



## TANTÁRGYI ADATLAP

### I. TANTÁRGYLEÍRÁS

#### 1 ALAPADATOK

1.1 *Tantárgy neve (magyarul, angolul)*

Monte Carlo módszerek, **Monte Carlo Methods**

1.2 *Azonosító (tantárgykód)*

**BMETE80BE04**

1.3 *A tantárgy jellege*

kontaktórás tanegység

1.4 *Kurzustípusok és óraszámok (heti/féléves)*

kurzustípus	óraszám (heti)	jelleg (kapcsolt/önálló)
előadás (elmélet)	2	
gyakorlat	1	kapcsolt
laboratóriumi gyakorlat	0	

1.5 *Tanulmányi teljesítményértékelés (minőségi értékelés) típusa*

félévközi érdemjegy

1.6 *Kreditszám*

4

1.7 *Tantárgyfelelős*

neve: Dr. Fehér Sándor  
beosztása: egyetemi docens  
elérhetősége: [fehers@reak.bme.hu](mailto:fehers@reak.bme.hu)

1.8 *Tantárgyat gondozó oktatási szervezeti egység*

Nukleáris Technika Tanszék

1.9 *A tantárgy weblapja*

<http://www.reak.bme.hu/oktatas>

1.10 *A tantárgy oktatásának nyelve*

magyar

1.11 *A tantárgy tantervi szerepe, ajánlott féléve*

szabadon választható az energetikai mérnöki alapképzési (2N-AE0) szakon (ajánlott féléve: 5.)

1.12 *Közvetlen előkövetelmények*

Erős előkövetelmény: Matematika 1 (BMETE...)  
Gyenge előkövetelmény: nincs  
Párhuzamos előkövetelmény: nincs  
Kizáró feltételek: Monte Carlo módszerek (BMETE80AF07, BMETE80AF39, BMETE80MF41)

1.13 *A tantárgyleírás érvényessége*

Jóváhagyta a Gépészmérnöki Kar Tanácsa ... számú határozatával, érvényes 2017. szeptember 1-től visszavonásig

## 2 CÉLKITŰZÉSEK ÉS TANULÁSI EREDMÉNYEK

### 2.1 Célkitűzések

A tantárgya célja, hogy megismertesse a hallgatókkal a Monte Carlo módszerek alapvető fogalmait, és betekintést nyújtson a számítógéppel előállított véletlenszám-sorozatokon alapuló sztochasztikus szimulációs eljárásoknak a műszaki területeken való alkalmazási és felhasználási lehetőségeibe. A tantárgy a szemléltető példáit elsősorban a részecsketranszport-számítás témaköréből veszi. A tárgy hallgatói képessé válnak egyszerűbb és összetettebb Monte Carlo elvű számítógépi programok kifejlesztésére, továbbá a nukleáris energetika bizonyos területein (pl. reaktorfizika, sugárvédelem és nukleáris mérés technika területén) használatos, nemzetközileg ismert Monte Carlo kódok tudatos és hatékony alkalmazására.

### 2.2 Tanulási eredmények

A tantárgy sikeres teljesítésével elsajátítható kompetenciák

#### A. Tudás

A tárgy hallgatója megismeri az alábbi fogalmakat, módszereket, eljárásokat és számítási technikákat:

1. „Valódi véletlen” és kvázi-véletlen számok. Fizikai és algoritmikus véletlenszám-generátorok, előnyeik, hátrányaik. Egyenletes eloszlású véletlen számok generálása. Klasszikus és modern módszerek, multiplikatív és kevert kongruenciális eljárás, egyéb algoritmusok. A véletlenszám-sorozat periodicitása és aperiodikus szakasza.
2. Véletlen számsorozat adott eloszlásnak való megfelelését vizsgáló próbák (illeszkedésvizsgálat,  $\chi^2$ -próba). Empirikus próbák a véletlen számsorozat egyenletességének és függetlenségének vizsgálatára. Egy- és több-dimenziós gyakoriság-próbák. Számjegy-gyakoriság teszt. Póker-próba, hézag-próba, futam-próba. Részsorozat-próbák.
3. Diszkrét eloszlású valószínűségi változók mintavételezése Monte Carlo módszerrel. Technikák a mintavételezés gyorsítására.
4. Valószínűség-sűrűségfüggvénnyel adott folytonos eloszlású valószínűségi változók mintavételezésére szolgáló különféle eljárások. Inverz-eloszlásfüggvény módszer, Neumann-féle elfogadás-elvetés (rejekciós) módszer. A rejekciós eljárás hatásfoka, hatásfok-javítási technikák. Kompozíciós módszer és annak alkalmazása közelítőleg egyenletes eloszlású valószínűségi változók hatékony mintavételezésére. Táblázatos mintavételezési módszerek és az általuk megvalósított közelítés értékelése az inverz-eloszlásfüggvény analógia alapján.
5. Az általánosított rejekciós módszer és annak alkalmazása a normális eloszlás pontos mintavételezésére. A normális eloszlás közelítő mintavételezése kanonikus eloszlású véletlen számok összegzésén keresztül.
6. Térben izotróp irányeloszlás mintavételezése (1) a gömb ekvidisztáns síkokkal való szeletelésére vonatkozó tétel alapján; (2) normális eloszlású iránykomponensek felhasználásával; (3) az egységsugarú gömböt érintő kockán belüli térben egyenletesen eloszló pontok gömbön kívüli hányadának rejekciójával; (4) Marsaglia módszerével. A sík normálisához képest koszinuszos irányeloszlás mintavételezése.
7. Síkban izotróp irányeloszlás mintavételezésére szolgáló eljárások. A rejekciós eljárás gyorsítása a duplaszögek módszerével.
8. A részecske-transzport szimulálása Monte Carlo módszerrel. Analóg és nem-analóg lejátszás. A részecskéhez rendelt Monte Carlo paraméterek. A részecske-transzport program főbb komponensei. A részecske-transzport szimuláció ütközési rutinja, ütközés utáni irány sorsolása.
9. Szabad úthossz modellezése homogén, szakaszosan homogén és inhomogén közegben (Woodcock-módszer).
10. A Compton-szóródás modellezése Monte Carlo módszerrel. A Klein-Nishina szögeloszlás transzformálása a foton energiavesztésének arányára. Carlson, Kahn és Koblinger módszere.
11. Szóráscsökkentő eljárások a részecske-transzport szimulációjánál. A statisztikai súly, a térbeli fontosság, az orosz rulett és a trajektóriák felhasználásának módszere.
12. Sokváltozós függvény értékének interpolálása Monte Carlo módszerrel.

#### B. Képesség

1. képes analitikusan nem vagy nehezen leírható sztochasztikus rendszerek Monte Carlo elvű modellezhetőségének felismerésére, ilyen modellek kifejlesztésére,
2. képes egyszerű Monte Carlo elvű algoritmusok összeállítására, ennek megfelelő számítógépi program létrehozására, a számítások elvégzésére és az eredmények statisztikai értékelésére,
3. képes mások által fejlesztett, validált Monte Carlo részecske-transzport programok tudatos és hatékony használatára.

### C. Attitűd

1. együttműködik az ismeretek bővítése során az oktatóval és hallgatótársaival,
2. nyitott az információtechnológiai eszközök használatára,
3. törekszik a pontos és hibamentes feladatmegoldásra,
4. törekszik a modern számítógépek nyújtotta, gyakran kihasználatlan numerikus kapacitás Monte Carlo módszerekkel történő hasznosítására olyan esetekben, amikor az analitikus megközelítés nehézségekbe ütközik.

### D. Önállóság és felelősség

1. egyes helyzetekben – csapat részeként – együttműködik hallgatótársaival a feladatok megoldásában,
2. gondolkozásában a rendszerelvű megközelítést alkalmazza.

## 2.3 Oktatási módszertan

---

Előadások, számítógépes laboratóriumi gyakorlatok, kommunikáció írásban és szóban, IT eszközök és technikák használata, számítógépi programok önálló fejlesztése.

## 2.4 Tanulástámogató anyagok

---

### a) Tankönyvek

1. Alireza Haghghat: Monte Carlo Methods for Particle Transport; CRC Press, 2014, ISBN 9781466592537
2. Stephen A. Dupree and Stanley K. Fraley: A Monte Carlo Primer - A Practical Approach to Radiation Transport; Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2002
3. I. Lux, L. Koblinger: Monte Carlo Particle Transport Methods: Neutron and Photon Calculations CRC Press, Boca Raton (1991);  
Letölthető: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.8215&rep=rep1&type=pdf>

### b) Letölthető anyagok

1. Feladatsorok és segédanyagok a tárgy számítógépes laboratóriumi gyakorlatához:  
<http://www.reak.bme.hu/munkatarsak/nagy-lajos/oktatas/monte-carlo-modszerek.html>

## II. TANTÁRGYKÖVETELMÉNYEK

### 3 A TANULMÁNYI TELJESÍTMÉNY ELLENŐRZÉSE ÉS ÉRTKELÉSE

#### 3.1 Általános szabályok

---

A 2.2. pontban megfogalmazott tanulási eredmények értékelése egy évközi házi feladat, továbbá a gyakorlatokon tanúsított aktív részvétel (részteljesítmény értékelés) és a félévvégi összegző tanulmányi értékelés alapján történik. A félévvégi tanulmányi értékelés módját illetően a hallgató kétféle lehetőség közül választhat: (1) összefoglaló zárthelyi dolgozat írása, (2) önálló programfejlesztés évközben meghirdetett számítási feladatra, számítások végzése a programmal, az eredmények értékelése, továbbá a program és az eredmények írásos bemutatása.

#### 3.2 Teljesítményértékelési módszerek

---

A. Szorgalmi időszakban végzett teljesítményértékelések részletes leírása:

1. *Részteljesítmény értékelés (házi feladat):* A szorgalmi időszak 6. hetében minden hallgató egyéni programfejlesztési házi feladatot kap a véletlen számsorok generálása és tesztelése témaköréből. A feladat megoldása átlagosan 5-10 óra munkát igényel. A házi feladat beadásának határideje a szorgalmi időszak 9. hetének vége. Az elkészült programról és azzal történt számításokról szóló írásos beszámolót a tárgy előadója és gyakorlatvezetője együttesen értékeli ki.
2. *Összegző tanulmányi teljesítményértékelés:* a félévvégi tanulmányi teljesítményértékelés kétféleképpen történhet: (1) zárthelyi dolgozat formájában, vagy (2) önálló programfejlesztés és a programmal végzett számítások kiértékelése és írásos bemutatása útján.
  - (1) A zárthelyi dolgozat alapvetően a megszerzett ismeretek alkalmazására fókuszál, így a problémafelismerést és -megoldást helyezi a középpontba. Ennek megfelelően elsősorban gyakorlati (algoritmus-alkotási) feladatokat kell megoldani a teljesítményértékelés során. Emellett a dolgozat kifejtős és teszt-jellegű feladatokat is tartalmaz. A dolgozatírás a szorgalmi időszak 13. vagy 14. hetében a gyakorlaton történik. A rendelkezésre álló munkaidő 120 perc.
  - (2) A programfejlesztési feladat részletes meghirdetésére a szorgalmi időszak 10. vagy 11. hetében kerül sor. A programot tetszőleges nyelven meg lehet írni, de a forrásnyelvi kódot is be kell adni. A programmal elvégzendő számításokat a kiírás határozza meg. A fejlesztés átlagosan 3-4 napi munkaidőt

igényel. A programról és a számításokról rövid írásbeli összefoglalót („jegyzőkönyvet”) kell készíteni. A forrásnyelvi program és a „jegyzőkönyv” a szorgalmi időszak utolsó napján 16:00 óráig adható be vagy elektronikus formában 23:59-ig küldhető meg. A hallgató teljesítményét a tárgy előadója és gyakorlatvezetője együttesen értékeli ki.

3. *Részteljesítmény értékelés (aktív részvétel):* a tantárgy tudás, képesség, attitűd, valamint önállóság és felelősség típusú kompetenciaelemeinek egyszerűsített értékelési módja, melynek megjelenési formája a felkészült megjelenés és tevékeny részvétel a gyakorlat folyamatában, felkérésre vezetett példamegoldás a hallgatók előtt. Az egységes értékelési elveket a tantárgy előadója és gyakorlatvezetője együttesen határozza meg.

### 3.3 Szorgalmi időszakban végzett teljesítményértékelések részaránya a minősítésben

típus	részarány
Részteljesítmény értékelés (évközi házi feladat)	15%
Részteljesítmény értékelés (aktív részvétel gyakorlaton)	5%
Szorgalmi feladatok	(10%)
Összegző tanulmányi teljesítményértékelés: (1) félévvégi zárthelyi dolgozat, vagy (2) önálló programfejlesztés és a programmal végzett számítások kiértékelése, rövid leírása.	80%
összesen:	100%+

A „+” azt jelenti, hogy szorgalmi feladatokkal 100%-nál nagyobb érték is elérhető.

### 3.4 Érdemjegy megállapítás

érdemjegy • [ECTS minősítés]	pontszám
jeles(5) • Excellent [A]	90% felett
jeles(5) • Very Good [B]	85–90%
jó(4) • Good [C]	72,5–85%
közepes(3) • Satisfactory [D]	65–72,5%
elégséges(2) • Pass [E]	50–65%
elégtelen(1) • Fail [F]	50% alatt

Az egyes érdemjegyeknél megadott alsó határérték már az adott érdemjegyhez tartozik.

### 3.5 Javítás és pótlás

- 1) Az évközi házi feladat – szabályzatban meghatározott díj megfizetése mellett – késedelmesen a pótlási időszak utolsó napján 16:00 óráig adható be vagy elektronikus formában 23:59-ig küldhető meg.
- 2) A beadott és elfogadott házi feladat a 1) pontban megadott határidőig és módon díjmentesen javítható.
- 3) Az aktív részvétel – jellegéből adódóan – nem pótolható, nem javítható, továbbá más módon nem kiváltható vagy helyettesíthető.
- 4) A félévvégi összegző tanulmányi teljesítményértékelés első formája (zárthelyi dolgozat) a pótlási időszakban díjmentesen pótolható vagy javítható. Javítás esetén a korábbi és az új eredmény közül a hallgató számára kedvezőbbet vesszük figyelembe.
- 5) A félévvégi összegző tanulmányi teljesítményértékelés második formája (programfejlesztés, számítások és azok értékelése) a pótlási időszakban díjmentesen pótolható vagy javítható. Javítás esetén a korábbi és az új eredmény közül a hallgató számára kedvezőbbet vesszük figyelembe.

3.6 A tantárgy elvégzéséhez szükséges tanulmányi munka

---

Tevékenység	óra/félév
részvétel a kontakt tanórákon	14×3=42
félévközi készülés a gyakorlatokra	14×2=28
felkészülés a teljesítményértékelésekre	40
házi feladat elkészítése	10
vizsgafelkészülés	0
<b>összesen</b>	<b>120</b>

3.7 Jóváhagyás és érvényesség

---

Jóváhagyta ..., érvényes 2017. szeptember 1-től visszavonásig