



# Tanterv és tantárgyleírások a BSc-MSc Nanotechnológiai szakirányokra

**Szerző: Dr. Kaptay György**

---

Korszerű anyag-, nano- és gépészeti technológiákhoz kapcsolódó műszaki képzési területeken kompetencia alapú, komplex digitális tananyag modulok létrehozása és on-line hozzáférésük megvalósítása  
(TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0001)

## Tanterv a BSc-MSc Nanotechnológiai szakirányokra

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán folyó BSc szintű anyagmérnöki szakon és MSc szintű anyagmérnöki és kohómérnöki szakokon 2008. szeptembere óta folyik nanotechnológiai szakirányos oktatás, amit a megváltozott körülményekre, és az eddigi tapasztalatokra építve a következő hat tantárggyal szerveztünk újjá:

- BSc 3. félév, 3 óra előadás / 14 hét: Nano-anyagok (Dr. Baumli Péter, egyetemi adjunktus),
- MSc 1.félév, 3 óra előadás + 1 óra gyakorlat / 14 hét: Határfelületek a nanovilágban (Dr. Kaptay György, egyetemi tanár),
- MSc 2.félév, 1 óra előadás + 3 óra gyakorlat / 14 hét: Nanoanyagok szerkezetvizsgálata (Dr. Baumli Péter, egyetemi adjunktus),
- MSc 3.félév, 2 óra előadás + 1 óra gyakorlat / 14 hét: Nanoszerkezetek képlékenyalakítással (Dr. Krállics György, egyetemi docens),
- MSc 3. félév, 2 óra előadás + 1 óra gyakorlat / 14 hét: Nano-kompozitok (Dr. Gácsi Zoltán egyetemi tanár és Dr. Pázmán Judit tudományos segédmunkatárs).
- MSc 4.félév: 2 óra előadás + 1 óra gyakorlat / 14 hét: Nanoporok (Dr. Czél György, egyetemi docens).

A tantárgyak modulokból épülnek fel, melyekről PPT file-ok készültek. A tantárgyak és a modulok megfeleltetését lásd a következő oldal táblázatában.

Az MSc szinten a hallgatók egy szakirányon és egy kiegészítő szakirányon tanulnak. Amennyiben a „Nanotechnológia” kiegészítő szakirányt választják, a fenti oktatók bármelyikének vezetésével diplomatervet is készíthetnek ezen kiegészítő szakirány keretein belül, amire a 4. félévben hivatalosan 20 óra / hét idejük van. Erősen ajánlott azonban (amit a képzés kezdetén közlünk is a hallgatókkal), hogy a hallgató a képzés legelején válasszon magának diploma konzulenszt és diploma témát, és hogy a kutatómunkát tudományos diákkör (TDK) keretében mihamarabb kezdje el. Ez ugyanis a feltétele annak, hogy a „Nanotechnológiai” szakirányon hiteles és tartalmas diplomamunkák szülessenek.

Dr. Kaptay György, szakirányvezető

**Melléklet. A tantervben lévő tantárgyak és PPT file-okban lévő modulok megfeleltetése**

<b>Tantárgy</b>	<b>Felhasznált PPT modulok</b>
1. Nanoanyagok (BSc, Dr. Baumli Péter)	1. Nano-elektrokémia (45 dia): Lakatosné Dr. Varsányi Magda 2. Nano-elektro-szintézis (31 dia): Dr. Sychev Jarosláv
2. Határfelületek a nanovilágban (MSc, Dr. Kaptay György)	3. Határfelületi nanojelenségek (41 dia): Dr. Kaptay Gy. 4. Nanoanyagok egyensúlya (22 dia): Dr. Kaptay György
3. Nanoanyagok szerkezetvizsgálata (MSc, Dr. Baumli Péter)	5. Nanofelbontású mérés technika (31 dia): Dr. Hegman N. 6. Nanometrológia I (20 dia): Dr. Hegman Norbert 7. Nanometrológia II. (30 dia): Pekker Péter
4. Nanoszerkezetek képlékenyalakítással (MSc, Dr. Krállics György)	8. Intenzív képlékenyalakítás (32 dia): Dr. Krállics György 9. Tömbi nanoanyagok (23 dia): Dr. Krállics György
5. Nano-kompozitok (MSc, Dr. Gácsi Zoltán és Dr. Pázmán Judit)	10. Nanokompozitok (35 dia): Dr. Pázmán Judit
6. Nano-porok (MSc, Dr. Czél György)	11. Nanoporok feldolgozása (50 dia): Dr. Czél György
<b>Összes 6 tantárgy</b>	<b>Összesen 11 modul, 360 PPT dia</b>

## Kommunikációs dosszié a

### Nano-anyagok

című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nanoanyagok	Anyagmérnök BSc	negyedik
	Törzsanyag	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás	3	3

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Baumli Péter, egyetemi adjunktus

**Egyetem/Kar/Intézet/Tanszék:** Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar,  
Anyagtudományi Intézet, Kihelyezett Nanotechnológiai Tanszék

**A kurzus státusza a tanulmányi programon belül:** Az anyagmérnöki alapképzésben (BSc) résztvevő hallgatók számára kötelező törzstantárgy.

**A kurzus célja,** hogy az anyagtudomány és anyagtechnológia alapjaival megismertesse a BSc hallgatókat és kedvet csináljon ahhoz, hogy MSc szinten majd a Nanotechnológia kiegészítő szakirányt válasszák a hallgatók.

**A kurzus leírása:** A 3 óra előadás egy blokkban tartva.

**A kreditpontok megszerzésének követelményei:** A félév során két ZH-t írnak a hallgatók, maximum 50-50 pontért. Így a félév során maximum 100 pont szerezhető. Az a hallgató vizsgázhat, aki a félév során legalább 50 pontot szerzett. Aki 10 pontnál kevesebbet szerzett a félév során, végleges aláírás-megtagadásban részesül (azaz csak azután szerezhethet aláírást, ha egy következő félévben újra felveszi a tárgyat). A szóbeli vizsgán a hallgató két tételt húz, tételenként maximum 50-50 pontot kap. Összeadva a félév során szerzett pontokkal, maximum 200 pont szerezhető. Értékelés: 100 pont alatt elégtelen (1), 100 - 119 pont között

elégséges (2), 120 - 139 pont között közepes (3), 140-159 pont között jó (4), 160 pont felett jeles (5).

**Oktatási módszer:** PPT file

**Előfeltételek:** Fizikai kémia,

**Ajánlott irodalom:**

1. B.Bushan (ed.): Handbook of Nanotechnology, 2nd edition, Springer, 2007.
2. R.Waser: Nanoelectronics and Information Technology - Wiley-VCH, 2005.
3. S.A.Edwards: The Nanotech Pioneers- Wiley-VCH, 2006.
4. M.Hosokawa, K.Nogi, M.Naiot, T.Yokoyama: Nanoparticle Technology Handbook, Elsevier, Amsterdam, 2007.
5. Csanády AnDrásné, Kálmán Erika, Konczos Géza: Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába. MTA, ELTE Eötvös Kiadó, 2009.
6. „Nano-elektrokémia” című PPT file,
7. „Nano-elektro-szintézis” című PPT file,
7. Gácsi Z., Simon A., Pázmán J.: „Fémkompozitok” című, kiadás alatt álló tankönyve.

**Kommunikációs dosszié a**  
**Határfelületek a nanovilágban**  
című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Határfelületek a nanovilágban	Anyagmérnök MSc	első
	Nanotechnológiai szakirány	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás+számolási gyakorlat	3 + 1	4

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Kaptay György, egyetemi tanár

**Egyetem/Kar/Intézet/Tanszék:** Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar,  
Anyagtudományi Intézet, Kihelyezett Nanotechnológiai Tanszék

**A kurzus státusza a tanulmányi programon belül:** Az anyagmérnöki mester képzésben (MSc) résztvevő hallgatók által választható Nanotechnológia Kiegészítő Szakirány egyik kötelező tantárgya. Egyben ez az alaptárgy is, amit a szakirányvezető tart és bevezeti a hallgatókat a szakirányba.

**A kurzus célja:** Megmutatni, hogy a nano-anyagokban az atomok/molekulák több mint 1 %-a van a határfelületen, ezért az anyagmérnöki tudást és gyakorlatot a nano-anyagok gyártása irányába csak úgy lehet kiterjeszteni, ha a mérnök elsajátítja a határfelületi jelenségekkel kapcsolatos tudás alapjait. A tantárgy bevezetés a határfelületi jelenségekbe, az anyagmérnöki szak és a nanotechnológiai szakirány határterületén.

**A kurzus leírása:** A 3 óra előadás + 1 óra számolási gyakorlat egy blokkban tartva, éles határ nélkül az elmélet és a számolás között. A kurzus egy bevezető és három fő fejezetből áll:

- bevezetés (a fajlagos felület),
- a határfelületi energia, a korrigált Gibbs egyenlet és annak következményei, például a nanoanyagok egyensúlyi viszonyaira,
- a határfelületi erők értelmezése, mérése és modellezése,

- a határfelületi energiák értelmezése, mérése és modellezése.

**A kreditpontok megszerzésének követelményei:** A félév során három ZH-t írnak a hallgatók a 3 fő fejezetből, maximum 50-50 pontért. Emellett 50 pont jár összesen 10 házi feladatért, amit e-mail-en kell beküldeni, 1 héttel annak kiadása utáni határidőre. Az előadásokon elhangzó építő megjegyzésekért, javításokért, válaszokért, illetve extra házi feladatokért (melyeknek nincs evidens megoldásuk) plusz pontok járnak. Így a félév során maximum  $200 + x$  pont szerezhető (az  $x$  plusz pontok maximális értéke 30 körül szokott lenni, persze lehet nulla is, a hallgatói aktivitástól függően). Az a hallgató vizsgázhat, aki a félév során legalább 100 pontot szerzett. Aki 20 pontnál kevesebbet szerzett a félév során, végleges aláírás-megtagadásban részesül (azaz csak azután szerezhet aláírást, ha egy következő félévben újra felveszi a tárgyat). A szóbeli vizsgán a hallgató két tételt húz, tételenként maximum 50-50 pontot kap. Összeadva a félév során szerzett pontokkal, maximum  $300 + x$  pont szerezhető. Értékelés: 150 pont alatt elégtelen (1), 150 - 180 pont között elégséges (2), 180 - 210 pont között közepes (3), 210 - 240 pont között jó (4), 240 pont felett jeles (5).

**Oktatási módszer:** táblánál, krétával, interaktívan, félévenként fejlődő tananyag (azaz az előző társaság jegyzetét fénymásolni felesleges)

**Előfeltételek:** BSc diploma mérnöki, vagy természettudományi szakon.

### **Ajánlott irodalom:**

1. A.W.Adamson: Physical Chemistry of Surfaces, 5th ed., John Wiley and Sons Inc., NY, 1990.
2. J.N.Israelachvili: Intermolecular and surface forces, Academic Press, London, 1992
3. N.Eustathopoulos, M.G.Nicholas, B.Drevet: Wettability at High Temperatures, Pergamon, 1999, 420 pp.
4. B.Bushan (ed.): Handbook of Nanotechnology, 2nd edition, Springer, 2007, 1916 pp.
5. "Határfelületi nanojelenségek" című PPT file,
6. "Nanoanyagok egyensúlya" című PPT file,
7. "Kaptay Gy.: Anyagegyensúlyok" című, kiadás alatt álló tankönyve,
8. a [www.kaptay.hu](http://www.kaptay.hu) honlapon elérhető cikkek.

**Kommunikációs dosszié a**  
**Nano-anyagok szerkezetvizsgálata**  
című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nano-anyagok szerkezetvizsgálata	Anyagmérnök MSc	második
	Nanotechnológia Szakirány	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás + laborgyakorlat	1 + 3	4

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Baumli Péter, egyetemi adjunktus

**Egyetem/Kar/Intézet/Tanszék:** Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Anyagtudományi Intézet, Kihelyezett Nanotechnológiai Tanszék

**A kurzus státusza a tanulmányi programon belül:** Az anyagmérnöki mesterképzésben (MSc) a Nanotechnológia kiegészítő szakirányt választó hallgatók számára kötelező szakirányos tantárgy.

**A kurzus célja,** hogy megismertesse a hallgatókat azon mérés technikákkal, amelyek egyrészt a Miskolci Egyetemen, másrészt az annak telephelyén lévő BAY-NANO Kutatóintézetben elérhetőek és amelyek alkalmasak az anyagok szerkezetvizsgálatára nano-szinten.

**A kurzus leírása:** 1 óra előadás + 3 óra laborgyakorlat.

**A kreditpontok megszerzésének követelményei:** A félév során egy ZH-t írnak a hallgatók, maximum 30 pontért. Emellett összesen 12 laborgyakorlaton vesznek részt, amiről jegyzőkönyvet készítenek, és amiért maximum 10-10 pontot kapnak. Így a félév során maximum 150 pont szerezhető. Az a hallgató vizsgázhat, aki a félév során legalább 75 pontot szerzett. Aki 15 pontnál kevesebbet szerzett a félév során, végleges aláírás-megtagadásban



részesül (azaz csak azután szerezhethet aláírást, ha egy következő félévben újra felveszi a tárgyat). A szóbeli vizsgán a hallgató két tételt húz, tételenként maximum 25-25 pontot kap. Összeadva a félév során szerzett pontokkal, maximum 200 pont szerezhető. Értékelés: 100 pont alatt elégtelen (1), 100 - 119 pont között elégséges (2), 120 - 139 pont között közepes (3), 140-159 pont között jó (4), 160 pont felett jeles (5).

**Oktatási módszer:** előadáson PPT file, a laborban laboreszközökkel, interaktívan

**Előfeltételek:** Érvényes vizsgajegy a „Határfelületek a nanovilágban” c. tantárgyból.

**Ajánlott irodalom:**

1. Csanády AnDrásné, Kálmán Erika, Konczos Géza: Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába. MTA, ELTE Eötvös Kiadó, 2009.
2. B.Bushan (ed.): Handbook of Nanotechnology, 2nd edition, Springer, 2007.
3. “Nanofelbontású mérés technika” című PPT file,
4. “Nanometrológia I” című PPT file,
5. “Nanometrológia II” című PPT file,
6. “Hegman N., Pekker P., Kristály F., Váczi T.: Nanometrológia“ c., kiadás alatt álló tankönyve

**Kommunikációs dosszié a**  
**Nano-szerkezetek képlékenyalakítással**  
című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nano-szerkezetek képlékenyalakítással	Anyagmérnök MSc	harmadik
	Nanotechnológia Szakirány	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás + laborgyakorlat	2 + 1	3

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Krállics György, egyetemi docens

**Egyetem/Kar/Intézet/Tanszék:** Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Anyagtudományi Intézet, Fémtani és Képlékenyalakítási Tanszék

**A kurzus státusza a tanulmányi programon belül:** Az anyagmérnöki mesterképzésben (MSc) a Nanotechnológia kiegészítő szakirányt választó hallgatók számára kötelező szakirányos tantárgy.

**A kurzus célja,** hogy megismertesse a hallgatókat azon ("intenzív képlékenyalakításnak" is nevezett) képlékenyalakítási módszerrel, amivel tömbi nanoszerkezetű fémek és fémötvözetek állíthatóak elő.

**A kurzus leírása:** 2 óra előadás + 1 óra laborgyakorlat.

**A kreditpontok megszerzésének követelményei:** A félév során évközi feladatot kell készíteni, amely mérésekből, azok kiértékeléséből valamint egy szóbeli ismertetésből és írásos jelentés elkészítéséből áll. A max. 100 pont értékű feladatot (ef) a szorgalmi időszak végéig kell befejezni. Ezen túl a félév során egy zárhelyit írnak a hallgatók, ami maximum 100 pontot ér (zh). A sikertelen zh pótlási lehetősége biztosítva van. Mindkét feladat külön-külön 41 %-os teljesítése szükséges az aláíráshoz. A félévi jegy megszerzésének alapja a

félévközi teljesítmény. Az érdemjegy számításához használt pontszám (Psz) az alábbi formulával számolható:  $Psz=(zh+ef)/2$ . E képlet alapján az alábbi érdemjegyek szerezhetők: 0-40-elégtelen (1), 41-55 elégséges (2), 56-70 közepes (3), 71-85 jó (4), 86-100 jeles (5).

**Oktatási módszer:** előadáson PPT file, a laborban laboreszközökkel, interaktívan

**Előfeltételek:** Érvényes vizsgajegy a „Határfelületek a nanovilágban” és a „Nanoanyagok szerkezetvizsgálata” c. tantárgyakból.

### **Ajánlott irodalom:**

1. R.Z. Valiev, R.K. Islamgaliev, I.V. AlexanDrov. Bulk nano- structured materials from severe plastic deformation. Progress in Materials Science 45 (2000) 103-189.
2. Severe Plastic deformation (SPD) processes for metals. CIRP Annals-Manufacturing Technology 57 (2008) 716-753
1. Alexander P. Zhilyaev Terence G. Langdon. Using high-pressure torsion for metal processing: Fundamentals and applications. Progress in Materials Science 53 (2008) 893–979
3. BULK NANOSTRUCTURED MATERIALS, (WILEY–VCH), eds.: M.J. Zehetbauer and Y.T. Zhu (2009) ISBN: 978-3-527-31524-6.
4. R.Z. Valiev, Y. Estrin, Z. Horita, T.G. Langdon, M.J. Zehetbauer, Y.T. Zhu: Producing Bulk Ultrafine-Grained Materials by Severe Plastic Deformation JOM 56 (4) (2006) 33–39.
5. R.Z. Valiev, T.G. Langdon: Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement Prog. Mater. Sci. 51 (2006) 881–981.
6. “Intenzív képlékenyalakítás” című PPT file,
7. “Tömbi nanoanyagok” című PPT file,

**Kommunikációs dosszié a**  
**Nano-kompozitok**  
című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nano-kompozitok	Anyagmérnök MSc	harmadik
	Nanotechnológia Szakirány	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás + laborgyakorlat	2 + 1	3

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Gácsi Zoltán egyetemi tanár és Dr. Pázmán Judit tudományos segédmunkatárs

**Egyetem/Kar/Intézet/Tanszék:** Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Anyagtudományi Intézet, Fémtani és Képlékenyalakítási Tanszék

**A kurzus státusza a tanulmányi programon belül:** Az anyagmérnöki mesterképzésben (MSc) a Nanotechnológia kiegészítő szakirányt választó hallgatók számára kötelező szakirányos tantárgy.

**A kurzus célja,** hogy megismertesse a hallgatókat a legalább egy nanoméretű (értsd legalább egyik dimenziójában 100 nm-nél kisebb) fázist tartalmazó kompozitokkal, melyeket definíció szerint nano-kompozitoknak nevezünk.

**A kurzus leírása:** 2 óra előadás + 1 óra laborgyakorlat.

**A kreditpontok megszerzésének követelményei:** A félév során egy ZH-t írnak a hallgatók, maximum 50 pontért. Emellett összesen 5 mérési jegyzőkönyvet készítenek a labormunkák eredményeként, melyekért maximum 10-10 pontot kapnak. Így a félév során maximum 100 pont szerezhető. Az a hallgató vizsgázhat, aki a félév során legalább 50 pontot szerzett. Aki 10 pontnál kevesebbet szerzett a félév során, végleges aláírás-megtagadásban részesül (azaz csak azután szerezhet aláírást, ha egy következő félévben újra felveszi a tárgyat). A szóbeli

vizsgán a hallgató két tételt húz, tételenként maximum 50-50 pontot kap. Összeadva a félév során szerzett pontokkal, maximum 200 pont szerezhető. Értékelés: 100 pont alatt elégtelen (1), 100 - 119 pont között elégséges (2), 120 - 139 pont között közepes (3), 140-159 pont között jó (4), 160 pont felett jeles (5).

**Oktatási módszer:** előadáson PPT file, a laborban laboreszközökkel, interaktívan

**Előfeltételek:** Érvényes vizsgajegy a „Határfelületek a nanovilágban” és a „Nanoanyagok szerkezetvizsgálata” c. tantárgyakból.

**Ajánlott irodalom:**

1. Csanády AnDrásné, Kálmán Erika, Konczos Géza: Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába. MTA, ELTE Eötvös Kiadó, 2009.
2. M.Hosokawa, K.Nogi, M.Naiot, T.Yokoyama: Nanoparticle Technology Handbook, Elsevier, Amsterdam, 2007.
3. S.C.Tjong: Carbon Nanotube Reinforced Composites - Wiley-VCH, 2009, 228 pp.
4. K.U.Kainer: Metal Matrix Composites - Wiley-VCH, 2003, 314 pp.
5. “Nanokompozitok” című PPT file,

## Kommunikációs dosszié a

### Nano-porok

című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nano-porok	Anyagmérnök MSc	negyedik
	Nanotechnológia Szakirány	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás + laborgyakorlat	2 + 1	3

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Czél György egyetemi docens.

**Egyetem/Kar/Intézet/Tanszék:** Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Anyagtudományi Intézet, Polimertechnológiai Tanszék.

**A kurzus státusza a tanulmányi programon belül:** Az anyagmérnöki mesterképzésben (MSc) a Nanotechnológia kiegészítő szakirányt választó hallgatók számára kötelező szakirányos tantárgy.

**A kurzus célja,** hogy megismertesse a hallgatókat a 100 nm-nél kisebb szemcseméretű diszperz rendszerekkel, melyeket definíció szerint nano-poroknak nevezünk.

**A kurzus leírása:** 2 óra előadás + 1 óra laborgyakorlat.

**A kreditpontok megszerzésének követelményei:** A félév során egy ZH-t írnak a hallgatók, maximum 18 pontért. Emellett egy önálló portechnológiai keverési feladatot kapnak, amelynek eredményét és a gyakorlat menetét jegyzőkönyvben rögzítik. Erre a gyakorlati feladatra szintén 18 pontot kaphat maximálisan a hallgató. A hallgató nem vizsgázik, gyakorlati jegyét az elméleti felkészültség és a gyakorlati eredményesség együtt (a ZH és a feladat jegyzőkönyv minősítésének átlaga) határozza meg. Elégségesnél jobb érdemjegy a teljesített feladatok minőségével áll összefüggésben. A minőséget a megszerzett pontszám jelzi, azaz számonkérésenként 11-12 pont elégséges, 13-14 pont közepes, 15-16 pont jó, 17-

18 jeles. Az elégséges gyakorlati jegy feltétele minimálisan 11+11=22 pont megszerzése, tehát a tananyag minimálisan 60 %-os elsajátítása. Ez egyben a kredit odaítélésének a feltétele is.

**Oktatási módszer:** előadáson PPT file, a laborban laboreszközökkel, interaktívan

**Előfeltételek:** Érvényes vizsgajegy a „Határfelületek a nanovilágban”, a „Nanoanyagok szerkezetvizsgálata”, a „Nanoszerkezetek képlékenyalakítással” és a „Nano-kompozitok” c. tantárgyakból.

**Ajánlott irodalom:**

1. Czvikovszky-Nagy-Gaál A polimertechnika alapjai (Műegyetemi Kiadó, Budapest,2000)
2. Csanády – Kálmán-Konczos: Bevezetés a nanoszerkezetanyagok világába, Elte Eötvös Kiadó 2009
3. Reithmaier- Petkov- Kulisch- Popov. Nanostructured materials for Advanced Technological Applications, Springer.
4. Zheng Cui: Nanofabrication, Springer,
5. Igor Linkov-Jeffery Steevens: Nanomaterials: Risk and Benefits, Springer.
6. M.Hosokawa, K.Nogi, M.Naiot, T.Yokoyama: Nanoparticle Technology Handbook, Elsevier, Amsterdam, 2007.
7. “Nanoporok feldolgozása” című PPT file.

**Tananyagleírás a**  
**Nano-anyagok**  
című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nanoanyagok	Anyagmérnök BSc	negyedik
	Törzsanyag	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás	3	3

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Baumli Péter, egyetemi adjunktus

**A tananyag rövid leírása heti bontásban:**

1. Kolloid rendszerek áttekintése
2. Határfelületi jelenségek a kolloid rendszerekben
3. Nano anyagok tulajdonságai I. (mechanikai, mágneses)
4. Nanoanyagok tulajdonságai II. (optikai, termikus, elektromos)
5. Nanorendszerek vizsgálata: SEM, TEM, AFM, fényszórás mérés, gázadszorpció
6. Nanoanyagok előállítása gőz/gáz fázisból
7. Nano részecskék előállítása vizes közegből redukcióval
8. Nano részecskék előállítása mikro-emulzióval
9. Habok, kompozitok előállítása és stabilizálása
10. Nanopórusos anyagok
11. Nanoszemcsék alkalmazása, liposzómák, micellák
12. Nanocsövek előállítása, alkalmazása
13. Összefoglalás
14. ZH-k, beszámolók.



**Tananyagleírás a**  
**Határfelületek a nanovilágban**  
című tantárgyhoz

A tantárgy/kurzus címe:	A tantárgy/kurzus adatai:	Félév:
Határfelületek a nanovilágban	Anyagmérnök MSc	első
	Nanotechnológiai szakirány	
Kurszus típusa:	Óraszám/hét:	Kreditek száma:
Előadás+számolási gyakorlat	3 + 1	4

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Kaptay György, egyetemi tanár

**A tananyag rövid leírása heti bontásban:**

1. Bevezetés – a fajlagos felület, nanoanyagok definíciója.
2. A határfelületi energia termodinamikai és mechanikai értelmezése és a fázisok átlagos energiája a határfelület figyelembe vételével
3. A határfelület létének következményei I. (folyadékcsepp és kristály alakja és mérete)
4. A határfelület létének következményei II. (szuperhidrofóbia, adszorpció, szegregáció)
5. A határfelület létének következményei III. (Marangoni áramlás, felületi fázisátalakulás, csíráképződés)
6. Nano anyagok egyensúlya (gőznyomás, olvadáspont, forráspont, oldhatóság, fázisdiagramok)
7. Határfelületi erők I. (általános képlet, a határfelületi összehúzó erő)
8. Határfelületi erők II. (görbület indukálta határfelületi erő, a határfelületi gradiens erő)
9. Határfelületi erők III. (a határfelületi szétterítő erő, a határfelületi kapilláris erő)
10. Határfelületi erők IV. (a határfelületi meniszkusz erő, a fluidumhíd indukálta határfelületi erő)
11. Határfelületi erők V. (a határfelületi adhéziós erő, a határfelületi erők osztályozása)
12. A határfelületi energiák I. (felületi feszültség modell)
13. A határfelületi energiák II. (felületi feszültség koncentrációfüggése)
14. A határfelületi energiák III. (felületi fázisátalakulás modellezése)

**Tananyagleírás a**  
**Nano-anyagok szerkezetvizsgálata**  
című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nano-anyagok szerkezetvizsgálata	Anyagmérnök MSc	második
	Nanotechnológia Szakirány	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás + laborgyakorlat	1 + 3	4

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Baumli Péter, egyetemi adjunktus

**A tananyag rövid leírása heti bontásban:**

1. Minta előkészítés
2. Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM) I. (optikai alapok)
3. Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM) II. (képalkotás)
4. Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM) III. (elektronsugaras röntgenanalízis)
5. Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM) I. (speciális mintaelőkészítés)
6. Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM) I. (speciális mintaelőkészítés)
7. Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM) II. (működési elv. Kristálytani alapok)
8. Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM) III. (elektron diffrakció)
9. Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM) IV. (HRTEM)
10. Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM) V. (Orientációs térképezés)
11. Röntgen pordiffraktometria (XRD) I. (diffrakciós alapok)
12. Röntgen pordiffraktometria (XRD) II. (méréstechnikák)
13. Pásztázó tűszondás mikroszkópia (AFM) (fizikai alapok)
14. Pásztázó tűszondás mikroszkópia (AFM) (mérési algoritmusok)

**Tananyagleírás a**  
**Nano-szerkezetek képlékenyalakítással**  
című tantárgyhoz

A tantárgy/kurzus címe:	A tantárgy/kurzus adatai:	Félév:
Nano-szerkezetek képlékenyalakítással	Anyagmérnök MSc	harmadik
	Nanotechnológia Szakirány	
Kurzus típusa:	Óraszám/hét:	Kreditek száma:
Előadás + laborgyakorlat	2 + 1	3

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Krállics György, egyetemi docens

**A tananyag rövid leírása heti bontásban:**

1. Bevezetés az intenzív képlékeny alakítás (IKA) technológiájába,
2. Anyagszerkezeti változások az intenzív képlékeny alakítás során,
3. Az IKA mechanikai alapjai,
4. Könyöksajtolás folyamatai,
5. Nagynyomású csavarás,
6. Csavaró extrudálás,
7. Többirányú kovácsolás,
8. Hengerlési eljárások,
9. Röntgen diffrakciós mikroszerkezet vizsgálat,
10. Szuperképlékenység,
11. Porkohászati technológiák,
12. Tömbi nanoanyagok tulajdonságai (mágneses, diffúziós, stb..),
13. Tömbi amorf fémek nano-kristályosítása hőkezeléssel,
14. Gariens nano-anyagok.

**Tananyagleírás a**  
**Nano-kompozitok**  
című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nano-kompozitok	Anyagmérnök MSc	harmadik
	Nanotechnológia Szakirány	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás + laborgyakorlat	2 + 1	3

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Gácsi Zoltán egyetemi tanár és Pázmán Judit tudományos munkatárs

**A tananyag rövid leírása heti bontásban:**

1. Diszperz fázissal erősített nano-kompozitok I. (részecske erősítés, Al-mátrix),
2. Diszperz fázissal erősített nano-kompozitok II. (részecske erősítés, Ti-mátrix),
3. Diszperz fázissal erősített nano-kompozitok III. (részecske erősítés, Mg-mátrix),
4. Diszperz fázissal erősített nano-kompozitok IV. (részecske erősítés, Cu-mátrix),
5. Diszperz fázissal erősített nano-kompozitok V. (részecske erősítés, keményfém-mátrix),
6. Wishker erősítésű nano-kompozitok I. (Al/SiC<sub>w</sub>, Al/Si<sub>4</sub>N<sub>3w</sub>, Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3w</sub>),
7. Wishker erősítésű nano-kompozitok II. (vágott, rövidszálas kompozitok),
8. Wishker erősítésű nano-kompozitok III. (hibrid kompozitok),
9. Folytonos erősítésű nano-kompozitok I. (üvegszál és karbonszál),
10. Folytonos erősítésű nano-kompozitok II. (grafitszál és szilíciumkarbidszál),
11. Réteges nano-kompozitok I. (méhsejt-szerkezetű),
12. Réteges nano-kompozitok II. (paplan, szőtt köteg-erősítésű),
13. Öntészeti módszerrel előállított nano-kompozitok (Kompoöntés, infiltráció),
14. Porkohászati technológiával gyártott nano-kompozitok (hidegsajtolás, meleg-sajtolás, izosztikus sajtolás).

## Tananyagleírás a

### Nano-porok

című tantárgyhoz

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus adatai:</b>	<b>Félév:</b>
Nano-porok	Anyagmérnök MSc	negyedik
	Nanotechnológia Szakirány	
<b>Kurzus típusa:</b>	<b>Óraszám/hét:</b>	<b>Kreditek száma:</b>
Előadás + laborgyakorlat	2 + 1	3

**Tárgyfelelős és előadó:** Dr. Czél György egyetemi docens.

#### A tananyag rövid leírása heti bontásban:

1. A nanotermékek mérete és osztályozása a feldolgozhatóság szempontjából,
2. Nanoporok előállítási technológiai építéssel PVD és CVD technológiák,
3. Termékelőállítás fotonok segítségével, lenyomatkészítéssel hőpréseléses nanonyomtatás,
4. Szén nanocsövek előállítási technológiai,
5. Nanoméretű termékelőállítás méretcsökkentéssel,
6. Őrlés aprítás technológiai. A nagyfinomságú őrlés berendezései,
7. A nagyfinomságú termékek osztályozásának lehetőségei, koloidok előállítása,
8. Nanotermékek keverése és elegyítése plasztikus állapotban,
9. Nanoporok tárolása, előkészítése feldolgozásra, biztonságtechnikai szabályok,
10. A képlékeny állapotban történő alakadás elmélete, reológiája,
11. A nanoporral adalékolt termék előállításának technológiai, extrúzió, kalanderezés,
12. A nanoporral adalékolt termék előállítása fröccsöntéssel,
13. Nanoporok élettani hatásai,
14. Összefoglalás, ellenőrzés.