



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar  
Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

Szerkesztette:

**LÁSZLÓ KRISZTINA**

Írta:

**LÁSZLÓ KRISZTINA, GROFCSIK ANDRÁS,  
KÁLLAY MIHÁLY, KUBINYI MIKLÓS**

Lektorálta:

**TASI GYULA**

# **FIZIKAI KÉMIA I. KÉMIAI TERMODINAMIKA**

**Egyetemi tananyag**

**2. javított kiadás**

**2012**



COPYRIGHT: © 2011-2016, Dr. László Krisztina, Dr. Grofcsik András, Dr. Kállay Mihály, Dr. Kubinyi Miklós, BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

LEKTORÁLTA: Dr. Tasi Gyula, Szegedi Tudományegyetem

KÖZREMŰKÖDÖTT: Brátán János, Brátánné Mikics Veronika

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)  
A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

#### TÁMOGATÁS:

Készült a TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0028 számú, „Multidiszciplináris, modulrendszerű, digitális tananyagfejlesztés a vegyészmérnöki, biomérnöki és vegyész alapképzésben” című projekt keretében.



KÉSZÜLT: a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

FELELŐS VEZETŐ: Votisky Zsuzsa

AZ ELEKTRONIKUS KIADÁST ELŐKÉSZÍTETTE: Sosity Beáta

ISBN 978-963-279-473-0

#### KULCSSZAVAK:

természetudomány, kémia, fizikai kémia, a termodinamika főtételei, belső energia, entalpia, entrópia, szabadenergia, szabadentalpia, fázisátalakulások, termokémia, kémiai potenciál, elegyek, fázisdiagramok, kémiai egyensúlyok, BSc képzés.

#### ÖSSZEFOGLALÁS:

Ez a tananyag elsősorban vegyész- és vegyészmérnök hallgatók számára készült bevezető jellegű munka. Megértéséhez szükség van matematikai ismeretekre, beleértve a differenciál- és integrálszámítást. A fizikai kémia három nagy területe az egyensúly, a változás és a szerkezet. Ezek közül az első témát, az egyensúly kérdését járjuk körül a klasszikus termodinamika módszereivel. Ismertetjük a termodinamika három főtételét, bevezetjük a termodinamika fontos állapotfüggvényeit; a belső energiát, entalpiát, entrópiát, szabadenergiát, szabadentalpiát és a kémiai potenciált. Segítségükkel meghatározhatjuk a folyamatok irányát és az egyensúlyi állapotokat. Részletesen foglalkozunk tökéletes és reális gázok tulajdonságaival, elegyekkel, egy- és többkomponensű fázisegyensúlyokkal, termokémiával, kémiai egyensúlyokkal és elektrolitok termodinamikai leírásával. A kidolgozott példákkal az a célunk, hogy segítsük a tananyag mélyebb megértését.

# TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS .....	5
1.1.	A termodinamikai rendszer fogalma, típusai és jellemzése .....	5
1.2.	A termodinamikai hőmérséklet és nyomás .....	11
2.	A TERMODINAMIKA I. FŐTÉTELE .....	14
2.1.	A belső energia, a termodinamika I. főtétele.....	14
2.2.	A munka .....	15
2.3.	A hő .....	18
2.4.	Az entalpia .....	20
3.	TÖKÉLETES GÁZOK ÁLLAPOTVÁLTOZÁSAI.....	24
3.1.	Tökéletes gázok moláris hőkapacitása állandó nyomáson, ill. hőmérsékleten.....	25
3.2.	Tökéletes gázok reverzibilis állapotváltozásai .....	26
4.	TERMOKÉMIA.....	35
4.1.	A standard reakcióhő.....	35
4.2.	A reakcióhő mérése .....	37
4.3.	Hess tétele .....	40
4.4.	Standard entalpiák.....	42
4.5.	Nyitott rendszer energiamérlege, stacionárius folyamatok .....	43
5.	A TERMODINAMIKA II. ÉS III. FŐTÉTELE .....	46
5.1.	Az entrópia termodinamikai definíciója.....	46
5.2.	Az entrópiaváltozás számítása zárt rendszerekben .....	47
5.3.	A II. főtétel megfogalmazása az entrópiával.....	50
5.4.	Az entrópia statisztikus értelmezése .....	53
5.5.	A termodinamika III. főtétele.....	56
6.	TERMODINAMIKAI EGYENSÚLYOK ÉS A FOLYAMATOK IRÁNYA .....	59
6.1.	A szabadenergia .....	59
6.2.	A szabadentalpia .....	61
6.3.	A termodinamikai állapotfüggvények deriváltjai.....	63
7.	EGYKOMPONENSŰ RENDSZEREK.....	66
7.1.	A p-T fázisdiagram.....	66
7.2.	A p-T fázisdiagram termodinamikai értelmezése, a Clapeyron-egyenlet .....	68
7.3.	Egykomponensű gőz-folyadék egyensúlyok, a Clausius–Clapeyron-egyenlet.....	71
7.4.	A T-S diagram.....	73
7.5.	Standard szabadentalpiák .....	77
7.6.	A tökéletes gáz szabadentalpiája.....	78
8.	ELEGYEK ÉS OLDATOK .....	80
8.1.	A kémiai potenciál .....	81
8.2.	A fázisegyensúlyok feltétele .....	84
8.3.	A Gibbs-féle fázisszabály.....	86
8.4.	Az elegyképződésre jellemző mennyiségek.....	88
8.5.	Parciális moláris mennyiségek .....	90
8.6.	A parciális moláris mennyiségek meghatározása.....	93
8.7.	Raoult törvénye .....	95
8.8.	Eltérések az ideális viselkedéstől.....	99
8.9.	Kémiai potenciál folyadékegyekben .....	100

8.10. Elegyedési entrópia és elegyedési szabadentalpia.....	102
8.11. Korlátlanul elegyedő folyadékok tenzió- és forrpontdiagramja.....	108
8.12. Konovalov II. és III. törvényének levezetése.....	112
8.13. Korlátozottan elegyedő és nemelegyedő folyadékok forrpontdiagramja.....	115
8.14. Egyszerű eutektikumot alkotó szilárd-folyadék egyensúlyok.....	117
8.15. Szilárd-folyadék fázisdiagramok.....	119
8.16. Híg oldatok tenziócsökkenése, forrpontemelkedése és fagyáspontcsökkenése.....	122
8.17. Ozmózisnyomás.....	126
8.18. Az elegyképződés hőeffektusai.....	128
8.19. Henry törvénye, gázok oldhatósága.....	132
8.20. Az elegyek termodinamikai stabilitása.....	133
8.21. Folyadék-folyadék fázis egyensúlyok.....	134
8.22. Megoszlási egyensúlyok.....	136
8.23. Háromszög fázisdiagramok.....	138
<b>9. REÁLIS GÁZOK.....</b>	<b>142</b>
9.1. A reális gázok állapotegyenlete (van der Waals- és viriál állapotegyenlet).....	142
9.2. A megfelelő állapotok tétele.....	145
9.3. Gázok entalpiája.....	147
9.4. A Joule–Thomson-hatás.....	149
9.5. Gázok fugacitása.....	152
<b>10. KÉMIAI EGYENSÚLYOK.....</b>	<b>155</b>
10.1. Aktivitások és standard állapotok.....	155
10.2. A termodinamikai egyensúlyi állandó.....	156
10.3. Kémiai egyensúlyok gázfázisban.....	160
10.4. A nyomás hatása a kémiai egyensúlyra.....	162
10.5. Gáz-szilárd heterogén kémiai egyensúlyok.....	163
10.6. Kémiai egyensúlyok folyadékfázisban.....	165
10.7. Az egyensúlyi állandó hőmérsékletfüggése.....	167
10.8. Egyensúlyok elektrolitokban.....	169
10.9. Aktivitások és kémiai potenciálok elektrolitokban.....	173
10.10. A Debye–Hückel-elmélet alapjai.....	175
<b>FÜGGELÉK.....</b>	<b>179</b>
F1. Táblázatok.....	179
F2. Feladatok.....	188
<b>ÁBRÁK, ANIMÁCIÓK, TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....</b>	<b>197</b>
Ábrák.....	197
Animációk.....	199
Táblázatok.....	200