



## TANTÁRGYI ADATLAP

### I. TANTÁRGYLEÍRÁS

#### 1. ALAPADATOK

1.1. *Tantárgy neve (magyarul, angolul)*

Haladó termodinamika • Advanced Thermodynamics

1.2. *Azonosító (tantárgykód)*

BMEGEENWAT

1.3. *A tantárgy jellege*

kontaktórási tanegység

1.4. *Kurzustípusok és óraszámok (heti/féléves)*

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

1.5. *Tanulmányi teljesítményértékelés (minőségi értékelés) típusa*

vizsga

1.6. *Kreditszám*

4

1.7. *Tantárgyfelelős*

neve:	Dr. Fülöp Tamás Attila
beosztása:	egyetemi docens
elérhetősége:	fulop@energia.bme.hu

1.8. *Tantárgyat gondozó oktatási szervezeti egység*

Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék (<http://www.energia.bme.hu/>)

1.9. *A tantárgy weblapja*

[ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/Advanced\\_Thermodynamics\\_BMEGEENWAT](ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/Advanced_Thermodynamics_BMEGEENWAT)

1.10. *A tantárgy oktatásának nyelve*

angol

1.11. *A tantárgy elsődleges mintatantervi jellege*

kötelező

1.12. *Közvetlen előkövetelmények*

Erős előkövetelmény:	-
Gyenge előkövetelmény:	-
Párhuzamos előkövetelmény:	-
Mérföldkő típusú előkövetelmény:	-
Kizáró feltételek:	BMEGEENMWAT

(nem vehető fel a tantárgy, ha korábban teljesítette az alábbi tantárgyak vagy tantárgycsoportok bármelyikét)

## 2. CÉLKITŰZÉSEK ÉS TANULÁSI EREDMÉNYEK

### 2.1. Célkitűzések

A tantárgy célja megismertetni a hallgatókat a termodinamika bevezető szinten túli fogalmaival, analitikus és numerikus számítási módjaival, a termodinamikai modellezés szintjeivel, az entrópia és az aszimptotikus stabilitás kapcsolatával, a termodinamikai fázisok leírásával, a folyamatcentrikus megközelítéssel, a termodinamika mechanikával való kapcsolódási pontjaival, és általánosan hasznos modellezési, sajátlépték-választási és kézi+számítógépes számítási képességekkel.

### 2.2. Tanulási eredmények

A tantárgy sikeres teljesítésével elsajátítható kompetenciák:

#### A. Tudás

- Tisztában van a termodinamikai modellezés szintjeivel, az idő- és helyfüggés figyelembe vételének módjaival.
- Tájékozott a van der Waals- és bonyolultabb közegmodellek körében.
- Birtokában van az állapotegyenletekből és mérésekből származtatható információk egymásba alakításának módjainak (változótranszfomációk, Maxwell- és Gibbs-Helmholtz-relációk).
- Tisztában van a kritikus pont, a spinodális, binodális és fázishatár-görbék meghatározásával.
- Azonosítja a termodinamikai és más modellek sajátléptékeit, ezáltal a szabad változók csökkentésének módját, így a vizsgálat hatékonyabbá tételének módját.
- Meghatározza a metastabil, negatív nyomású és szuperkritikus tartományokra jellemző közegviselkedéseket.
- Tájékozott az állapotdiagramok és fázisdiagramok felépítésében és használatának módjában.
- Átlátja a diszkrét termodinamikai rendszerek folyamatait leíró közönséges differenciálegyenlet-rendszert.
- Tájékozott az összentrópia mint Ljapunov-függvény szerepében e differenciálegyenlet-rendszer aszimptotikus stabilitási vizsgálatában.
- Általános szinten is ismeri a Ljapunov-technikát nemlineáris problémák stabilitásvizsgálatában.
- Értelmezi a Reitlinger–Chambadal–Novikov–Curzon–Ahlborn-hőerőgépet és a termodinamikai modellezésben való jelentőségét.
- Tudomása van a termodinamikai belső változók nyújtotta modellezési lehetőségekről.
- Ismeri a kontinuum-termodinamikai leírás alapelveit.
- Tisztában van a termodinamikai modellek korlátaival, a közelítések-egyszerűsítések jellegével, mértékével és a modelltől kapott eredményre való kihatásukkal.

#### B. Képesség

- Képes adott termodinamikai problémához megfelelő szintű modellezési mód megválasztására.
- Azonosítja a helyzetnek megfelelő (van der Waals- vagy bonyolultabb) közegmodellt.
- Alkalmazza az állapotegyenletekből és mérésekből származtatható információk egymásba alakítását (változótranszfomációk, Maxwell- és Gibbs-Helmholtz-relációk).
- Meghatározza a kritikus pontot, a spinodális, a binodális és a fázishatár-görbét.

- Képes termodinamikai és más modellek sajátléptékeinek felismerésére, ezáltal a szabad változók csökkentésére, így a vizsgálat hatékonyabbá tételére.
- Azonosítja a metastabil, negatív nyomású és szuperkritikus tartományokra jellemző közegviselkedéseket.
- Kiszámítja az állapotdiagramokat és fázisdiagramokat.
- Alkalmazza a diszkrét termodinamikai rendszerek folyamatait leíró közönséges differenciálegyenlet-rendszert.
- Alkalmazza az összentrópiát mint Ljapunov-függvényt e differenciálegyenlet-rendszer aszimptotikus stabilitási vizsgálatában.
- Általános szinten is felhasználja a Ljapunov-technikát nemlineáris problémák stabilitásvizsgálatában.
- Működteti a Reitlinger–Chambadal–Novikov–Curzon–Ahlborn-hőerőgép modelljét a termodinamikai modellezés keretében.
- Használja a termodinamikai belső változókat mint modellezési lehetőségeket.
- Működteti a kontinuum-termodinamikai leírás alapelveit.
- Azonosítja a termodinamikai modellek korlátait, a közelítések-egyszerűsítések jellegét, mértékét és a modellből kapott eredményre való kihatásukat.

### C. Attitűd

- Munkáját, eredményeit és következtetéseit folyamatosan ellenőrzi.
- Folyamatos ismeretszerzéssel bővíti a termodinamikai modellezéssel kapcsolatos tudását.
- Nyitott az információtechnológiai eszközök használatára.
- Törekszik a termodinamikai problémamegoldáshoz szükséges eszközrendszer megismerésére és rutinszerű használatára.
- Fejleszti a pontos és hibamentes feladatmegoldást, a mérnöki precizitást és szabatoságot szolgáló képességeit.
- Nyitott a módszeres és elemző gondolkodásra, a lényeglátásra, az intellektuális feszességre.

### D. Önállóság és felelősség

- Együttműködik az ismeretek bővítése során az oktatókkal és hallgatótársaival.
- Elfogadja a megalapozott kritikai észrevételeket és a jobbító javaslatokat.
- Önállóan végzi a termodinamikai feladatok és problémák végiggondolását és adott források alapján történő megoldását.
- Elkötelezett a módszeres, szabatos gondolkodás iránt.
- Elkötelezett a modell-elvű és a tudásszintek viszonyán alapuló felfogás iránt.

### 2.3. Oktatási módszertan

---

A tantárgy oktatása során az előadások és gyakorlatok egyaránt motiválják a hallgatókat az órán történő - értő - saját jegyzetelésre, az órai aktivitásra, a konzultációra, a bátor angol nyelvű kommunikációra, saját órai jegyzetének felhasználására, az online jegyzet követésére. Az előadás az általános elvek mellett szemléltető célú példákat is bemutat. A gyakorlat technikai konkrétumokba menve segíti elő az ismeretek alkalmazását és készség szintű elsajátítását.

### 2.4. Tanulástámogató anyagok

---

#### a) Tankönyvek

- Herbert B. Callen, Thermodynamics and an introduction to thermostatics, Wiley, 1995, New York, ISBN 978-0-471-86256-7
- S. R. De Groot and P. Mazur, Non-equilibrium thermodynamics, Dover, 2011, New York, ISBN 978-0486647418
- T. Matolcsi, Ordinary thermodynamics, Society for the Unity of Science and Technology, 2017, Budapest, ISBN 978-615-80157-2-1

b) Jegyzetek

T. Fülöp, Chapters in thermodynamics, 2020,

[ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/Advanced\\_Thermodynamics\\_BMEGEENNWAT](ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/Advanced_Thermodynamics_BMEGEENNWAT)

c) Letölthető anyagok

[ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/Advanced\\_Thermodynamics\\_BMEGEENNWAT](ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/Advanced_Thermodynamics_BMEGEENNWAT)

*2.5. A tantárgyleírás hatályossága*

---

Hatályosság kezdete:

2019. szeptember 1.

Hatályosság vége:

2025. július 15.

## II. TANTÁRGYKÖVETELMÉNYEK

### 3. A TANULMÁNYI TELJESÍTMÉNY ELLENŐRZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

#### 3.1 Általános szabályok

Egyrészt, a szorgalmi időszakban írnak egy nagy-zh-t, 90 perceset, mely 35% súllyal számít a vizsgajegybe. Ehhez van egy pót-zh, szintén a szorgalmi időszakban, ahol rontani nem ronthatnak. Másrészt, a vizsgaidőszakban írásbeli vizsgát tesznek, 90 perceset, mely 65% súllyal számít a vizsgajegybe. Harmadrészt, az előadásokon, gyakorlatokon és konzultációkon való munkájuk (hozzászólásaik, észrevételeik, kérdéseik) alapján kapnak max. 10%-ot. Az aláíráshoz legalább 70% előadás-jelenlét és legalább 40% félévközi eredmény kell.

#### 3.2 Teljesítményértékelési módszerek

##### A. Szorgalmi időszakban végzett teljesítményértékelések részletes leírása

###### 1. Évközi teljesítményértékelés

típusa: összegző (szummatív) értékelés

darabszáma:1

célja, leírása:Az összegző teljesítményértékelés a tudás és képesség típusú kompetenciaelemek komplex, írásos értékelési módja zárthelyi dolgozat formájában, a dolgozat alapvetően a megszerzett ismeretek alkalmazására fókuszál, így a problémafelismerést és -megoldást helyezi a középpontba, azaz gyakorlati (számítási) feladatokat kell megoldani a teljesítményértékelés során, a rendelkezésre álló munkaidő 90 perc. A gyakorlati (számítási) feladatokra való felkészüléshez gyakorló feladatsort kapnak a hallgatók.

###### 2. Évközi teljesítményértékelés

típusa: részteljesítmény (formatív) értékelés, egyszerű

darabszáma:1

célja, leírása:Az évközi aktivitást mérő teljesítménymérés a tudás, képesség, attitűd, valamint önállóság és felelősség típusú kompetenciaelemek egyszerűsített értékelési módja, melynek megjelenési formája a felkészült megjelenés és tevékeny részvétel az előadásokon, a gyakorlatokon és a konzultációkon. A félév során elhangzott jó hozzászólások, észrevételek, kérdések összesített száma alapján járnak többletpontok.

##### B. Vizsgaidőszakban végzett teljesítményértékelés (vizsga, ha releváns)

A vizsga elemei:

###### 1. írásbeli részvizsga

kötelezettség: kötelező (rész)vizsgaelem, de elégtelen teljesítése önmagában még nem von maga után elégtelen(1) vizsgaérdemjegyet

leírás: A tantárgy tudás és képesség típusú kompetenciaelemeinek komplex, írásos értékelési módja; alapvetően a megszerzett ismeretek alkalmazására fókuszál, így a problémafelismerést és -megoldást helyezi a középpontba, azaz elsősorban gyakorlati (számítási) feladatokat kell megoldani a teljesítményértékelés során; a rendelkezésre álló munkaidő 90 perc. A gyakorlati (számítási) feladatokra való felkészüléshez gyakorló feladatsort kapnak a hallgatók.

###### 2. szóbeli részvizsga

-

###### 3. gyakorlati részvizsga

-

###### 4. évközi eredmények beszámítása

kötelezettség: a hallgató választása szerinti opcionális (rész)vizsgaelem, a más részvizsga alapján megajánlott vizsgaérdemjegy korlátozottan módosulhat

leírás: Az évközi értékelés eredménye hozzáadódik az írásbeli vizsga eredményéhez: az írásbeli vizsga 65% súllyal számít, a zh 35% súllyal, az aktivitás-pontok 10% súllyal. Tehát az évközi értékelés eredménye hozzáadódik az írásbeli vizsga eredményéhez: az írásbeli vizsga 65% súllyal számít, a zh 35% súllyal, az aktivitás-pontok 10% súllyal. Vagyis az évközi értékelés eredménye hozzáadódik az írásbeli vizsga eredményéhez: az írásbeli vizsga 65% súllyal számít, a zh 35% súllyal, az aktivitás-pontok 10% súllyal.

### 3.3 Szorgalmi időszakban végzett teljesítményértékelések részaránya a minősítésben, aláírás megadásában

azonosítója	részarány
1. Évközi teljesítményértékelés	77 %
2. Évközi teljesítményértékelés	23 %

Az aláírás megadásának feltétele, hogy az évközi teljesítményértékeléseken szereshető pontszám legalább 40%-át elérje.

### 3.4 Vizsgaelemek részaránya a minősítésben (ha releváns)

típus	részarány
írásbeli részvizsga	65 %
szóbeli részvizsga	0 %
gyakorlati részvizsga	0 %
évközi eredmények beszámítása	45 %

### 3.5 Érdemjegy megállapítás

érdemjegy • [ECTS minősítés]	teljesítmény %-ban kifejezve
jeles(5) • Excellent [A]	90% felett
jeles(5) • Very Good [B]	85% .. 90%
jó(4) • Good [C]	70% .. 85%
közepes(3) • Satisfactory [D]	55% .. 70%
elégséges(2) • Pass [E]	40% .. 55%
elégtelen(1) • Fail [F]	40% alatt

Az egyes érdemjegyeknél megadott alsó határérték már az adott érdemjegyhez tartozik

### 3.6 Jelenléti és részvételi követelmények

Az előadások legalább 70%-án (lefelé kerekítve) jelen kell lenni.

A gyakorlatok legalább 70%-án (lefelé kerekítve) tevőlegesen részt kell venni.

### 3.7 Javítás, ismétlés és pótlás különös szabályai

A javításra, ismétlésre és pótlásra vonatkozó különös szabályokat a TVSz általános szabályaiával együttesen kell értelmezni és alkalmazni.

Évközi összegző teljesítményértékelések egyenként eredményesen teljesítendő-e?

NEM

Beadott és elfogadott részteljesítmény értékelés a jobb eredmény elérése érdekében a pótlási időszak végéig ismételten benyújtható-e?

NEM

Összegző teljesítményértékelés javítási, illetve ismétlési módja első alkalommal:

*az összegző (szummatív) teljesítményértékelések egyenként javíthatók, illetve ismételhetők*

Összegző teljesítményértékelés ismétlő-javítási lehetősége engedélyezett-e, ha igen, milyen formában:

*az ismétlő-javítás lehetősége kizárt*

Korábbi eredmény figyelembevétele javítás, ismétlés-javítás esetén:

*több eredmény közül a hallgató számára kedvezőbbet kell figyelembe venni*

Részteljesítmény értékelés javítási, illetve ismétlési módja első alkalommal:

*a részteljesítmény értékelés(ek) ezen csoportjába tartozó teljesítményértékelés nem javítható, illetve nem ismételhető, az eredmény megállapítás a TVSZ 122. § (6) bekezdésben foglaltak szerint*

### 3.8 A tantárgy elvégzéséhez szükséges tanulmányi munka

Tevékenység	óra/félév
részvétel a kontakt tanórákon	42
félévközi készülés a gyakorlatokra	7
felkészülés az összegző teljesítményértékelésekre	16
részteljesítmény értékelés feladatának kidolgozása	4
vizsgafelkészülés	28
további, a teljesítéshez szükséges munkaidő ráfordítás	27
<b>összesen</b>	<b>124</b>

### 3.9. Tantárgykövetelmények hatályossága

Tantárgykövetelmények hatályosságának kezdete:

2019. szeptember 1.

Tantárgykövetelmények hatályosságának vége:

2025. július 15.

## 4. KIEGÉSZÍTŐ INFORMÁCIÓK

### 4.1 Elsődleges szak

A tantárgy elsődleges (fő) szakja, amelyen meghirdetésre kerül és amelyhez a kompetenciák kapcsolódnak:

Gépészeti modellezés

### 4.2 Kapcsolódás a KKK rendelet céljához és (szakos) kompetenciáihoz

Ez a tantárgy a KKK rendeletben meghatározott, következő kompetenciák fejlesztését szolgálja>

a) tudás

- Ismeri a gépek és gépészeti rendszerek időben változó folyamatainak modellezését, a folyamatok analízisét.
- Ismeri a gépészmérnöki kutató-fejlesztő munkában meghatározó természettudományi (matematikai, mechanikai, áramlástan, hőtani és elektronikai) elméleteket és számítási módszereket.
- Ismeri a korszerű kísérleti és a numerikus módszerekre támaszkodó modellezési technikákat.

b) képesség

- Képes a megszerzett tudás alkalmazására és gyakorlati hasznosítására, a problémamegoldó technikák felhasználására.

- Képes önművelésre, önfejlesztésre, a saját tudás magasabb szintre emelésére.
- Képes a kreatív problémakezelésre és összetett feladatok rugalmas megoldására, továbbá az élethosszig tartó tanulásra.

c) attitűd

- Törekszik arra, hogy a munkáját rendszerszemléletű és folyamatorientált gondolkodásmód alapján komplex megközelítésben végezze.
- Elkötelezett a magas színvonalú, minőségi munkavégzés iránt és törekszik e szemléletet munkatársai felé is közvetíteni.
- Nyitottan áll az önművelést, az önfejlesztést szolgáló szakmai továbbképzésekhez.

d) önállóság és felelőség

- A képesítést megszerző nagyfokú önállósággal és felelősségvállalással tud végrehajtani gépészmérnöki modellezés témakörébe tartozó tevékenységeket.
- Szakmai problémák megoldása során önállóan és kezdeményezően lép fel.
- Szakmai feladatok megoldása során önállóan választja ki és alkalmazza a releváns problémamegoldási módszereket.

4.3 A tantárgy teljesítéséhez ajánlott előzetes ismeretek

---

Tudás típusú kompetenciák

(azon előzetes ismeretek összessége, amelyek megléte nem kötelező, de a tantárgy eredményes teljesítését nagyban elősegíti)	Összeadás, kivonás, szorzás, osztás, deriválás, integrálás.
---	---

Képesség típusú kompetenciák

(azon előzetes képességek és készségek összessége, amelyek megléte nem kötelező, de a tantárgy eredményes teljesítését nagyban elősegíti)	Képes jegyzetelni, képes kérdezni-hozzászólni.
---	--