb aspektusai. Az előadássorozat folyamán a modern szilárdtestfizika szempontjából vizsgáljuk meg, az anyag nanoskálájú megmunkálásának a következményeit. Tárgyaljuk a legfontosabb jelenségeket, amelyek a nanométeres méretskálán bekövetkeznek. Olyan alap fogalmak elsajátítására törekszünk, amelyek elengedhetetlenek a modern kondenzált anyagok fizikájának az elméleti és kísérleti vizsgálatában.</p>

## 8. A tantárgy tartalma

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bevezetés: szilárdtestfizikai alapok átvizsgálása, kvázi-részecskék, effektív tömeg, kvantumos bezártság fogalma.</li> <li>2. 1D, 2D, 3D elektron rendszerek állapotsűrűsége. 2D elektron rendszerek előállítására félvezető (GaAs) határfelületeken. Ideális 1D elektron rendszer vezetőképessége, szóródás 1D-ben, Landauer formula</li> <li>3. 2D elektron rendszer vezetőképessége, tervezérlésű tranzisztor. Kvantum kapacitás fogalma. Rendezetlenség, Anderson lokalizáció.</li> <li>4. Grafén sáv szerkezete, szoros kötésű közelítésben. Lineáris diszperziós összefüggés. Pseudospin fogalma.</li> <li>5. Grafén és Dirac kvázi-részecskék tulajdonságai. Grafén nanoszalagok, szén nanocsövek.</li> <li>6. 2D elektron rendszer mágneses térben. Hall effektus. Landau nívók, Shubnikov - de Haas oszcillációk.</li> <li>7. Hall vezetőképesség kvantálása. Kvantum Hall effektus.</li> <li>8. Kölcsönhatás az elektronok között. Elektrosztatikus kölcsönhatás kvantum pöttyökben. Kvantum pötty vezetőképessége.</li> <li>9. Kölcsönhatás az elektronok között, energiaskálák. Töltéssűrűség hullámok 1D elektron rendszerekben. Wigner kristályok.</li> <li>10. Alacsony dimenziós elektron rendszerek, mérési módszerek. Szögfelbontású fotoemissziós spektroszkópia</li> <li>Alacsony dimenziós elektronrendszerek, mérési módszerek. Pásztazó alagútmikroszkóp.</li> <li>11. Jelenlegi kihívások, kutatási területek. Topologikus hatások sáv szerkezetben. Összefoglaló.</li> </ol>	<p>On-line előadás, problematizálás, szemléltetés.</p>	
<p>Könyvészet</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ihn, T. Semiconductor nanostructures. (Oxford University Press, 2010).</li> <li>2. Datta, S. (1995). Electronic Transport in Mesoscopic Systems (Cambridge Studies in Semiconductor Physics and Microelectronic Engineering). Cambridge: Cambridge University Press.</li> <li>3. Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8th Edition</li> <li>4. Xue, J. Berry phase and the unconventional quantum Hall effect in graphene. arXiv (2013)</li> <li>5. Fuchs, J. N., Piéchon, F., Goerbig, M. O. &amp; Montambaux, G. Topological Berry phase and semiclassical quantization of cyclotron orbits for two dimensional electrons in coupled band models. Eur. Phys. J. B 77, 351-362 (2010)</li> <li>6. Wiesendanger, R. Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy. (1994).</li> </ol>		

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kvantum bezártság</li> <li>2. Kvantum bezártság, fogalma példák a tudományos irodalomból</li> <li>3. Ohm törvény a Landauer formulából. Diffúzív töltéshordozó transzport.</li> <li>4. Sáv szerkezet alapján a vezetőképesség, összehasonlítás a Drude modellel.</li> <li>5. Kvantum pont kontaktus vezetőképessége hőmérséklet függvényében.</li> <li>6. Bloch állapotok fázisa grafén rácsban, pszeudospin transzformációja forgatás alatt.</li> <li>7. Tömeggel rendelkező Dirac kvázirészecskék sáv szerkezete és tiltott sávja.</li> <li>8. Effektív tömeg grafénban. Effektív tömeg általánosítása lineáris és parabolikus sávokra.</li> <li>9. Ciklotron tömeg grafénben, összehasonlítás az effektív tömeggel.</li> <li>10. Zeeman kölcsönhatás és Landau nívók</li> <li>11. ARPES mérések bemutatása. Példák a tudományos irodalomból.</li> <li>12. Pásztazó alagútmikroszkópos mérések bemutatása. Példák a tudományos irodalomból.</li> </ol>	<p>On-line szeminárium. Diákok által tartott prezentáció, interaktív megbeszélés</p>	
<p>Könyvészet Ugyanaz, mint az előadás esetében.</p>		

8.3 Laboratóriumi gyakorlatok	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kvantum bezártság Kvantum bezártság, fogalma példák a tudományos irodalomból</li> <li>2. Ohm törvény a Landauer formulából. Diffúzív töltéshordozó transzport. Sáv szerkezet alapján a vezetőképesség, összehasonlítás a Drude modellel.</li> <li>3. Kvantum pont kontaktus vezetőképessége hőmérséklet függvényében.</li> <li>4. Bloch állapotok fázisa grafén rácsban, pszeudospin transzformációja forgatás alatt.</li> <li>5. Tömeggel rendelkező Dirac kvázirészecskék sáv szerkezete és tiltott sávja.</li> <li>6. Effektív tömeg grafénban. Effektív tömeg általánosítása lineáris és parabolikus sávokra.</li> <li>7. Ciklotron tömeg grafénben, összehasonlítás az effektív tömeggel.</li> <li>8. Zeeman kölcsönhatás és Landau nívók</li> <li>9. ARPES mérések bemutatása. Példák a tudományos irodalomból.</li> <li>10. Pásztazó alagútmikroszkópos mérések bemutatása. Példák a tudományos irodalomból.</li> </ol>	<p>Diákok által tartott prezentáció, interaktív megbeszélés. Lehetőség szerint laboratóriumi látogatás.</p>	
<p>Könyvészet Ugyanaz, mint az előadás esetében.</p>		

## 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 tanterveit és tananyagait, illetve a kutatóintézetek és a különböző magáncégek vagy magánvállalatok 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 bemutatott és megbeszélte fogalmak elsajátítása / szóbeli vizsga / 50%
10.5 Szeminárium	
10.6 Laboratóriumi gyakorlatok	Feladatmegoldás, kiválasztott téma prezentációja / szóbeli értékelés / 50%
10.7 A teljesítmény minimumkövetelményei	
Alapvető fogalmak elsajátítása, szeminárium során legalább egy téma bemutatása prezentáció formájában.	

**Előadás felelőse**

cerc. dr. Nemes Incze Péter

---

**Szeminárium felelőse****Laboratóriumi gyakorlat felelőse**

cerc. dr. Nemes Incze Péter

---

**Kitöltés dátuma**

2024-06-10

**Az intézeti jóváhagyás dátuma**

2024-06-10

**Intézetigazgató**

conf. dr. Járai-Szabó Ferenc

---