



## 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	Fizika
1.5 Képzési szint	Licensz
1.6 Szak / Képesítés	Fizika

### 2. A tantárgy adatai

2.1 A tantárgy neve	FLM1311 - Elektrodinamika és relativitáselmélet / Electrodinamică și teoria relativității / Electrodynamics and Theory of Relativity						
2.2 Az előadásért felelős tanár neve	lect. dr. Lázár Zsolt Iosif						
2.3 A szemináriumért felelős tanár neve	lect. dr. Lázár Zsolt Iosif						
2.4 A laboratóriumi gyakorlatért felelős tanár neve							
2.5 Tanulmányi év	2	2.6 Félév	3	2.7 Értékelés módja	E	2.8 Tantárgy típusa	DF

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

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								24
Könyvtárban, elektronikus adatbázisokban vagy terepen való további tájékozódás								7
Szemináriumok / laborok, házi feladatok, portfóliók, referátumok, esszék kidolgozása								30
Egyéni készségfejlesztés (tutorálás)								2
Vizsgák								7
Más tevékenységek:								0
3.9 Egyéni munka össz-óraszámja								70
3.10 A félév össz-óraszámja								126
3.11 Kreditszám	5							

### 4. Előfeltételek (ha vannak)

4.1 Tantervi	nincs
4.2 Kompetenciabeli	1. Differenciálszámítási és integrálszámítási alapok. 2. Lineáris algebra. 3. Matematikai analízis alapjai. 4. Vektorszámítás alapjai 5. Mechanika alapjai 6. Elektromosságtani alapismeretek

## 5. Feltételek (ha vannak)

5.1 Az előadás lebonyolításának feltételei	tábla, projektor, számítógép
5.2 A szeminárium lebonyolításának feltételei	tábla
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>C3. Fizika feladatok adott feltételek mellett történő megoldása, numerikus és statisztikai módszerek segítségével. Tudományos kutatást támogató tevékenységek biztosítása.</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. A műszaki fizika, a szakmódszerek és az eszköztár felhasználása termelési, tanácsadási és folyamatkövetési tevékenységekben.</p>
6.2 Transzverzális kompetenciák	<p>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.</p> <p>CT2. Csapatmunkában való hatékony részvétel különböző beosztásokban. A szakmai szerepek és felelőségek mon 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	Hallgatók megismertetése a speciális relativitáselmélet és elektrodinamika elméleti alapjaival. Úgy az alapvető jelenségek deduktív tárgyalása, mint a klasszikus térelméletben használatos matematikai és fizikai fogalmakkal és módszerekkel való jártasság kialakítása.
7.2 A tantárgy sajátos célkitűzései	A relativitáselmélet nélkülözhetetlen a különbözőerőterek egységes kovariáns tárgyalásához. A négyes vektorok és tenzorok alkalmazása lehetővé teszi a pontos invariáns Lagrange függvények felépítését és a kovariáns mozgásegyenletek előállítását. Az elektromágneses vektormező mellett tanulságos a skalármező vizsgálata is. A diákoknak lehetőségük lesz a szimmetriák és a megmaradási törvények kapcsolatát kiaknázni. A szimmetriacsoportok különböző rendű reprezentációi is bemutatásra találnak. Fontos az a felismerés, hogy a különböző típusú erők közvetlen következményei a relativisztikus kovariáns megfogalmazásnak.

## 8. A tantárgy tartalma

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

1. Vektor- és tenzorszámítási alapok. Ko / kontravariáns vektorok, duális bázis, metrikus tenzor. Ko/kontravariáns tenzorok.

2. Folytonos transzformációk: Eltolás. Forgatás, forgatásmátrix. Forgás paramétereinek meghatározása a forgásmátrixból. Forgatások összetevődése. Infinitesimalis forgatások  
Kommutátorok tulajdonságai. Forgatások SU(2C) ábrázolása.

3. Tükrözések.

4. Út a relativitáselmélet felé, fénysebesség mérése: A tér és idő tulajdonságai. Inerciarendszerek  
A Galilei relativitási elv és korlátai. A fénysebesség mérése Galileitől, Bay Zoltánig. Abszolút koordinátarendszer, idő, sebesség. Az éter. Michelson-Morley és Fizeau kísérletek. Voigt, Lorentz, Poincare és Einstein. Az Einstein-féle relativitási elv. Órák szinkronizálása.

5. A Lorentz-transzformáció és következményei: Eseménytér. Lorentz-transzformáció levezetése egy dimenzióban. Lorentz transzformáció grafikus ábrázolása. A sebesség jelsebességnél kisebb(nagyobb) jellegének invarianciája. Az egyidejűség viszonylagossága. Az ívhossz invarianciája. Korrespondencia elv. Távolságok kontrakciója. Idő dilatációja. Sajátidő, nyugalmi hossz. Sebességtranszformáció, rapiditás.  
Kettes vektor, Lorentz-transzformáció mint forgatás. Lorentz-transzformáció 3D-ben. Koordináta és sebesség transzformációja tetszőleges irányú relatív sebesség esetén. Relatív sebesség. Gyorsulás transzformációja tetszőleges irányú relatív sebesség esetén. Egyenletesen gyorsuló rendszerek. Csillagászati egységek, közelítések.

6. Kovariáns tárgyalás: Négyesvektorok meghatározása, tulajdonságai. Speciális Lorentz-transzformáció (boost) a négydimenziós térben. Lorentz-boost mátrixreprezentációja: generátorok, kommutációs összefüggések, kapcsolat a forgatásokkal. A homogén Lorentz transzformációk csoportja. A homogén Lorentz transzformációk felbontása forgatás és boost szorzatára. Thomas precesszió. Lie-csoport és algebra. Kétdimenziós ábrázolás. Spinorok . Inhomogén Lorentz-transzformációk. Poincare csoport. Négyes sebesség. Relatív sebesség újratöltve. Négyes gyorsulás. Négyes hullámvektor és transzformációja. Doppler-hatás.

7. Relativisztikus dinamika: négyes impulzus. Négyes erő. szabad részecske relativisztikus Lagrange-függvénye. Részecske bomlása. Részecskék szóródása. Rugalmas szóródás. Compton hatás. Szabad részecske tárgyalása kovariáns Lagrange formalizmussal.

8. Első pár Maxwell egyenlet: Négyes potenciál. A ponttöltés Lagrange függvénye elektromágneses mezőben. A relativisztikus mozgásegyenletek. Elektromágneses térerősségtenzor, Lorentz-erő, elektromos térerősség és mágneses indukció. Negyedrendű Levi-Civita tenzor tulajdonságai, duális tenzor. Első pár Maxwell egyenlet.

9. Mértéktranszformáció mint szimmetria-transzformáció. Mellékfeltételek.

10. Az elektromágneses mező Lorentz transzformációja és invariánsai.

11. Második pár Maxwell egyenlet: A négyes áramsűrűség és a folytonossági egyenlet. Az elektromágneses mező Lagrange-sűrűsége. Maxwell második pár egyenlete légtüres térben.

12. Megmaradási tételek, hullámegyenletek: Energiamérleg. Impulzusmérleg. Vektortér energia-impulzus tenzora. Szabad elektromágneses éter energia-impulzus tenzora  
Maxwell-egyenletek megoldása töltések és áramok hiányában.  
Elektromágneses hullámok tranzverzálitása, Poynting vektora.

13. Elektrosztatikus tér: Sztatikus elektromos és stacionárius mágneses terek . Gauss-törvényének differenciál és integrál alakja. Ponttöltés tere. Az elektrosztatikus tér erővonalai. Elektromos potenciál. Coulomb törvénye. Lokalizált töltésrendszer elektrosztatikus tere. Monopólus, dipólus, kvadrupólus. Dipólmomentum elektrosztatikus tere. Kvadrupól nyomaték tenzor. Lokalizált töltésrendszer elektrosztatikus energiája külső elektromos térben. Dipólus-töltés, dipólus-dipólus kölcsönhatás.

14. Elektrosztatikai peremértékfeladat, komplex módszer: Gradiensképzés megfordítása. Divergencia és rotációképzés megfordítása. Vektormező meghatározása divergenciájából, rotációjából, véges/végtelen térrészben, Helmholtz-tétel. Örvénymentes, végtelenben eltűnő mező. Forrásmentes, végtelenben eltűnő mező. Örvény- és forrásmentes, véges térrészben: Green-tétel, Dirichlet- és Neumann feladat. Tükröltés módszere. Síkproblémák megoldása komplex függvények segítségével

15. Stacionárius mágneses tér: Ampére és Biot-Savart törvényei. Végtelen vezető, egyenes tekercs, toroidális tekercs.

16. Közegek elektrodinamikája: Szigetelő elektromos polarizációja. Szigetelő elektrosztatikus térben: villamos eltolás, elektromos szuszceptibilitás, relatív/abszolút permittivitás. Közeg mágneseződési vektora: mágneses térerősség és szuszceptibilitás, relatív és abszolút permeabilitás, dia/para/ferromágnesség. légtüres tér vs közegek, releváns mennyiségek összehasonlítása. Folytonossági feltételek: töltéseket és áramokat (nem) tartalmazó felületekre. Elektromos tér erővonalainak törése.

17. Potenciálok időfüggő alapegyenletei, retardált idő  
Mozgó ponttöltés tere: Liénard-Wiechert potenciálok. Nemrelativisztikusan mozgó ponttöltés sugárzása: Larmor-képlet.

Számítógépről kivetített és/vagy klasszikus előadás, szemléltetés, magyarázat, problematizálás. Online oktatás esetén Zoom és grafikus tablet. Kiegészítő anyagok elektronikus formában és videók.

Könyvészet
<ol style="list-style-type: none"> <li>Lázár Zsolt József, Lázár József, <i>Bevezetés az elméleti fizikába</i>, elektronikus jegyzet</li> <li>Landau-Lifsic, <i>Elméleti Fizika II, Klasszikus erőterek</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988 (Fizika könyvtár)</li> <li>E. F. Taylor, J.A. Wheeler, <i>Téridőfizika</i>, Typotex, Budapest 2006.</li> <li>Simonyi K. - Zombory L., <i>Elméleti villamosságtan</i>, Műszaki Könyvkiadó Budapest 2000.</li> <li>V. Novacu, <i>Electrodinamica</i>, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti 1966.</li> <li>J.D.Jackson, <i>Electrodinamica clasica</i>, vol.II, Editura Tehnică, București 1991.</li> <li>Gábos Zoltán, <i>Az elméleti fizika alapjai</i>, Dacia Könyvkiadó, Kolozsvár 1982.</li> </ol>

8.2 Szeminárium	Didaktikai módszerek	Megjegyzések
Az adott heti előadáshoz tartozó gyakorlatok, feladatok elvégzése.	Felmérés, házi feladatok megbeszélése, egyéni munka, megbeszélés. Online oktatás esetén Zoom+grafikus tablet. Kiegészítő anyagok, megoldott feladatok, elektronikus formában.	

Könyvészet
<ol style="list-style-type: none"> <li>Lásd az előadások könyvészetét.</li> <li>Horváth Zalán Tél Tamás, <i>Elméleti fizikai példatár II.</i> (Második kiadás), 1989 (Fizika könyvtár)</li> <li>Simonyi - Fodor - Vágó, <i>Elméleti villamosságtan példatár</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1989</li> </ol>

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

<p>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.</p>
---

## 10. Értékelés

Tevékenység típusa	10.1 Értékelési kritériumok / 10.2 Értékelési módszerek / 10.3 Aránya a végső jegyben
10.4 Előadás	<ol style="list-style-type: none"> <li>Parciális vizsga: 3 órás írásbeli vizsga elméleti (65%) és feladatokból (35%). Aránya a végső jegyben: 30%.</li> <li>Félév végi vizsga: 3 órás írásbeli vizsga elméleti (65%) és feladatokból (35%). Aránya a végső jegyben: 30%.</li> <li>Házi feladatok: egyik hétről a másikra leadandó. Aránya a végső jegyben: 24%.</li> </ol>
10.5 Szeminárium	Évközi felmérések: ~15-20 perces írásbeli, heti rendszerességgel. Aránya a végső jegyben: 16%.
10.6 Laboratóriumi gyakorlatok	
10.7 A teljesítmény minimumkövetelményei	
50% jelenlét, 50% pontszám házi feladatokból, 50% pontszám a vizsgákon. A végső vizsgán lehet a teljes anyagrészből vizsgázni vagy, amennyiben a parciális vizsga eredménye elérte az 50%-ot, akkor csak a második feléből. Az első rész újraírása esetén a jobbik eredmény kerül beszámításra.	

### Előadás felelőse

lect. dr. Lázár Zsolt Iosif

### Szeminárium felelőse

lect. dr. Lázár Zsolt Iosif

### Laboratóriumi gyakorlat felelőse

**Kitöltés dátuma**  
2023-03-08

**Az intézeti jóváhagyás dátuma**  
2023-03-16

**Intézetigazgató**  
conf. dr. Járai-Szabó Ferenc

---