

**DEBRECENI EGYETEM TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**

Anyagtudomány
MESTERKÉPZÉSI SZAK
2016-tól

DEBRECEN
2016

Tartalomjegyzék

Adatlap	3. oldal
Képzési cél, kompetenciák, a szakra való belépés feltételei	4. oldal
A képzés tanterve, tantárgyi programok	7. oldal
Tantárgyi tematikák	11. oldal
Értékelési módszerek, diplomamunka záróvizsga	31. oldal
Általános MSC követelmények, oklevél minősítése	34. oldal

Adatlap

Felsőoktatási intézmény: **DEBRECENI EGYETEM** 4032 Debrecen, Egyetem tér 1

A képzésért felelős kar: **TERMESZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**

A szakért **felelős oktató: Dr. Szabó István** egyetemi docens

A **Nanoanyagok** specializációért felelős oktató: **Dr. Cserháti Csaba** egyetemi docens

A **mesterképzési szak megnevezése: ANYAGTUDOMÁNY (MATERIALS SCIENCE)**

Végzettségi szint: **mesterfokozat** (magister, master; rövidítve: **MSc**)

Az oklevélben szereplő **szakképzettség** megnevezése: **okleveles anyagkutató**

A szakképzettség angol nyelvű megjelölése: **Materials Scientist**

Az oklevélben szerepeltetni kívánt **specializáció** megnevezése: **Nanoanyagok**

Képzési terület: **természettudomány**

Képzési idő félévekben: **4 félév**

A mesterfokozat megszerzéséhez összegyűjtendő kreditek száma: **120 kredit**

Az összes óraszám (összes hallgatói tanulmányi munkaidő) (min) **3600**, az összes óraszámokon belül a tanórák száma: **1200** (levelező tagozaton: 320)

Idegennyelvi követelmények: A mesterfokozat megszerzéséhez angol nyelvből államilag elismert középfokú (B2) komplex típusú nyelvvizsga vagy ezzel egyenértékű érettségi bizonyítvány vagy oklevél szükséges.

A szak **indításának időpontja: 2010. szeptember**

Képzési cél:

Az anyagtudomány mesterképzési szakon olyan szakemberek képzése a cél, akik kellő természettudományos, műszaki-technológiai és gazdasági képzettséggel, magas színvonalú anyagszerkezeti, anyagismereti, és anyagvizsgálati ismeretekkel rendelkeznek, és alaposan értik ezen ismeretek fizikai és kémiai hátterét is. Ennek alapján az okleveles anyagkutatók a következő kompetenciákra tesznek szert:

általános kompetenciák

- *rendszeres szakmai önképzéssel képesek az új tudományos eredményeket feldolgozni és munkájuk során, alkotó módon alkalmazni;*

A specializáció keretei közt megtalálható szemináriumokon a hallgatók feladatként kapják egy-egy témakör önálló feldolgozását. A diplomamunka elkészítése során fontos követelmény a szakirodalom feldolgozása és alkalmazása. A tudományos diákköri munka során kapott önálló feladatok kidolgozása további eszköz ennek a képességnek a kialakítására.

- *képesek az anyagi rendszerekben zajló fizikai-kémiai folyamatok matematikai leírására, az anyagtudománnyal kapcsolatban fellépő problémák, új jelenségek matematikai formalizmussal történő megfogalmazására és feldolgozására;*

Ennek az ismeretnek a lényege a tudományos modellalkotás, amely az anyagkutatók alapvető képessége. Megszerzése egyrészt a matematika eszköztárának biztos kezelését kívánja, amit az alapozó tárgyak közt 6 kredittel, gyakorlatokkal is támogatott Matematika 2. tárgy mélyít el az MSc képzésben. Másrészt igényli a fizika és kémia különböző területein alkalmazott modellalkotás magas szintű ismeretét, amit a törzsanyag tárgyai, Szilárdtest fizika, Fizikai anyagtudomány, Kémiai technológia biztosítanak.

- *szakmai ismereteik, általános műveltségük és korszerű természettudományos szemléletmódjuk segítségével képesek a fizikához, kémiához és rokon területeihez kapcsolódó tudományos problémákat a nem szakemberek számára érthetően megfogalmazni és a társadalom nyilvánossága előtt képviselni;*

A készség kialakítása elsősorban módszertani eszközökkel történik. A gyakorlatok és előadások során a hallgatók lehetőséget kapnak egy, egy témakör egymás számára is érthető megfogalmazására és megvitatására. A tudományos diákköri munkába való bekapcsolódás, a diplomamunka megvédése, és bekapcsolódás a tanszéki szakmai szemináriumok munkájába szintén segíti ennek a képességnek a kialakítását.

szakmai kompetenciák

- *tisztában vannak a különböző technikai anyagok szerkezetével, tulajdonságaival, az azok között lévő kapcsolatrendszerrel, képesek az anyagok összetételét, szerkezetét és tulajdonságait meghatározni, illetve tisztában vannak az ehhez alkalmazott műszerek működési elvével, magas színvonalon képesek üzemeltetni a csúcstechnológiai folyamatokra alapozott iparban alkalmazott mérési rendszereket;*

Az anyagtudományi szakon a hallgatók magas színvonalú anyagszerkezeti, -vizsgálati és anyagismereti tudást, valamint megfelelő technológiai és műszaki ismereteket szereznek. Az anyagkutató alapvető képessége az összetett mérőrendszerek összeállítása, és működtetése. Az MSc képzés során a haladó gyakorlatokon a hallgatók méréseket végeznek a Fizikai és Kémiai Intézetben rendelkezésre álló korszerű kutatási célokat szolgáló berendezések segítségével. A törzsanyag tantárgyai kitérnek az ipari méréstechnika, minőségbiztosítás kérdéseire is. A nanoanyagok specializáción belül további gyakorlati ismeretekre tesznek szert a nanoanyagok és nanoszerkezetek előállítására és vizsgálata terén (elektron- és atomi-erő mikroszkópia).

- *képesek tanulmányaikat az egyetem doktori képzésében folytatni, és ott tudományos fokozatot (PhD) szerezni;*

A tudományos kutatómunkához kapcsolódó diplomamunka, az alapozó képzésben elsajátított szakmai ismeretek lehetővé teszik a doktori képzésbe való bekapcsolódást. Az egyetemen működő Fizikai és Kémiai doktori iskolák irányában különösen jó alapokat biztosít.

Belépési és kredit feltételek:

a bemenethez feltétel nélkül elfogadott alapszakok:

A szak interdiszciplináris jellegéből következően nincs olyan alapszak, amely után a hallgató felzárkóztató kurzusok elvégzése nélkül folytathatná tanulmányait. Így pl. a fizika alapszakot végzett hallgatónak 10-16 kreditnek megfelelő kémia felzárkóztatásra, a villamos mérnök BSC-s hallgatóknak 10-19 kémia és fizika, a kémia alapszakot végzett hallgatónak 10-15 kredit értékű matematika és fizika felzárkóztatásra lesz szüksége. Ezek a kreditek részét képezik a mesterfokozat alapozó képzésének, azon belül azonban az előképzettségtől függően kötelezően választhatók.

a bemenethez megadott feltételekkel elfogadott alapszakok, illetve kredit követelmények:

Természettudományos alapképzésből: kémia, fizika, biológia, környezettan, földtudomány alapképzési szakok.

A műszaki alapképzésből: anyagszerkezet, vegyészmérnök, biomérnök, környezetmérnök, energetikai mérnök, gépészmérnök, villamos mérnök, mechatronikai mérnök alapképzési szakok

A kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek – felsőoktatási törvényben meghatározott – összevetése alapján a hallgatónak elismerhető legyen legalább 40 kredit a korábbi tanulmányai szerint fizika, kémia, matematika/informatika és egyéb szakmai ismeretek tárgykörében.

Az egyes tárgykörök részletesebb tartalmát az alábbi táblázat foglalja össze:

Fizika	Kémia	Matematika/informatika	Egyéb szakmai ismeretek
Fizika Fizikai kémia Elektronika Műszaki fizika Fizikai laboratórium villamosságtan	Kémia Kolloidika Anyagtudomány Anyagismeret Kémiai laboratórium	Matematika Informatika/CAD Programozás Számítástechnika	Ásványtan Nukleáris, környezetvédelmi ismeretek Mérés, folyamatszabályozás, Irányítástechnika, Automatizálás Biológia

A mesterképzésbe való felvétel feltétele, hogy a felsorolt ismeretkörökben *legalább 40 elismert kredittel* rendelkezzen a hallgató. *Az a hallgató, aki nem rendelkezik a fizika/anyagszerkezet/villamosságtan tárgykörből legalább 18, a kémia tárgykörből legalább 19, a matematika/informatika tárgykörből legalább 15 elismert kredittel*, annak a felzárkóztató modulban megadott tárgyakból a hiányzó krediteket - a mesterfokozat megszerzésére irányuló képzéssel párhuzamosan, a felvételtől számított két féléven belül, a felsőoktatási intézmény tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint - meg kell szereznie. Ezek egy részét a 120-as kredit kereten felül kell elsajátítania a hallgatónak, de plusz 12 kredittel ez megoldható, ha az alapképzésben már teljesített – törzs illetve specializációban – kreditek elismerésre kerülnek.

A képzéshez kapcsolt szakmai gyakorlat követelményei:

Nincs kötelezően előírt szakmai gyakorlat.

Idegennyelv-ismeret követelményei:

A mesterfokozat megszerzéséhez angol nyelvből államilag elismert középfokú (B2) komplex típusú nyelvvizsga vagy ezzel egyenértékű érettségi bizonyítvány vagy oklevél szükséges.

A mesterfokozat megszerzéséhez összegyűjtendő kreditek száma: 120 kredit

Az alapozó ismeretekhez rendelhető kreditek száma: 20-30 kredit;

A szakmai törzsanyaghoz rendelhető kreditek száma: 30-60 kredit;

A differenciált szakmai anyaghoz rendelhető kreditek száma: 20-30 kredit;

A szabadon választható tantárgyakhoz rendelhető kreditek minimális értéke: 6 kredit;

A diplomamunkához rendelt kreditérték: 30 kredit;

A gyakorlati ismeretek aránya: az intézményi tanterv szerint legalább 30 %.

A mesterképzési szak tanterve és a tantárgyi programok leírása

1. A szak tantervét **táblázatban** összefoglaló, **krediteket is megadó, óra és vizsgaterv**

Az anvagtudomány mesterképzési szak tanterve (nappali tagozat)

1. táblázat: Felzárkóztató modul tárgyai

Modul	Kód	Tárgy	Félév/óraszám				Számmonkérés	Össz. kredit
			1	2	3	4		
Mate- matika	TMBE0604	Matematika 2. Ve		4+2+0			k	6
Fizika	TFME0143	Kísérleti fiz. III. (elektromágnesség) Ve	4+0+0				k	6
	TFME0114	Kísérleti fizika (modern fizika kísérleti alapjai) Vi., Ve		2+0+0			k	3
Kémia Vi. F	TKME0111	Általános kémia 1.	4+0+0				k	6
	TKML0112	Általános kémia 2.		0+1+5			g	4
Vi.,F	TKME0341	Szerves Kémia	2+0+0				k	3
Vi. F	TKME0611	Makromolekuláris kémia		2+0+0			k	3
Összesítés		Összes vizsga/gyak. jegy	3/0	3/1				
		Összes óra elmélet/gyak.	10	8/8				
		Összes kredit	15	16				31

Az F, Ve. és Vi. jelek a fizika, vegyész illetve villamos mérnök szakokat jelölik.

2. táblázat: Törzsanyag

Modul	Kód	Tárgy	Félév/óraszám				Számmonkérés	Össz. Kredit
			1	2	3	4		
Fizika	TFME0441	Szilárdtest fiz. 1.	3+0+0				k	4
	TFME0445	Fizikai anyagtudomány		2+0+0			k	3
	TFME0411 TFML0411	Anyagvizsgálati módszerek	2+0+2				k+g	4
	TFML0503	Haladó szil. fiz. lab.			0+0+4		g	3
	TFME4702	Orvosbiológiai anyagtud. és technika	2+0+0				k	3
	TFME4704	Nanobiotechnológia		3+0+0			k	4
	TFME0432	Szilárdtestek képlékenysége és törése		2+0+0			k	3

	TFME0991	Felületfizika				2+0+0	k	3
	TFME0433	Ionok az anyagtudományban		2+0+0			k	3
		Kötelezően választható	2+0+0				k	3
Kémia	TKME0510	Műszeres analitika		2+0+0			k	3
	TKME1111	Kémiai technológia	2+2+0				k	4
	TKME1010	Kémiai anyagtudomány			2+2+0		k+g	4
	TKMG0623	Műanyag kompozitok			1+0+1		g	3
	TKME1211	Szerkezeti anyagok	2+0+0				g	3
	TKME1212 TKML1212	Műanyagok és feldolgozásuk I.			2+0+2		k+g	4
			Kötelezően választható	2+0+0				k
	TFML0491	Diplomamunka 1.			15		g	10
	TFML0492	Diplomamunka 2				30	g	20
Gazdasági	TTBEBVVM-KT2	Vállalatgazdaságtan			2+0+0		k	3
Összesítés		Összes vizsga/gyak. jegy	7/2	5/0	3/5	1/1		
		Összes óra elmélet/gyak.	15/4	11/0	7/24	2/30		
		Összes kredit	24	16	27	23		90

3. Nanoanyagok specializáció:

Modul	Kód	Tárgy	Félév/óraszám				Számmonkérés	Össz. Kredit
			1	2	3	4		
	TKME0624 TKMG0624	Önszerveződő rendszerek				2+2+0	k+g	5
	TFME1602	Nanotechnológia	3+0+0				k	4
	TFME0302	Nanoelektronika és nanomágnesség		2+0+0			k	2
	TFME1502	Mágneses anyagok		2+0+0			k	2
	TFME0430	Nanodiffúzió és szegregáció		2+0+0			k	2
	TKME0622	Polimerrendszerek vizsgálata			2+0+0		k	3
	TKML0622	Polimerrendszerek vizsgálata gyakorlat		0+0+6			g	5
	TFME0431 TFML0431	Számítógépes modellezés				2+2+0	k+g	4
	TFME0992	Fém- és kerámiatan			2+0+0		k	3
Összesítés		Összes vizsga/gyak. jegy	1/0	3/1	2/0	2/2		
		Összes óra elmélet/gyak.	3/0	6/6	4/0	4/4		
		Összes kredit	4	11	6	9		30

- A specializációban megszerzendő kreditek minimális száma: 30 kredit.
- A szabadon választható tárgyakat a TTK-n meghirdetett tárgyak közül lehet választani.
- A kötelezően választható szakmai tárgyak: más (Fizika, Kémia, Biológia) MSC szakok, a fenti modulokban nem szereplő, tárgyai, speciális kollégiumai.
- Aki a törzsanyagban vagy a specializációban szereplő tárggyal azonos tárgyat az alapképzésben teljesített, az kérheti ennek elismerését.

Az anyagtudomány levelező meterképzési szak tanterve

Felzárkóztató modul (levelező)											
Modul	Tantárgyak	Félévi óra	kredit	Félévek							
				1.		2.		3.		4.	
				ea	gy lab	ea	gy lab	ea	gy lab	ea	gy lab
Matematika	Matematika 2.	8	6			6	2	0			
	Fizika			6	2	0					
	Fizika 1.	8	6	6	2	0					
	Fizika 2.	8	3			6	2	0			
Kémia	Általános kémia 1.	12	6	8	4	0					
	Általános kémia 2.	10	4			8	2	0			
	Szerves kémia	8	3	8	0	0					
	Makromolekul. kémia	8	3			8	0	0			
Összesen	Félévi óra elmélet/gyak.			22	6		28	6			
	Félévi kredit			15			16				
	összesen	62	31								

Törzsanyag (levelező)												
Modul	Tantárgyak	Félévi óra	kredit	Félévek								
				1.		2.		3.		4.		
				ea	gy lab	ea	gy lab	ea	gy lab	ea	gy lab	
Fizika	Szilárdtest fiz. 1.	9	4			9	0	0				
	Fizikai Anyagtudomány	8	3					8	0	0		
	Anyagvizsgálati módszerek	12	4			6	6	0				
	Haladó szil. Fiz. lab.	8	3					0	0	8		
	Orvosbiológiai anyagtudomány és technika	6	3					6	0	0		
	Nanobiotechnológia	6	4							6	0	0
	Szilárdtestek képlékenysége és törése	6	3							6	0	0
	Felületfizika	6	3							6	0	0
	Ionok az anyagtudományban	6	3			6	0	0				
	Kötelezően választható	6	3							6	0	0
Kémia	Műszeres analitika	6	3					6	0	0		
	Kémia technológia	12	4	6	6	0						
	Kémia anyagtudomány	14	4					8	6	0		
	Műanyag kompozitok	8	3					4	4	0		
	Szerkezeti anyagok	8	3	8	0	0						
	Műanyagok feldolgozása	8	4					8	0	0		
	Kötelezően választható	6	3							6	0	0
Diplomamunka I.	4	10					4					

	Diplomamunka II.	6	20						6						
Gazdasági	Vállalatgazdaságtan	6	3		6	0	0								
Összesen	Félévi óra elmélet/gyak.			14	6	0	27	6	0	40	14	8	30	6	0
	Félévi kredit			7			14			33			36		
	összesen	151	90												

Nanoanyagok specializáció (levelező)																
Modul	Tantárgyak	Félévi óra	kredit	Félévek												
				1.			2.			3.			4.			
				ea	gy	lab	ea	gy	lab	ea	gy	lab	ea	gy	lab	
Összesen	Önszerveződő rendszerek	6	5										6	6	0	
	Nanotechnológia	9	4	9	0	0										
	Nanoelektronika	6	2				6	0	0							
	Mágneses anyagok	6	2							6	0	0				
	Nanodiffúzió és szegregáció	6	2							6	0	0				
	Polimerrendszerek vizsgálata	6	3							6	0	0				
	Polimerrendszerek vizsgálata gyakorlat	9	5							0	9	0				
	Számítógépes modellezés	10	4											6	4	0
	Fém- és kerámiatan	6	3											6	0	0
	Félévi óra elmélet/gyak.			9	0	0	6	0	0	18	9	0	18	10	0	
	Félévi kredit			4			2			12			12			
összesen	61	30														

A specializációban megszerzendő kreditek minimális száma: 30 kredit

A szabadon választható tárgyakat a TTK-n meghirdetett tárgyak közül lehet választani.

A kötelezően választható szakmai tárgyak: Fizika, Kémia, Biológia MSC szakok, a fenti modulokban nem szereplő tárgyai, speciális kollégiumai.

Aki a törzsanyagban vagy a specializációban szereplő tárggyal azonos tárgyat az alapképzésben teljesített, az kérheti ennek elismerését

2. Tantárgyi programok

2. Tantárgyi programok

Felzárkóztató modul tárgyai

Tárgy neve: MATEMATIKA II.

Óraszám/hét: 4+2+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 6

Számonkérés módja: kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr. Figula Ágota

A tantárgy oktatói: Dr. Figula Ágota

Többváltozós függvények: határérték, folytonosság, differenciálhatóság, parciális deriváltak; többváltozós szélsőértékszámítás, többváltozós Taylor polinom. Többszörös integrál; alkalmazások: térfogat, felszín. Görbementi és felületi integrálok. A vektoranalízis elemei. Stokes, Green és Gauss tételei. Potenciálkeresés. A variációszámítás elemei. Parciális differenciálegyenletekre vonatkozó nevezetes problémák, ezek osztályozása. Fourier-módszer. Eseményalgebra, valószínűség, valószínűségi mező. Valószínűségi változók eloszlásfüggvénye, diszkrét eloszlás, nevezetes diszkrét valószínűségi eloszlások, sűrűségfüggvény, nevezetes abszolút folytonos valószínűségi változók, várható érték, szórás, momentumok. Valószínűségi változók együttes eloszlása és függetlensége, feltételes eloszlás és feltételes várható érték, korrelációs együttható. A nagy számok törvényei, a központi határeloszlás tétel. A statisztika elemei.

Irodalom:

Walter Rudin: A matematikai analízis alapjai, Műszaki Könyvkiadó, 1978, Budapest.

Denkinger Géza: Valószínűségszámítás, Tankönyvkiadó, 1999, Budapest.

Czách László, Simon László: Parciális differenciálegyenletek I., Tankönyvkiadó, 1993, Budapest.

Székelyhidi László: Valószínűségszámítás és matematikai statisztika, EKTF Líceum, 1999, Eger.

Reimann József, Tóth Julianna: Valószínűségszámítás és matematikai statisztika, Tankönyvkiadó, 1991, Budapest.

Elliott Mendelson: 3,000 Solved Problems in Calculus, McGraw-Hill, 1988.

Tárgy neve: KÍSÉRLETI FIZIKA III. (elektromágnesség)

Óraszám/hét: 4+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 6

Számonkérés módja: kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr. Pálinkás József

A tantárgy oktatói: Dr. Pálinkás József, Dr. Takács Endre, Dr. Cserpák Ferenc

Leírás:

A tantárgy célja: Az elektromosságtan alapfogalmainak és törvényeinek tapasztalatokon alapuló bevezetése, amely a hallgató további természet- és alkalmazott tudományi tanulmányait alapozza meg.

Tematika: Elektrosztatikai alapjelenségek és alapfogalmak: az elektromos erőhatás, az elektromos töltés, Coulomb törvénye. Az elektromos töltés és az anyag, Millikan kísérlete. Az elektromos térerősség fogalma, Gauss törvénye. A sztatikus elektromos tér törvényszerűségei: forrásai, örvénymentessége, az elektrosztatikai potenciál fogalma, az elektromos dipólus, töltésrendszer elektromos tere. Vezetők és szigetelők fogalma. Az elektromos megosztás. Az elektromos töltés eloszlása vezető felületén, az elektrosztatikus tér vezető környezetében. A kapacitás fogalma, kondenzátorok. Az elektrosztatikus tér energiája és energiasűrűsége. Elektrosztatikus tér

dielektrikumokban: polarizáció, szuszceptibilitás, elektromos eltolódási vektor. A stacionárius áram, áramerősség, áramsűrűség, ellenállás. Ohm törvénye, Joule törvénye, az áramvezetés anyagszerkezeti értelmezése. Egyszerű áramkörök, az elektromotoros erő, Kirchhoff törvényei, az RC áramkör. A folyadék áramvezetésének alapjelenségei, az elektrolízis Faraday-féle törvényei, galvánelemek, akkumulátorok. Áramvezetés gázokban. A mágneses tér fogalma, erőhatás mágneses térben, a mágneses indukcióvektor, a mágneses dipólus. Mozdgó töltések és stacionárius áram mágneses tere: Biot–Savart és Amper törvénye. Mágneses tér anyagi közegben: dia-, para- és ferromágnesség. Az anyag mágnesességének magyarázata: giromágneses jelenségek, Einstein de Haas-kísérlet. Töltött részecskék mozgása elektromos és mágneses térben, a részecskék fajlagos töltésének meghatározása, a Hall-effektus, részecskegyorsítók és tömegspektrométerek. Az elektromágneses indukció jelensége, Faraday és Lenz törvénye. A változó mágneses indukciófluxus által keltett elektromos tér tulajdonságai. Önindukció, az RL-áramkör, kölcsönös indukció. A mágneses tér energiája és energiasűrűsége. Elektromágneses rezgések. A kvázistacionárius áram fogalma, a Kirchhoff-törvények általánosítása. Szabad rezgések LC és RLC áramkörben, kényszerrezgések, rezonancia, csatolt rezgések. Váltakozó áram, tulajdonságai, jellemzői, az impedancia fogalma, váltakozó áramok egyenirányítása. Váltakozó áramú generátorok és motorok, a háromfázisú hálózat, a transzformátor. Az Ampere-Maxwell törvény. Az eltolódási áram fogalma, az indukált elektromos mező és tulajdonságai. A Maxwell egyenletek integrális és differenciális alakja, potenciálok, hullámegyenlet. Elektromágneses hullámok. Elektromágneses hullámok előállítás, dipólussugárzás, síkhullámok. Az elektromágneses tér energiája és impulzusa, az elektromágneses hullámok terjedése.

Ajánlott irodalom:

1. Hevesi Imre, Elektromosság, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
2. Erostyák János és Litz József (szerk.): A fizika alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
3. Halliday, Resnick, Krane: Physics Vol. II., John Wiley & Sons Inc.
4. Sears, Zemansky, Young: University Physics, Addison-Wesley Publishing Company
5. Budó Ágoston, Kísérleti Fizika II., Tankönyvkiadó, Budapest
6. Simonyi Károly, Elektronfizika, Tankönyvkiadó, Budapest
7. R. P. Feynman, R. B. Leighton and M. Sands, 'Mai fizika', Műszaki Kiadó, Budapest, 1969

Tantárgy neve:	Kísérleti Fizika IV. (modern fizika kísérleti alapjai)
Óraszám/hét:	2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)
Kredit:	3
Számonkérés módja:	kollokvium
Tantárgyfelelős:	Dr. Pálinkás József
A tantárgy oktatói:	Dr. Pálinkás József, Dr. Takács Endre, Dr. Cserpák Ferenc

Leírás:

A tantárgy célja: A kvantumfizikát megalapozó jelenségek és kísérletek bemutatásával és értelmezésével, továbbá a kvantumfizika elvei alapján az atom- az atommag- és a részecskefizika alapvető jelenségeinek és törvényszerűségeinek bemutatásával a hallgató természettudományos műveltségének és további természet- és alkalmazott tudományi tanulmányainak megalapozása.

Tematika: A fény és a kvantumfizika: a hőmérsékleti sugárzás, a Planck-féle sugárzási törvény. A fényelektromos hatás és a foton fogalma, a Compton-szórás, a vonalas spektrum. Az anyag hullámtulajdonságai, a kvantumfizika alapjai: részecskék hullámszerű viselkedése, a de Broglie hullámhossz. A hullámtermészet kísérleti igazolása: a Davisson-Germer és a Thompson-kísérlet. Anyaghullámok, a Heisenberg-féle határozatlansági elv. Az atomok szerkezete: a Thompson-féle atommodell, a Rutherford-kísérlet, a Rutherford és a Bohr-féle atommodellek. A Frank–Hertz-kísérlet. A hidrogénatom szerkezete, kvantumszámok. Az elektron spinje, a Stern–Gerlach-kísérlet. Fékezési- és karakterisztikus röntgensugárzás. Röntgensugarak elhajlása. Az atommag felfedezése, a radioaktív sugárzás tulajdonságai, a bomlástörvény. A kozmikus sugárzás. Az atommagok felépítése és tulajdonságai, kísérleti tapasztalatok.

Ajánlott irodalom:

1. Hevesi Imre, Elektromosság, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
2. Erostyák János és Litz József (szerk.): A fizika alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
3. Halliday, Resnick, Krane: Physics Vol. II., John Wiley & Sons Inc.
4. Sears, Zemansky, Young: University Physics, Addison-Wesley Publishing Company
5. Budó Ágoston, Kísérleti Fizika II., Tankönyvkiadó, Budapest
6. Simonyi Károly, Elektronfizika', Tankönyvkiadó, Budapest
7. R. P. Feynman, R. B. Leighton and M. Sands, 'Mai fizika', Műszaki Kiadó, Budapest, 1969

Tárgy neve: ÁLTALÁNOS KÉMIA I.**Óraszám/hét:** 4+1+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)**Kredit:** 6**Számonkérés módja:** kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)**Tantárgyfelelős:** Dr Nagy Miklós**A tantárgy oktatói:** Dr Nagy MiklósTantárgyleírása:

Kémiai alapfogalmak: atom, molekula, elem, vegyület, keverék, vegyjel, képlet, relatív a atom- és molekulatömeg, moláris tömeg, állandó és többszörös súlyviszonyok törvénye, kémiai egyenletek, a kémiai reakciók csoportosítása. Az atom felépítése: Általános törvényszerűségek, az atomok szerkezetét bizonyító jelenségek (fényelektromos hatás, α -sugarak szóródása). Természetes radioaktivitás. Izotópok. Az elektronhéj kiépülésének törvényszerűségei. Az elemek periódusos rendszere. Kémiai kötések: Elsőrendű kémiai kötések: ionos, kovalens és fémes kötés. Másodlagos kötések: van der Waals-féle kötések (dipólus-dipólus, dipólus-indukált dipólus, indukált dipólus-indukált dipólus kölcsönhatás). A hidrogénkötés. Halmazállapotok I. Tökéletes gázok jellemzése, gáztörvények: Boyle-Mariotte-, Gay-Lussac-, egyesített és általános gáztörvények, a termodinamikai hőmérsékleti skála, Avogadro-törvény, Dalton-törvény. A tökéletes gázok kinetikai-molekuláris elmélete: a molekulák legvalószínűbb sebessége, közepes szabad úthossz, barometrikus nyomáscsökkenés. Reális gázok jellemzése: van der Waals egyenlet. Halmazállapotok II. A folyadék halmazállapot és jellemzése: kompresszibilitás, viszkozitás, felületi feszültség, párolgás, forrás, gáznyomás, forráshőmérséklet. A szilárd halmazállapot és jellemzése: kristályos és amorf anyagok, elemi cellák, kristályrendszerek. A kristályrács típusai: fémrács, atomrács, ionrács, molekularács. Oldatok és törvényszerűségeik I. A koncentráció kifejezése, koncentrációegységek: molaritás, molalitás, móltört, tömegkoncentráció, tömegtört, térfogattört, egyéb koncentrációegység (ppm, ppg, ppt), Elegyedés, oldékonyság, oldhatósági szorzat.

Kötelező és ajánlott irodalom:

1. Berecz Endre: Kémia Műszakiaknak, Tankönyvkiadó, Budapest (1991)
2. Clyde R. Dillard, David E. Goldberg: Kémia, Gondolat, Budapest (1982)
3. Lengyel Béla: Általános és szervetlen kémiai praktikum, Tankönyvkiadó, Budapest (1990)
4. Bodor Endre: Szervetlen kémia I., Tankönyvkiadó, Budapest (1983)

Tárgy neve: ÁLTALÁNOS KÉMIA II.**Óraszám/hét:** 0+1+5 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)**Kredit:** 4**Számonkérés módja:** kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)**Tantárgyfelelős:** Dr Nagy Miklós**A tantárgy oktatói:** Dr Nagy MiklósTantárgyleírása:

Oldatok és törvényszerűségeik II. Folyadékelegyek sajátságai: ideális és reális elegyek, biner folyadékelegyek gáznyomása és forráspontja, folyadékelegyek desztillációja. Híg oldatok törvényei: gáznyomáscsökkenés, forráspont-emelkedés, fagyáspont-csökkenés, ozmózis. Ionos vegyületek oldatainak kolligatív tulajdonságai, megoszlási törvény, folyadék-folyadék extrakció. Heterogén és kolloid anyagi rendszerek: Kolloidkémiai alapfogalmak. Kolloid rendszerek csoportosítása. A mindennapi életben és az iparban leggyakrabban előforduló kolloid rendszerek (emulziók, szuszpenziók, szolok). Kémiai egyensúlyok I. Kémiai egyensúlyokkal kapcsolatos alapfogalmak, homogén és heterogén egyensúlyok, az egyensúlyi állandó és kifejezése, az egyensúlyok eltolása: a legkisebb kényszer elve, az egyensúlyi állandó hőmérséklet függése, a tömeghatás törvénye. Az egyensúlyi számítások alapjai. Kémiai egyensúlyok II. Sav-bázis egyensúlyok: Korábbi sav-bázis elméletek (Arrhenius, Lux, Lewis). A Brønsted féle sav-bázis elmélet. A víz öndisszociációja. Az oldatok kémhatása. A pH számítás alapjai: erős savak és bázisok gyenge savak és bázisok pH-jának számítása. Pufferek. Sav-bázis indikátorok. Titrálási görbék. Reakciókinetika: A reakció kinetika

alapfogalmi: reakciósebesség, empirikus sebességi egyenlet, a reakciók rendősege, molekularitása. A reakciósebesség hőmérsékletfüggése, aktiválási energia. Egyszerű és összetett reakciók. Katalízis, katalizátorok. Termokémia alapjai: belső energia, munka, hő, entalpia, entrópia, szabadentalpia. Termokémiai egyenletek. Képződéshő. Reakcióhő. Hess-tétel. Elektrokémia I: Elektrolitoldatok vezetése, ionvándorlás, ionmozgékonyág. Galváncellák és elektródok jellemzése. Elektród- és redoxi potenciál. Nernst-egyenlet. Elektrokémia II: Elektrolízis. Az elektrolízis gyakorlati alkalmazásai. Faraday-törvények.

Kötelező és ajánlott irodalom:

1. Dr. Lengyel Béla: Általános és Szervetlen Kémiai Praktikum, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (1990)
2. F. A. Cotton, G. Wilkinson: Basic Inorganic Chemistry, John Villay and Sons (1976)
3. D. D. Ebbing: General Chemistry, Houghton M. Company (1984)

Tárgy neve: SZERVES KÉMIA

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Deák György

A tantárgy oktatói: Dr. Patonay Tamás Dr. Gulácsi Katalin, Dr. Deák György

A tantárgy oktatásának célja: anyagtudományi ismeretek elsajátításához szükséges alapvető szerves kémiai fogalmak kialakítása. A szerves vegyületek fontosabb csoportjainak tárgyalása.

A tantárgy tematikája: A szerves vegyületekben előforduló fontosabb kötéstípusok tárgyalása. A szerves vegyületek csoportosítási elveinek ismertetése. Szénhidrogének. A szénhidrogének hidroxiszármazékai. Oxovegyületek. Nitrogéntartalmú szerves vegyületek. Kéntartalmú szerves vegyületek. A heterociklusos vegyületek fontosabb alaptípusai. Szénhidrátok. Aminosavak, peptidek, fehérjék, nukleinsavak.

Irodalom:

Furka Á.: Szerves kémia, Tankönyvkiadó, Budapest

Gergely P., Penke B., Tóth Gy.: Szerves és bioorganikus kémia, Semmelweis Kiadó, Budapest

Tárgy neve: MAKROMOLEKULÁRIS KÉMIA

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3

Számonkérés módja: kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr Kéki Sándor

A tantárgy oktatói: Dr Kéki Sándor

Tantárgyleírása:

Bevezetés a makromolekuláris kémiába: alapfogalmak, műanyagok és a környezet, polimerek finomszerkezete, polimolekularitás, molekulatömeg, molekulatömeg-eloszlás.

Molekulatömeg meghatározási módszerek. Polimerek fizikai állapotai: amorf állapot, kristályos állapot, üvegesedési hőmérséklet, olvadás. Polimerek mechanikai viselkedése: deformáció, megnyúlás feszültség diagram. Makromolekulák előállítása: általános alapelvek, monomerek reaktivitása, gyökös iniciálás. Gyökös polimerizáció: a gyökös polimerizáció kinetikájának alapelvei, a gyökök hosszúság szerinti eloszlása, a gyökös polimerizáció elemi lépései. Gyökös polimerizáció. Kationos polimerizáció: kationosan polimerizálható polimerek, a kationos polimerizáció elemi lépései. Anionos polimerizáció: anionosan polimerizálható polimerek, az anionos polimerizáció elemi lépései. Makromolekuláris

molekulatervezés. Győrőfelynyílásos polimerizáció, sztereospecifikus polimerizáció. Polikondenzáció: alapvető polikondenzációs polimerek, a polikondenzáció mechanizmusa és kinetikájának alapjai, molekulatömeg kontroll.

Kötelező és ajánlott irodalom:

1. Dr. Zsuga Miklós: Makromolekuláris Kémia, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen (2003)
2. Dr. Varga József: Makromolekulák kémiája, Tankönyvkiadó (1990)
3. George Odian: Principles of Polymerization Second Edition, Wiley-Interscience Publication (1981)
4. Hans-Georg Elias: Makromoleküle, Hüthig Wepf Verlag Basel, Heidelberg, New York (1990)

Törzsanyag

Tárgy neve: SZILÁRDTESTFIZIKA I.

Óraszám/hét: 3+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 4

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr Beke Dezső

A tantárgy oktatói: Dr Beke Dezső

A tantárgy célja: Bevezetést nyújtani a kísérleti szilárdtestfizikába, alapokat adni a későbbi tanulmányokhoz a szilárdtestfizika illetve fizikai anyagtudomány területén.

Tematika: Kristályszerkezet. Bravais rácsok. Miller indexek. Kötéstípusok. Periodikus függvények a rácsban. Reciprok rács. Bloch tétel, ciklikus határfeltételek. Sugárzások kölcsönhatása kristályokkal. Diffrakciós módszerek. Képlékeny viselkedés. Rácsrezgések. Fotonok. Rugalmatlan neutronszerzés. Infravörös abszorpció. Fajhő. Hővezetés. Dielektromos tulajdonságok. Elektron-elmélet alapjai. Szabadelektron modell, Feynmann-modell. Kronig-Penney – modell. Effektív tömeg. Elektromos vezetés leírása. Szórási folyamatok. Termoelektromos jelenségek. Szupravezetés. Kristályok dia-és paramágnessége. Ferromágnesség. Curie-Weiss – törvény. Szilárdtestek optikai tulajdonságai. Színcentrumok. Ponthibák és diffúzió.

Ajánlott irodalom:

- 1) C. Kittel: "Bevezetés a szilárdtestfizikába" Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1981
- 2) A.G. Guy: „Fémfizika” Műszaki Könyvkiadó Bp. 1978
- 3) Giber János és munkatársai: "Szilárdtestek felületfizikája" Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1987
- 4) Káldor Mihály: „Fizikai metallurgia” Műszaki Könyvkiadó Bp. 1990

Tárgy neve: FIZIKAI ANYAGTUDOMÁNY

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Beke Dezső

A tantárgy oktatói: Dr. Beke Dezső, Dr. Erdélyi Zoltán

A tantárgy célja: Elmélyíteni a Szilárdtestfizika alapkursusban tanultakat elsősorban gyakorlati, anyagtudományi problémák tárgyalásával. Így az állapotábráktól a képlékenyalakítási, törési mechanizmusokon keresztül, a technikai mágnesség alapjait terjedő ismereteket nyújtani.

Tematika:

Fázis-egyensúlyok és fázis-átalakulások. Állapotábrák. Kétalkotós szilárdoldatok statisztikus leírása. Szemcsehatárok és határfelületek. Kölcsönös diffúzió és szilárdtest reakciók. Szilárdtestek deformációs és törési mechanizmusai. Precipitáció (nukleáció és növekedés), spinodális bomlás. Felületi szegregáció.

Rend-rendezetlen fázisátalakulás. Domén mágnesség. Alakmemória ötvözetek (martenzites fázisátalakulások).

Ajánlott irodalom:

- 1) Káldor Mihály: „Fizikai metallurgia” Műszaki Könyvkiadó Bp. 1990
- 2) A.G. Guy: „Fémfizika” Műszaki Könyvkiadó Bp. 1978
- 3) Giber János és munkatársai: “Szilárdtestek felületfizikája” Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1987

Tárgy neve: ANYAGVIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Óraszám/hét: 2+0+2 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 4

Számonkérés módja: kollokvium, gyakorlati jegy (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr Cserhádi Csaba

A tantárgy oktatói: Dr Cserhádi Csaba

Előadás tematika

Diffrakciós módszerek, kristályrácsok geometriai leírása, reciprokrács fogalma, Bragg egyenlet, Ewald szerkesztés. Röntgendiffrakció. Röntgensugarak előállítás és mérése, röntgenspektrumok, röntgendiffrakció alkalmazhatósága. Elektronendiffrakció, az elektron diffraktogramok tulajdonságai. Neutrondiffrakció, alkalmazási lehetőségei és összehasonlítása más diffrakciós módszerekkel. Mikroszkópikus módszerek: optikai mikroszkópia, elektron mikroszkópia, pásztázó alagút és atomerő mikroszkópia, térion és térelektron mikroszkópia. Az elektronsugaras mikroanalízis alapjai. EDS, WDS, kiértékelés és alkalmazhatóság.

Mágneses anyagok vizsgálati módszerei: mágnesezettség mérési módszerei, magnetométerek, doménszerkezet vizsgálata: Bitter-módszer, Kerr-mikroszkópia, Barkhausen-zajmérés
Kémiai összetétel vizsgálati módszerei: optikai és röntgenspektroszkópiai módszerek, tömegspektroszkópiai eljárások; SIMS, SNMS, elektronspektroszkópiai módszerek EELS, ESCA, PIXE, Rutherford visszaszórás, neutron aktívációs analízis
Diffrakciós módszerek: röntgen, elektron, neutron spektroszkópia

Gyakorlat tematika

Brinell, Wickers keménységmérés. Szakítóvizsgálat. Metallográfiai alapmérések optikai mikroszkóppal (szemcseméret meghatározása, fázisok azonosítása stb.) összetétel meghatározása elektronsugaras mikroanalízissel, röntgenfluoreszcenciával. Mérések atomerő mikroszkóppal. Mágneszettség mérése vibrációs magnetométerrel. Barkhausen-zaj mérések. Mérések Kerr-mikroszkóppal, a SQID alkalmazása mágneses mérésekre.

Vékonyrétegek összetételének/szerkezetének meghatározása: SIMS/SNMS-el, Rutherford visszaszórással, proton mikroszondával, fotonindukált elektronspektroszkópiával.

Irodalom:

- Zorkóczy: Metallográfia és anyagvizsgálat, Tankönyvkiadó, Budapest, 1971
C.Giocavazzo: Fundamentals of Crystallography, Oxford University Press 1992
D.B. Williams and C.B.Carter: Transmission Electron Microscopy, Plenum Press 1996
Szilárd testek vizsgálata elektronokkal, ionokkal és röntgensugárással, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1984
E.N. Kaufmann (ed.): Characterisation of materials, Wiley, 2003
D.D. Brandon, W.D. Kaplan: Microstructural Characterisation of Materials, Wiley, 1999
Ray F. Egerton: Physical Principles of Electron Microscopy, Springer, 2007

Tárgy neve: HALADÓ SZILÁRDTESTFIZIKA LABOR**Óraszám/hét:** 0+0+4 (1 előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)**Kredit:** 3**Számonkérés módja:** gyakorlati jegy (kollokvium/gyakorlati jegy)**Tantárgyfelelős:** Dr Langer Gábor**A tantárgy oktatói:** Dr Cserhádi Csaba, Dr Daróczi Lajos, Dr Erdélyi Gábor, Dr Harasztosi Lajos, Dr Langer Gábor**Tematika:**

Metallográfiai vizsgálatok fénymikroszkóppal. Felület és összetétel vizsgálata pásztázó elektronmikroszkóppal. Szerkezetvizsgálat transzmissziós elektronmikroszkóppal. Vékonyfilmek előállítás és mélységi analízise szekunder neutrális tömegspektrometriával. Ferromágneses anyagok vizsgálata Barkhausen-zaj segítségével. Szerkezetvizsgálat röntgendiffrakcióval. Szilárdtestekben zajló átalakulási folyamatok követése differenciális pásztázó kaloriméterrel. Szupravezető kvantum interferométer (RF SQUID) működésének vizsgálata. Ötvözetek előállítása ívolvasztással.

Ajánlott irodalom:

Haladó labor jegyzet, DE Szilárdtestfizikai Tanszék

Giber János és szerzőtársai: „Szilárdtestek felületfizikája”, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1987.

C. Kittel: „Bevezetés a szilárdtestfizikába” Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1981

J. M. Ziman: „Principles of the theory of solids”, Cambridge University Press, 1987

R. W. Cahn, P Haasen: „Physical Metallurgy” North-Holland, Amsterdam, 1983

A tantárgy neve: ORVOSBIOLÓGIAI ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNIKA**Heti óraszám:** 2+0+0**Kreditszám:** 3+0+0**Tantárgyfelelős:** Dr. Szabó István, CSc.**A tantárgy oktatói:** Dr. Szabó István**Számonkérés formája:** kollokvium;**A tantárgy oktatásának célja:**

Szemináriumi formában feldolgozni az orvosi biológiában használt modern vizsgálati és gyógyászati eszközök és anyagok működési elvét, továbbfejlesztéseik lehetséges irányait

A tantárgy tematikája:

Modern vizsgálati eszközök. Elektron és atomi erő mikroszkópok. Konfokális mikroszkópia, térközele mikroszkópia. Nanokompozitok orvosi-biológiai alkalmazásokban. Modern fogászati anyagok: fém-kerámia kötés, osseoinduktív hatású implantátum felületek kialakítása. Nano-bio technológián alapuló sejtanalitikai vizsgálmódszerek. PET. Gamma kés. MRI.

Ajánlott irodalom:

D.T. Edmonds: “Electricity and magnetism in biological systems”, University Press, Oxford, 2001

A tantárgy neve: NANO(BIO)TECHNOLÓGIA**Heti óraszám:** 3+0+0**Kreditszám:** 4**Tantárgyfelelős:** Dr. Beke Dezső, egyetemi tanár, DSc.**A tantárgy oktatója:** Dr. Beke Dezső**Számonkérés formája:** kollokvium**A tantárgy oktatásának célja:**

Bemutatni a nanofizikai, nanotechnikai és nanotechnológia fogalmak jelentését és tartalmát, szerepét a biotechnológiában. Ismertetni a legfontosabb nanotechnológiák alapelveit, biológia inspirált és biológiai alkalmazású módszereket, és azokat a nanoskálájú folyamatokat, amelyekre a jelenlegi vagy elkövetkező technológiák épülnek.

A tantárgy tematikája:

A nanotechnológia kialakulása, tárgya és kapcsolata a biotechnológiával. Felületek nanoskálájú megmunkálása, módosítása és minősítése, biokompatibilitás. Anyagvizsgálat és manipuláció a nanoméretes skálán: Atomi erő mikroszkópia alapjai és biotechnológiai alkalmazása. Nanostruktúrák mechanikai tulajdonságai, stabilitása, élettartama. Erőhatások a nanométer tartományban, nanomechanika, bio-inspirált nanogépek és szerkezetek. Bioszenzorok. Nanorészecske sokaságok technológiája és biotechnológiai alkalmazási lehetőségük. Mágneses részecskék alkalmazása és előállítása a nano és biotechnológiában. Atommozgási folyamatok és reakciókinetika a nanométer tartományban. Laboratóriumi demonstrációk aktuális kutatási témákról.

Ajánlott irodalom:

- 1) Thuan Vo-Dinh (editor), „Nanotechnology in Biology and Medicine”, CRC Press (Taylor and Francis) Boca Raton, USA. 2007
- 2) J. Eirik Ellingsen, S. Peter Lyngstadaas; „Bio-implant interface”, CRC Press (Taylor and Francis) Boca Raton, USA. 2003
- 3) Giber János és szerzőtársai: “Szilárdtestek felületfizikája”, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987
- 4) Az előadás alapján írt, interneten elérhető jegyzet.
- 5) „Nanomágnesség” c. Házi jegyzet (DE Szilárdtest Fizika Tanszék), 2003

Tárgy neve: SZILÁRDTESTEK KÉPLÉKENYSÉGE ÉS TÖRÉSE

Óraszám/hét: 2+0+0

Kredit: 3 kredit

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr Tóth László

A tantárgy oktatói: Dr Tóth László

A tantárgy célja: a hallgatók megismerkednek a különböző képlékeny alakváltozási és törési mechanizmusokkal, ezen folyamatok anyagtudományi alapjaival, a törésmechanika alkalmazásával.

Tematika: Képlékeny alakváltozási mechanizmusok, hibamentes folyás, diszlokáció csúszás, térfogati és szemcsehatár kúszás, diszlokáció mászás. Törési mechanizmusok, szívós- és rideg törés, a hőmérséklet és a feszültség hatása a mechanizmusra. Határfelületek szerepe. Szakítás. Törési mechanizmus térképek szerkesztése, jellemzése, használata fcc, bcc és hcp fémekre, ötvözetekre és kerámiákra. Törések keletkezésének okai, megjelenési formái, repedés keletkezése a gyártmányokban és szerkezeti elemekben. A szilárdság és szívósság ellenőrzése. Törésmechanikai elméletek. Törésmechanikai anyagjellemzők. A törésmechanika alkalmazása.

Ajánlott irodalom:

M.F. Ashby, C. Gandhi, M.R. Taplin, Acta. Met. 27 (1979) 699-729

C. Gandhi, M.F. Ashby, Acta. Met. 27 (1979) 1565-1602

M.F. Ashby, Acta. Met. 22, (1974) 275-289

F.B. Swinkels, M.F. Ashby, Acta Met. 29 (1981) 259-281

H. Blumenauer, G. Pusch: Műszaki törésmechanika, MK, Budapest, 1987

Tárgy neve: IONOK AZ ANYAGTUDOMÁNYBAN

Óraszám/hét: 2+0+0

Kredit: 3 kredit

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Rajta István

A tantárgy oktatói: Dr. Rajta István

Tematika:

Napjainkban a szilárdtestfizikai, az anyagtudományi kutatások és a mindennapi élet használati eszközeinek a továbbfejlesztése is egyre növekvő mértékben igényli a nanotechnológiát, ezzel párhuzamosan olyan új módszerek technikák megvalósítását, amelyek a különböző típusú anyagok mikro- és nanoskálán történő előállítására, módosítására, felhasználására és analizésére képesek.

A kurzus keretében áttekintjük a MeV energiájú részecskegyorsítók, és a melléjük telepített ion mikronyaláb rendszerek alkalmazási területeit:

Részecskegyorsítók, nyalábvezetés, nyalábfókuszáló eszközök, rések, vákuumrendszerek.

Ionnyaláb analitikai módszerek: PIXE, RBS, PIGE, STIM, ERDA.

Analitikai alkalmazások: anyagtudományi, környezeti, orvosi-biológiai, régészeti, geológiai.

Mikromegmunkálási módszerek: PBW, optikai litográfia, UV litográfia, röntgen litográfia (LIGA), FIB, lézeres módszerek.

Mikromegmunkálás alkalmazások: mikrofluidika, mikro-optika, mikroreaktorok

Ajánlott irodalom:

- Rajta I.: A pásztázó proton mikroszonda telepítése és tudományos alkalmazásai, PhD értekezés, Debrecen, 1997
- M.B.H. Breese, D.N. Jamieson, P.J.C. King: Materials Analysis Using a Nuclear Microprobe, Wiley-Interscience, 1996
- J.R. Bird, J.S. Williams: Ion Beams for Materials Analysis, Academic Press, 1989
- F. Watt, G.W. Grime: Principles and Applications of High-Energy Ion Microbeams, Adam Hilger, Bristol, IOP Publishing Ltd. 1987
- R. Spohr: Ion Tracks and Microtechnology, Principles and Applications, F. Wieweg & Sons, Braunschweig, 1990
- P. Rai-Choudhury, Handbook of Microlithography, Micromachining, and Microfabrication, Vol. I-II, SPIE Optical Engineering Press, 1997

Tárgy neve: FELÜLETFIZIKA

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3 kredit

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr Erdélyi Gábor

A tantárgy oktatói: Dr Erdélyi Gábor

Tematika: (a kurzus célja, rövid tematikája)

Az anyagtudományban, a nano-technológiában, fontos szerepet játszó (határ)felületi jelenségek és folyamatok bemutatása, értelmezése. Kísérleti módszerek és gyakorlati alkalmazások áttekintése.

Határfelületek osztályozása, külső és belső határfelületek, szemcse- és fázishatárok. Felületek elemi krisztallográfiája és termodinamikája. Felületek elemi modelljei, felületi energia, kristályok egyensúlyi alakja, Wulff-tétel.

Kis és nagyszögű szemcsehatárok szerkezete. Speciális szemcsehatárok, szerkezeti modellek, szemcsehatárok energiája. Fázishatárok. Atomi illeszkedési modellek, miszfit koncepció, epitaxia, koherens, inkoherens fázishatárok. A mikro- és nano-megmunkálás technikái, litográfia, vékony filmek

előállítás, vékony filmek növekedésének modelljei, maratási technikák. A felületi energia szerepe a mikro és nano-megmunkálási technológiákban.

Mono és multirétegek minősítésének fontosabb kísérleti módszerei. Felületi érdesség, adhézió, súrlódás, tribológia mikro- és nanoskálán.

Felületek hatása az elektronállapotokra, felületek szerepe a vezetési, szórási és mágneses jelenségekben. Fém, félvezető és oxid felületek és fázishatárok, szerepük különböző félvezető, opto-elektronikai, valamint mágneses eszközökben (óriás mágneses ellenállás, spintronika, szenzorok).

Ajánlott irodalom:

Dr.Giber J. és szerzőtársai: Szilárdtestek felületfizikája, Műszaki Könyvkiadó, 1987.

J. Venebles: Introduction to surface and thin film processes, Cambridge University Press, 2000.

Bhushnan, Bharat (ed.): Springer Handbook of Nanotechnology, Springer, 2004.

K-N Tu, J.W. Mayer, L.C. Feldman: Electronic thin film science, Macmillan Publ. Co., 1992.

H. Lüth: Solid surfaces, interfaces and thin films. Springer, 2001.

Tárgy neve: MŰSZERES ANALITIKA

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3

Számonkérés módja: kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr Gáspár Attila

A tantárgy oktatói: Dr Gáspár Attila

Tematika: (a kurzus célja, rövid tematikája)

Mintavételi és mintaelőkészítési módszerek. Atomemissziós spektroszkópiai módszerek: atomszerkezet és emissziós színképszerkezet (atom és ionszínképek) összefüggése. Korszerű gerjesztési módszerek az atomspektroszkópiában: egyenáramú és nagyfrekvenciás (ICP) plazmák, lézergerjesztés stb. Újabb optikai leképezési és fényfelbontásos módszerek (száloptikák, holografikus rácsok stb.) Detektorrendszerek és jelfeldolgozás (PMT-k, háttérkorrekciók, számítógépes vezérlés és mérés). Atomabszorpciós módszerek: AAS módszerek elve és gyakorlata, sugárforrások (ÜK, EDL), atomforrások (láng, elektrotermikus). Háttérkorrekciós és jelfeldolgozó rendszerek. A tömegspektrometria műszerei és szervesetlen analitikai alkalmazásai: mágneses (Nier-féle), kettős fókuszállású (Herczog-féle) kvadrupol és repülési idő spektrométerek. Ionforrások (elektronbombázásos, kémiai ICP stb.) Molekula (abszorpciós) spektrofotometria és szervesetlen alkalmazásai: UV és látható spektrofotométerek (egy- és kétsugaras rendszerek). Spektrofotometriás analitikai mérési módszerek (differenciál-spektrofotometria, derivatív spektrofotometria stb.). Elektroanalitika: konduktometria, oszcillometria. Ionszelektív elektródok elmélete, potenciometria. Modern polarográfiás mérőmódszerek. Automatikus analízis: Flow Injection Analysis. Elválasztástechnika: modern planárokromatográfiás technikák, a kvantitatív rétegekromatográfia alapjai. Kapilláris gázkromatográfia, nagyteljesítményű folyadék-kromatográfia, kapcsolt módszerek. Kapilláris elektroforézis.

Ajánlott irodalom:

1. Pungor Ernő: Analitikai kémia, Tankönyvkiadó (BME egyetemi jegyzet), Budapest, 1985.
2. H.H. Willard, L.L. Merritt, J.A. Dean, F.A. Settle: Instrumental methods of Analysis, Wadsworth Publ. Co., Belmont, California, 1988.
3. R.D. Braun: Introduction to Instrumental Analysis, McGraw-Hill Book Co., New York, 1987.
4. Pokol György - Sztatisz Janisz: Analitikai kémia I., Műszaki Egyetem Kiadó, Budapest, 1999.
5. Burger Kálmán: Az analitikai kémia alapjai, Semmelweis Kiadó, Gyula, 1999.

Tárgy neve: MŰANYAG KOMPOZITOK**Óraszám/hét:** 1+0+1 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)**Kredit:** 3**Számonkérés módja:** gyakorlati jegy**Tantárgyfelelős:** Dr. Deák György**A tantárgy oktatói:** Dr. Belina Károly, Dr. Deák György

A tantárgy célja, hogy az MSc hallgatókkal megismertesse a műanyagokkal és a kompozitokkal kapcsolatos legfontosabb alapfogalmakat.

Polimerfizikai alapfogalmak. Polimerek fizikai állapotai. A deformáció termodinamikája. Polimerek viszkoelasztikus viselkedése. Időfüggő mechanikai tulajdonságok. Kúszás, feszültségrelaxáció. Dinamikus modulus és viszkozitás. Polimerek folyása. Viszkozitás nyírásérzékenysége. Nagyrugalmas jelenségek. Polimerek kristályos állapota. Morfológia. Kristályosodáskinetika, olvadási jellemzők. Kompozitokkal kapcsolatos alapfogalmak. Kompozitok csoportosítása mátrixanyagok és erősítőanyagok alapján. Szálas erősítő anyagok. Üveg-, szén-, szerves-, kerámia- és fémszálak. Szálak jellemzői. Egyéb erősítő anyagok. Ásványi erősítők: talkum, montmorillonit. Természetes alapú erősítő anyagok. Kompozitok tulajdonságait meghatározó tényezők. A mátrix és az erősítő anyagok között létrejövő kölcsönhatások. Kapcsoló ágensek. Szálerősítéses kompozitok jellemzői. Orientáció hatása a mechanikai tulajdonságokra. Hosszú- és rövidszál erősítő anyagok jellemzői. Kompozitok gyártási technológiái. Kézi laminálás. Gépi laminálás. Pultrúzió. Prepreg anyagok. Kompozit anyagok fröccsöntése. Héj-mag szerkezet kialakulása. Szálak tördelődése. Gyenge helyek kialakulása fröccsöntött szálerősítésű anyagokban. Speciális kompozitok. Szén/szén kompozitok, nanokompozitok.

Irodalom:

1. Bodor, G., Vas, L. M.: Polimer anyagszerkezetan, Műegyetemi Kiadó, Bp. 1995.
2. Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2003.
3. Takáts Péter: „Szervetlen kötésű kompozitok” Tankönyv, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2005

Tárgy neve: SZERKEZETI ANYAGOK**Óraszám/hét:** 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)**Kredit:** 3**Számonkérés módja:** gyakorlati jegy (kollokvium/gyakorlati jegy)**Tantárgyfelelős:** Dr Deák György**A tantárgy oktatói:** Dr Deák GyörgyTantárgyleírása:

Szerkezeti anyagok fogalma, mechanikai tulajdonságaik (szakítószilárdság, keménység, merevség, szívósság, kifáradás és kúszás). Szerkezeti anyagok speciális tulajdonságai, feldolgozási módjai. Szerkezeti anyagok csoportosítása. Vas és acél, az acélok hőkezelése. Acél ötvözetek (ötvözött acélok). Nemvasfémek (könnyű- és nehézfémek, fémüvegek). A fa, mint szerkezeti anyag. Szervetlen nemfémes szerkezeti anyagok (üveg, zománc, porcellán gránit, andezit, bazalt, kőgyagy, hőálló téglák és műszen). Műanyagok. Szerkezeti anyagok korróziója, a korrózió típusai, korróziós sebesség mérése.

Kötelező és ajánlott irodalom:

1. Vegyipari gépészek kézikönyve, MK, Budapest (1987)
2. J.M. Coulson, J.F. Richardson and R.K. Sinnott: Chemical Engineering, Volume 6.
3. Borbély János: Vegyipari géptan 1. KLTE, egyetemi jegyzet (1983)
4. H. Titze: Vegyipari készülékek szerkezeti elemei, MK, Budapest (1966)

Tárgy neve: KÉMIAI TECHNOLÓGIA**Óraszám/hét:** 2+2+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit:4

Számonkérés módja: kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr Zsuga Miklós

A tantárgy oktatója: Dr Zsuga Miklós

A tárgy oktatásának célja: Az MSc hallgatók megismertetése a kémiai technológia alapműveleteivel és a hétköznapi anyagok előállításánál használt eljárásokkal

Tantárgyleírása:

Kémiai technológia tárgya és alapfogalmai, a kémiai technológia törvényei, kémiai technológiai rendszerek. A kémiai technológia fejlődése, elemi kapcsolási módok, szakaszos – folyamatos gyártás összehasonlítása. A kémiai technológia alapműveletei. Heterogén diszperz rendszerek elválasztása, üleptetés, szűrés, porleválasztás. Mechanikai műveletek, keverés, aprítás, osztályozás. Termikus műveletek, hőátvitel, hőcsere, hűtés, bepárlás, szárítás. Termodinamikai elválasztási műveletek, desztilláció, abszorpció, adszorpció, extrakció. A kémiai reaktorok bemutatása. A víz technológiája, víztisztítás lépései, vízlágyítás, szennyvíz és szennyvíztisztítás. Szilikátkémia, kerámiák, kötőanyagok, üvegyipar. Fémek technológiája, vasgyártás, acélggyártás, alumíniumgyártás. Elektrolízis, klórgyártás. Nitrogénipar, az ammóniaszintézis technológiája, salétromsavgyártás. Kénsavgyártás. Műtrágyaipar, egyszerű és összetett műtrágyák. Korrózió, a korrózió megjelenési formái, alapfolyamatai, aktív és passzív korrózióvédelmi technikák.

Irodalom:

1. Vajta, Szabó: Kémiai Technológia, Tankönyvkiadó (1979)
2. Somló György: Vegyipari eljárások, Tankönyvkiadó (1974)
3. Gerecs Árpád: Bevezetés a kémiai technológiába, Tankönyvkiadó (1983)
4. Muhlynov I.: Chemical Technology I-II.
5. Fonyó, Fábri: Vegyipari művelettani alapismeretek, Nemzeti Tankönyvkiadó

Tárgy neve: KÉMIAI ANYAGTUDOMÁNY

Óraszám/hét: 2+2+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit:4

Számonkérés módja: kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr Zsuga Miklós

A tantárgy oktatója: Dr Zsuga Miklós

A tárgy oktatásának célja: A kémiai technológia I. alapjain továbbhaladva a szerves vegyipar elsősorban a szén és kőolajipar, valamint a nanotechnológiában használatos anyagok ipari előállításának megismertetése.

Tantárgyleírása:

A szén technológiája. A kőszén fajtái, keletkezése, feldolgozása, kőszén keletkezése, kőszén alkotói, szénbányászat, szénfeldolgozás (elgázosítás, lepárlás, cseppfolyósítás). Kőolaj és földgáz keletkezése. Kőolaj és földgáz összetevői, csoportosítás, a kőolaj és földgáz kinyerése, földgázfeldolgozás módjai, a kőolaj atmoszférikus desztillációja. Motorhajtóanyagok, nagy oktánszámú benzin előállítása, katalitikus reformálás, pakura vákuumdesztillációja, kenőanyagok tulajdonságai, kenőanyagok típusai. A szénszál és koromkészítés technológiája. A nanotechnológiában használatos alapanyagok előállítása. Semleges, anionos és kationos tenzidek szintézise. Gélek, emulziók és szolok készítése. Kolloidális stabilizátorok, szilárdító szerek, hab-stabilizátorok, nedvesség és vízvisszatartó szerek előállítása. Gyakorlat: Hőátadás, szűrés, fluidizáció, abszorpció, adszorpció, reaktorok hidrodinamikai modellezése, szerkezeti anyagok kémiai ellenállása

Irodalom:

1. Vajta, Szabó: Kémiai Technológia, Tankönyvkiadó (1979)
2. Somló György: Vegyipari eljárások, Tankönyvkiadó (1974)
3. Gerecs Árpád: Bevezetés a kémiai technológiába, Tankönyvkiadó (1983)
4. Muhlynov I.: Chemical Technology I-II.

Tárgy neve: MŰANYAGOK ÉS FELDOLGOZÁSUK I.**Óraszám/hét:** 2+0+2 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)**Kredit:** 4**Számonkérés módja:** kollokvium, gyakorlati jegy (kollokvium/gyakorlati jegy)**Tantárgyfelelős:** Dr Zsuga Miklós**A tantárgy oktatói:** : Deák György**Tantárgyleírása:**

A polimerek és a műanyagok fogalma, felosztása, adalékok fajtái és használatuk célja. A polietilén, polipropilén és legfontosabb kopolimerjeik előállítás, tulajdonságai, alkalmazása. Poli-izobutilén, butilgumi, termoplasztikus elasztomerek. Polisztirol, poli-butadién, poli-akril-nitril és kopolimerjei (SAN, SBR, NBR és ABS kopolimerek). Klór és fluor tartalmú polimerek (PVC, utánklórozott PVC, PVDC, PTFE, PTFKE). Poli(vinil-acetát), poli(vinil-alkohol) és származékai, poli(vinil-pirrolidon). A fontosabb poli-diének, elasztomerek (PB, Poliizoprén, Polikloroprén) előállítás és tulajdonságai. Vulkanizálás. Poli-akrilátok és származékaik előállítás, tulajdonságai. Telítetlen és telített poliészterek, polikarbonátok előállítás, tulajdonságai, alkalmazása. Alkidgyanták. Poliéterek (alifás, aromás típusok). Epoxigyanták és térhálósításuk. Poliamidok és poliimidek. Fenó- és amino-plasztok előállítás, tulajdonságai. Poliuretánok. Szilikonok. Cellulóz származékok.

Kötelezőesajánlottirodalom:

1. Dr. Zsuga Miklós: Makromolekuláris Kémia, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen (2003)
2. Dr. Zsuga Miklós: Műanyagok, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen (2003)
3. Dr. Kovács Lajos: Műanyag zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1979)
4. Dr. Borda Jenő: Műanyagok gyártása és feldolgozása, KLTE-TTK (1994)
5. George Odian: Principles of Polymerization, McGraw-Hill, New York (1983)

Tárgy neve: VÁLLALKOZÁS-GAZDASÁGTAN**Óraszám/hét:** 4+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)**Kredit:** 4 kredit**Számonkérés módja:** kollokvium**Tantárgyfelelős:** dr. Egri Imre**A tantárgy célja:**

A vállalkozások működésének megismerése a gyakorlatban. A beruházások előkészítése, nyilvántartás és üzleti tervezés a gyakorlatban.

Tematika: A vállalkozások vizsgálata. A vállalkozások jellemzésére szolgáló módszerek. A vállalkozások eredménykategóriái. Üzleti eredmény, pénzügyi eredmény, rendkívüli eredmény. A vállalkozások fejlesztése. Vállalati szintű beruházások.

A beruházások előkészítése, megvalósíthatósági tanulmány. A beruházások elemzése. Statikus és dinamikus elemzési módszerek. A vállalkozások tevékenységének nyilvántartása, könyvelési formák.

A közbeszerzési eljárás. Gazdasági műveletek bizonylatolása, könyvelése. Számlázási szabályok, követelmények. Mérleg, leltár, mérlegváltozások. Eredményelszámolások könyvelési technikái, adófizetési kötelezettségek. Az adózás rendjéről szóló törvény. A vállalkozások főbb adói. Társasági és osztalékadó. Általános forgalmi adó, személyi jövedelemadó.

Üzleti tervek készítése.

Ajánlott irodalom:

Papp P. – Egri I.: Vállalkozási ismeretek, Debreceni Egyetem, 2004.

Egri I. – Papp P.: Üzleti tervezés, Debreceni Egyetem, 2004.
Egri I.: Üzleti tervezés munkafüzet, Debreceni Egyetem, 2004.
Fribiczter G. (szerk.): Közbeszerzés Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 2004.

Nanoanyagok specializáció

Tárgy neve: ÖNSZERVEZŐDŐ RENDSZEREK

Óraszám/hét: 2+2+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 5

Számonkérés módja: kollokvium, gyakorlati jegy (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr Zsuga Miklós

A tantárgy oktatói: Dr Zsuga Miklós, Dr Kéki Sándor

Az önszerveződő és szupramolekuláris rendszerek kutatása és ipari felhasználása egyre jelentősebb napjainkban ezért megkerülhetetlen a téma tárgyalása egyetemi előadás keretén belül a következő tematika alapján. Ismerkedés az alapfogalmakkal és a szupramolekuláris rendszerek kialakítására képes vegyületcsaládokkal: amfilikus polimerek, ciklodextrin származékok, fullerének, dendrimerek. Ezen vegyületek előállításai módjai laboratóriumi illetve ipari szinten. Önszerveződő rendszerek kialakítása; mikrofázis szeparáció, aggregáció, micellaképződés, inklúziós komplexek és rotaxánatok. A szupramolekuláris rendszerek felhasználási területei: szabályozott szerkezetű nanostruktúrák (bevonatok, nanogépek) előállítása, inklúziós komplexek, mint katalizátorok és gyógyszerhordozók; új perspektívák a gyógyászatban. A terület jövőbeni fejlődési irányai.

Ajánlottirodalom:

1. Dr. Zsuga Miklós: Makromolekuláris Kémia, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen (2003)
2. Stam, Manfred: Polymer Surfaces and Interfaces, Characterization, Modification and Applications (2008) ISBN: 978-3-540-73864-0
3. George Odian: Principles of Polymerization Second Edition, Wiley-Interscience Publication (1981)
4. Hans-Georg Elias: Makromoleküle, Hüthig Wepf Verlag Basel, Heidelberg, New York (1990)

Tárgy neve: NANOTECHNOLÓGIA

Óraszám/hét: 3+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 4 kredit

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr Beke Dezső

A tantárgy oktatói: Dr Beke Dezső

A tantárgy célja: Bemutatni a nanofizikai, nanotechnikai és nanotechnológia fogalmak jelentését és tartalmát. Ismertetni a legfontosabb nanotechnológiák alapelveit, azokat a nanoskálájú folyamatokat, amelyekre a jelenlegi vagy elkövetkező technológiák épülnek.

Tematika: Vékony és multirétegek előállítása és minősítése. Felületek nanoskálájú megmunkálása, módosítása és minősítése. Nanosturktúrák mechanikai stabilitása, élettartama. Spin-manipuláción alapuló eszközök tervezése és előállítása. Nanorészecske sokaságok technológiái. Nanomágnesség. Nanodiffúzió. Nanoszegregáció.

Ajánlott irodalom:

- 1.) Giber János és szerzőtársai: “Szilárdtestek felületfizikája”, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987
- 2.) A MATÁV és az MTA közös szervezésében 2004-ben tartott Nanotechnológia szimpózium anyaga (CD)
- 3.) Az előadás alapján írt (de már az első évek számára is) interneten elérhető jegyzet.

4) „Nanomágnesség” c. Házi jegyzet (DE Szilárdtest Fizika Tanszék), 2003

Tárgy neve: NANOELEKTRONIKA

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3 kredit

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr Kökényesi Sándor

A tantárgy oktatói: Dr Kökényesi Sándor

A tantárgy célja: Az elektronika nanométer-skálán előállítható elemei és eszközei működési elveinek, tervezésének és alkalmazásának bevezetése.

Tematika: Nanostrukturált anyagok és szerkezetek főbb típusai és fizikai tulajdonságai. Nanoporok, porózus anyagok, szuperrácsok, kvantum pontok, szálak, nanokompozitok. Porózus Si. Fullerének és nanocsövek. Kvantumjelenségek a nanoszerkezetekben, nemlineáris optikai jelenségek, az elektromos vezetés különlegességei. Új fényforrások és detektorok. Q-tranzisztor, GMR-leolvasók. Fotonikai kristályok. Nanofotonikai elemek, plazmonika. Szenzorok. Integrált elemek, atomi felbontású adattárolók fejlesztése. Számítástechnika új elemei. Nanostrukturák a biológiában, vegyiparban. Mikro- nanomanipulátorok.

Ajánlott irodalom:

Bársony István, Kökényesi Sándor, Funkcionális anyagok és technológiájuk, *Főiskolai jegyzet*, Debrecen, 2003.

A MATÁV és az MTA közös szervezésében 2004-ben tartott Nanotechnológia szimpózium anyaga (CD) Szakirodalom cikkei (nanotechweb.org, Materials Today, Nanotechnology).

Springer Handbook of Nanotechnology (CD, ISBN 3-540-01218-4)

Paras N.Prasad Nanophotonics, Wiley-Interscience, 2004.

Tárgy neve: MÁGNESES ANYAGOK

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 2 kredit

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr Beke Dezső

A tantárgy oktatói: Dr Beke Dezső

A tantárgy célja: Bevezetést nyújtani a technikai mágneses anyagok tulajdonságairól. Ismereteket adni a mágneses anyagok alkalmazásairól a transzformátor lemezeiktől, a reléken és szűrőkön keresztül a nanomágneses eszközökig (adattárolók és spinkapcsolók).

Tematika: Alapvető mágneses tulajdonságok. Domén mágnesség. Mágneses hiszterézis. Lágymágneses anyagok. Érzékelők, relék. Mágneses szűrők. Kemény mágneses anyagok. Mágneses adattárolók. Nanomágneses anyagok és kompozitok. Spinkapcsolók. Barkhausen zaj és technikai alkalmazásai.

Ajánlott irodalom:

Dr. Deák Péter, Dr, Gíber János és Dr. Kocsányi László: Műszaki Fizika III/2 (Az anyagtudomány alapjai). Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1993.

Tantárgy neve: NANODIFFÚZIÓ ÉS SZEGREGÁCIÓ

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3 kredit

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr Erdélyi Zoltán

A tantárgy oktatói: Dr Beke Dezső, Dr Erdélyi Zoltán

A tantárgy célja: A klasszikus, folytonos (kontinuum) egyenleteken alapuló diffúziós és szegregációs modellek csak igen korlátozott feltételek mellett, vagy egyáltalán nem használhatók nanoskálán. A tantárgy célja a korlátok feltárása és a nanoskálán alkalmazható atomisztikus modellek bemutatása, továbbá a nanoskálán lejátszódó diffúziós és szegregációs folyamatok vizsgálatára alkalmas néhány módszer megismertetése.

Tematika: KONTINUUM MODELLEK: Klasszikus diffúziós elméletek: Fick I. és II. egyenlete; a II. egyenlet analitikus megoldásai egyszerű esetekben, koncentráció független diffúziós együttható feltételezve; koncentrációfüggő diffúziós együttható; Boltzmann-transzformáció, parabolikus (négyzetgyökös) (skála)törvény. Diffúzió multirétegekben: kezdetek DuMond és Youtz munkássága nyomán; a diffúziós együttható koncentráció függésének hatása a koncentrációprofil fejlődésére; a kontinuum leírás korlátai nanoskálán; nagy koncentráció gradiensek (Cahn-Hilliard elmélet); feszültség és diffúzió (Stephenson modell). ATOMISZTIKUS MODELLEK: A diffúzió determinisztikus kinetikai leírása: a kontinuum és az atomisztikus modellek összehasonlítása (diffúziós együttható – ugrási frekvencia); a diffúziós együttható koncentrációfüggésének atomisztikus jelentése (diffúziós aszimmetria); a kontinuum leírás érvényességi körének beszűkülése növekvő diffúziós aszimmetriával; a kémia hatása a kétalkotós ötvözetek viselkedésére (korlátlan keveredés, fázis szeparáció, rendeződés, szilárdtest reakció). Diffúzió modellezése kinetikus Monte Carlo módszerrel: a determinisztikus és a stochasztikus leírás különbözősége, ugrási valószínűség; a determinisztikus és a kinetikus Monte Carlo módszerek összehasonlítása. SZEGREGÁCIÓ: a szegregáció jelensége; felületi feszültség, kémia és mérethatás, mint a szegregáció motorjai; egyensúlyi és kinetikus szegregációs izotermák (Henry, McLean, Fowler-Guggenheim); felületi szegregáció a determinisztikus kinetikai és a kinetikus Monte Carlo modellekben, vékonyrétegek hordozóba történő beoldódása. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK NANOSKÁLÁN: Diffúzió: röntgen, szinkrotron, neutron technikán alapuló módszerek; Szegregáció: felületfizikai, felületkémiai módszerek, pl. Auger elektronspektroszkópia (AES), röntgen fotoelektron-spektroszkópia (XPS), atomi próba mikroszkópia (APM: AFM, STM)

Ajánlott irodalom:

1. Nanoclusters and Nanocrystals, chap. Segregation in Nanostructures (American Scientific Publishers, California, USA, Editor: H.S. Nalwa, 2003)
2. Landolt-Börnstein, New Series, chap. Diffusion in Semiconductors and Nano-Metallic Solids (Berlin: Springer-Verlag, Ed. D.L. Beke 1999)
3. J. Philibert, Atom Movements, (les Editions des Physique, Les Ulis, France 1991)

Tárgy neve: POLIMERRENDSZEREK VIZSGÁLATA

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3 kredit

Számonkérés módja: kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr Kuki Ákos

A tantárgy oktatói: Dr Kuki Ákos

Polimerek molekulatömegének és molekulatömeg eloszlásának meghatározási lehetőségei: gélpermeációs kromatográfia. Végcsoportok vizsgálata tömegspektrometriás módszerekkel (MALDI-, ESI-TOF MS). Nanoszerkezetek létrehozása blokk-szelektív oldószerekkel és különböző dialízis módszerekkel. A fényszórás fotometria elve és alkalmazási lehetőségei a kritikus micellaképződési koncentráció, micellaméret és eloszlás, micellaalak, aggregációs szám és karok számának meghatározására. Micellák dőpolási lehetőségei. A szolubilizáció és vizsgálata. Spektroszkópiás módszerek.

Ajánlottirodalom:

1. Dr. Zsuga Miklós: Makromolekuláris Kémia, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen (2003)
2. Stam, Manfred: Polymer Surfaces and Interfaces, Characterization, Modification and Applications (2008) ISBN: 978-3-540-73864-0
3. George Odian: Principles of Polymerization Second Edition, Wiley-Interscience Publication (1981)
4. Hans-Georg Elias: Makromoleküle, Hüthig Wepf Verlag Basel, Heidelberg, New York (1990)

Tárgy neve: POLIMERRENDSZEREK VIZSGÁLATA GYAKORLAT

Óraszám/hét: 0+0+6 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 5 kredit

Számonkérés módja: gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr Kuki Ákos

A tantárgy oktatói: Dr Kuki Ákos

Nanoszerkezetek vizsgálata gyakorlat

A laborgyakorlat célja a hallgatókat megismertetni a szupramolekuláris rendszerekkel és jártasságot szerezni ezen rendszerek vizsgálatában. Önszerveződésre hajlamos, amfifilikus, blokk kopolimerek vagy telekelikus polimerek előállítása speciális dry-box technikával. Az előállított polimerek molekulatömegének és molekulatömeg eloszlásának vizsgálata géelpermeációs kromatográfiával a végcsoportok vizsgálata tömegspektrometriás módszerekkel (MALDI-, ESI-TOF MS). Nanoszerkezetek létrehozása blokk-szelektív oldószerrel és különböző dialízis módszerekkel. A nanostruktúrák vizsgálata fényszórás fotometriával: kritikus micelleképződési koncentráció, micellaméret és eloszlás, micellaalak, aggregációs szám és karok számának meghatározása. A képződött micellák dópolása gyógyszerhatóanyagokkal illetve különböző vegyületekkel, a szolubilizáció vizsgálata spektroszkópiás módszerekkel.

Ajánlottirodalom:

1. Dr. Zsuga Miklós: Makromolekuláris Kémia, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen (2003)
2. Stam, Manfred: Polymer Surfaces and Interfaces, Characterization, Modification and Applications (2008) ISBN: 978-3-540-73864-0
3. George Odian: Principles of Polymerization Second Edition, Wiley-Interscience Publication (1981)
4. Hans-Georg Elias: Makromoleküle, Hüthig Wepf Verlag Basel, Heidelberg, New York (1990)

Tárgy neve: SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉS

Óraszám/hét: 2+2+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 4

Számonkérés módja: kollokvium, gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Erdélyi Zoltán

A tantárgy oktatói: Dr. Erdélyi Zoltán, Dr. Katona Gábor

Leírás:

A tantárgy célja: A modern nano-anyagtudományban használatos számítógépes módszerek megismerése. Különös tekintettel a nem csak egyensúlyi állapotokat, hanem kinetikát is modellezni képes, atommozgási folyamatokon alapuló technikákra.

Tematika: Számítógépes modellezés célja, helye a modern anyagtudományban; a számítógépes modellezés korlátai. A különböző technikákkal elérhető idő-, hosszúságskálák és dimenziók. Kontinuum modellek: véges differencia módszer, Fick egyenletek megoldása; véges térfogat módszer; véges térfogat módszer alkalmazása diffúzió és feszültség számítási problémákra vékonyfilmekben és multirétegekben (Stephenson modell). Diszkrét (atomisztikus) modellek: determinisztikus kinetikai modellek, alkalmazása: vékonyfilmekben és multirétegekben lejátszódó atomi mozgási folyamatok (kölsönös keveredés, fázisszeparáció - spinodális bomlás, rendeződés, szilárdtest reakciók) felületi szegregáció; kinetikus Monte Carlo, alkalmazás: ua. mint a determinisztikus esetben, plusz nukleációs és növekedési folyamatok; molekula dinamika, alkalmazás: atommozgási mechanizmusok.

Ajánlott irodalom:

W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery: Numerical Recipes in C (The art of scientific computing), 2nd edition, Cambridge University Press, New York
J. Philibert: Atom Movements, les Editions des Physique 1991, Les Ulis, France
D.L. Beke, C. Cserháti, Z. Erdélyi, I.A. Szabó: Nanoclusters and Nanocrystals, chapter Segregation in Nanostructures, ed. H.S. Nalwa, American Scientific Publ. 2003

Tárgy neve: FÉM ÉS KERÁMIATAN

Óraszám/hét: 2+0+0 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 3 kredit Számonkérés

módja: vizsga Tantárgyfelelős: Dr

Erdélyi Gábor

A tantárgy oktatói: Dr Erdélyi Gábor

Tematika: (a kurzus célja, rövid tematikája)

A kurzus célja és rövid tematikája: kristálytani, szilárdtestfizikai ismeretekre alapozva a nemfémes anyagok (szerkezeti és funkcionális kerámiák) szerkezetének, tulajdonságainak megismerése.

A fontosabb kerámiák (oxidok, nitridek, karbidok) kristályszerkezete. Az orientáció, szerkezet, textúra-meghatározás kísérleti módszerei. Hibaszerkezetek ionos vegyületekben. Hibák, hibareakciók, hibaeegyensúlyok, Brouwer-diagram, a sztöchiometriai eltérések kompenzációja. Atom és töltéstranszport szilárd fázisban. Diffúzió nem-stöchiometrikus oxidokban. Elektromos vezetőképesség és a hibastruktúra kapcsolata.

Mechanikai tulajdonságok, a plasztikus alakváltozás mechanizmusai, alakítás és keményedés. Újra-kristályosodás és szemcsenövekedés.

Kapilláris-jelenségek, szinterelés. Átalakulások szilárd fázisban, spinodális szétválás, martenzites átalakulások.

A fontosabb funkcionális és szerkezeti kerámiák előállításának, a szerkezet változásai a technológiai lépések során. Kerámiák szívósságának növelése. A szerkezet továbbá a mechanikai, termikus, optikai és elektromos tulajdonságok kapcsolata.

Fém-kerámia kötések, nanoszerkezetű kerámiák, aerogélek, kerámia-bázisú társított anyagok, biokompatibilis kerámiák.

Ajánlott irodalom:

Chavarria J. Kerámia, Novella Budapest, 1996.

Gottstein, G.: Physikalische Grundlagen der Materialkunde, Springer, 2001.

Brook, R.G.: Concise encyclopedia of advanced ceramic materials, Pergamon, Oxford, 1991.

Kingery, W.D., Birnie III, D., Chiang, Y-M.: Physical ceramics, Wiley, MIT series, 1997.

Választható:

Tárgy neve: MŰSZERES ANALITIKA GYAKORLAT

Óraszám/hét: 0+0+3 (előadás+tantermi gyakorlat+laboratóriumi gyakorlat)

Kredit: 2

Számonkérés módja: kollokvium (kollokvium/gyakorlati jegy)

Tantárgyfelelős: Dr Gáspár Attila

A tantárgy oktatói: Dr Gáspár Attila, Posta József, Fábíán István, Farkas Etelka, Gáspár Attila, Kövér Katalin

Tematika: (a kurzus célja, rövid tematikája)

Túlnyomásos rétegekromatográfia. Kapilláris elektroforézis. Ionszelektív elektródok készítése és alkalmazása. Flow Injection Analysis. Speciációk vizsgálata. On line mintabeviteli módszerek. Hidridtechnikák az atomabszorpciós analízisben. ICP-OES analitikai alkalmazásai. Analitikai módszerek validálása.

Ajánlott irodalom:

1. Pungor Ernő: Analitikai kémia, Tankönyvkiadó (BME egyetemi jegyzet), Budapest, 1985.
2. H.H. Willard, L.L. Merritt, J.A. Dean, F.A. Settle: Instrumental methods of Analysis, Wadsworth Publ. Co., Belmont, California, 1988.
3. R.D. Braun: Introduction to Instrumental Analysis, McGraw-Hill Book Co., New York, 1987.
4. Pokol György - Sztatisz Janisz: Analitikai kémia I., Műszaki Egyetem Kiadó, Budapest, 1999.
5. Burger Kálmán: Az analitikai kémia alapjai, Semmelweis Kiadó, Gyula, 1999.

A képzési és kimeneti követelményekben előírt **idegen nyelvi követelmények** teljesítésének intézményi elősegítése, feltételei.

Az MSc fokozat megszerzéséhez elvárt idegennyelv-ismeret a középfokú C típusú angol nyelvvizsgának megfelelő szintő igazolt nyelvtudás. A BSc fokozat megszerzésének előfeltétele egy idegen nyelv középfokú ismerete. Amennyiben a mesterképzésre jelentkező hallgató ezt az elvárást angol nyelven teljesíti, akkor egyben az MSc fokozat feltételét is teljesíti. A többi hallgató esetén az egyetem Idegennyelvi Központja költségtérítéses felkészítés nyújt.

Értékelési és ellenőrzési módszerek, eljárások:

Az ismeretek ellenőrzése a tantervben előírt gyakorlati jegyek megszerzéséből, a vizsgák letételéből, a diplomamunka elkészítéséből és a záróvizsga letételéből tevődik össze.

A **gyakorlati jegyek** megszerzésének feltételei a tantárgy kiírásokban kerülnek rögzítésre a tantárgy jellegétől függően. (zárthelyi dolgozatok írása, kiselőadás tartása, szemináriumi dolgozat, mérési gyakorlatok végzése, mérési jegyzőkönyvek készítése)

A **vizsgára bocsátás feltételeit és a vizsgakövetelményeket** a tantárgy kiírások tartalmazzák
(évközi munka figyelembevétele, írásbeli illetve szóbeli számonkérés)

Diplomamunka:

A diplomamunka a képzésnek megfelelő, eredményében írásosan is megjelenő, kellően dokumentált, alkotó jellegű megoldott szakmai feladat. A szakmai feladatot a hallgatók a képzésben megszerzett ismereteikre támaszkodva, szakirodalom feldolgozásával, témavezető (üzemi konzulens) irányításával dolgozza ki. A diplomamunka feladatának megoldásával a hallgató igazolja azt, hogy képes az elsajátított ismeretanyag és módszerek segítségével önállóan feladatot megoldani, munkáját kellő képen dokumentálni.

A diplomamunka formai követelményei

A dolgozatot megfelelő szövegszerkesztővel kell készíteni az alábbi beállításokkal:

Főcím: ~16 pontos betűméret

Alcímek: ~14 pontos betűméret

Szöveg: ~11-12 pontos betűméret, 1.5-szeres sortávolság

Margók: bal oldali és alsó: 3 cm; jobb oldali és felső: 2,5 cm

Fejléc, lábléc: lapszéltől való távolság: 1,25 cm

Az oldal alján folyamatos lapszámozást kell használni.

Irodalmi hivatkozások használata a szakterület szabályainak megfelelően.

A dolgozat felépítésének vázlata:

- Bevezetés
- Irodalmi áttekintés
- Saját munka
- Összefoglalás
- Irodalomjegyzék
- Mellékletek és függelék
-

A diplomamunka minimum követelménye 25 oldal (a címlap és a tartalomjegyzék kivételével). A címlapot követően a „Nyilatkozat” című dokumentumot kell beilleszteni a diplomamunkába, amit a tartalomjegyzék kell kövessen. A diplomamunka végén az irodalmi hivatkozásokat egyértelműen és pontosan fel kell tüntetni (a hivatkozást a szakterület szabályainak megfelelően kell megadni). Internetes hivatkozás esetében a weboldal címét kell megadni, valamint a megtekintés időpontját. Az ábrákat és a táblázatokat az ábra vagy a táblázat alatt folyamatos arab számozással és címmel kell

ellátni

A záróvizsga szerkezete, formája és értékelési módja

A záróvizsga szóbeli vizsga, amelyet a záróvizsga bizottság előtt kell letenni. A záróvizsga bizottságot a fizikai és kémia intézet igazgatója bízza meg. A záróvizsga bizottság minimális létszáma 3 fő. A bizottság állandó tagjai a szakfelelős és az adott specializáció felelőse. A bizottság munkájában a diplomamunka védeése során részt vesz a vizsgáztató témavezetője (konzulense). Valamely bizottsági tag akadályoztatása esetén az intézetigazgató kijelölhet egy másik egyetemi oktatót a záróvizsga bizottsági feladatok ellátására.

Az MSc záróvizsga annak megállapítására szolgál, hogy a vizsgázó biztos szakmai alapokkal rendelkezik-e a legfontosabb témakörökben, és kellően tájékozott-e a specializációs ismertek egy témakörében.

A vizsga a következő három részből áll:

1. A diplomamunka megvédéséből
2. Szóbeli vizsga a főtárgyból
3. Szóbeli vizsga a melléktárgyból

A vizsga értékelése:

A vizsgázó diplomamunkáját a témavezető írásban értékeli, és javaslatot tesz az érdemjegyre. A javasolt érdemjegytől a bizottság eltérhet a diplomamunka érdemjegyének megállapítása során.

A záróvizsga érdemjegye a diplomamunkára adott érdemjegy a diplomamunka védésére adott érdemjegy a melléktárgyra adott érdemjegy és a kétszeresen figyelembe vett főtárgy érdemjegyének átlaga:

$$Z_v = (S_{zd} + S_{zdV} + 2 \cdot F_1 + \text{Mellék}) / 5$$

ahol	Z_v :	A záróvizsga érdemjegye
	S_{zd} :	A diplomamunka érdemjegye
	S_{zdV} :	A diplomamunka védeés érdemjegye
	F_1 :	A szigorlati főtárgy szóbeli vizsga érdemjegye
	Mellék:	A melléktárgy szóbeli vizsga érdemjegye

A záróvizsga tematikája

A záróvizsga főtárgy tételsorát a törzsanyag fizika és kémia tárgyainak (szilárdtest fizika, fizikai anyagtudomány, anyagvizsgáló módszerek, műszeres analitika, kémiai technológia) tematikájából állítja össze a záróvizsga bizottság. A tételsort a záróvizsga előtt legalább 1 évvel nyilvánosságra kell hozni. A tételsor megtalálható a Természettudományi és Technológiai Kar valamint a Fizika Intézet honlapján a hallgatói információk pont alatt. A tárgyak tematikáit a III./2 fejezet tartalmazza.

A melléktárgyat a nanoanyagok specializáció tantárgyai közül választhatja ki a hallgató. A tárgyak tematikáit a III./2 fejezet tartalmazza.

Tájékoztató kiadvány internetes elérhetősége: <http://ttk.unideb.hu/>

Általános (kari) MSc követelmények, oklevél minősítése

Idegennyelv-ismeret követelményei:

A mesterfokozat megszerzéséhez **angol nyelvből államilag elismert középfokú C típusú** (Európai Referenciakeretben B2 szintő) **komplex típusú nyelvvizsga** vagy ezzel egyenértékű érettségi bizonyítvány, vagy oklevél szükséges. A korábbi BSc diplomához szükséges, a megfelelő idegen nyelvből megszerzett középfokú C típusú illetve azzal egyenértékű nyelvvizsga elegendő a diploma megszerzéséhez. (Amennyiben a mesterképzésre jelentkező hallgató a nyelvvizsgát angol nyelven teljesítette, akkor egyben az MSc fokozat nyelvvizsga feltételét is teljesíti.)

Testnevelési követelmények - DE TVSZ (2009.04.09.)

A Debreceni Egyetem nappali mesterképzésben (MSc, MA) részt vevő hallgatóknak egy féléven keresztül heti két óra testnevelési foglalkozáson való részvétel kötelező. A testnevelési követelmények teljesítése a végbizonyítvány (abszolutórium) kiállításának feltétele.

A testnevelési kurzus felvétele a Neptun rendszerben a megadott határidőn belül lehetséges.

Felmentés kérhető egészségügyi okok vagy igazolt versenysport tevékenység alapján.

Felmentési kérelmeket a www.sport.unideb.hu honlapon található formanyomtatványon kell beadni.

Határidők: szeptember 30, ill. február 28.

Helye: Tudományegyetemi Karok (TEK) Testnevelés Csoport irodája.

Az oklevél minősítése a mesterképzésen az alábbi részjegyek figyelembevételével történik:

- a tanulmányok egészére számított (halmozott) súlyozott tanulmányi átlag;
- a diplomadolgozat bírálati jegy és a védés alapján a záróvizsga bizottság által adott jegy,
- a záróvizsgán szerzett jegy.

A Debreceni Egyetem Tanulmányi- és Vizsgaszabályzata alapján az oklevél minősítése:

kiváló	4,81 – 5,00
jeles	4,51 – 4,80
jó	3,51 – 4,50
közepes	2,51 – 3,50
megfelelt	2,00 – 2,50