

mémo to
sciences

ce qu'il faut VRAIMENT retenir !

1^{er} cycle - prépas - concours

Thermodynamique

Richard Taillet

536-09.1



de boeck

Avant-propos

Cet ouvrage a pour but de rappeler les bases de la thermodynamique, couvrant le programme du 1^{er} cycle universitaire (L1 et L2) et des classes préparatoires aux grandes écoles. Il a été écrit pour fournir un outil de révision et ne pourra en aucun cas se substituer au cours ou à des ouvrages plus approfondis, même si un effort a été fait pour expliquer en détail certaines notions ou certains calculs.

Les mots-clés sont expliqués directement dans le texte : ils sont indiqués en gras et répertoriés dans l'index.

Plusieurs chapitres se terminent par des « Focus », des compléments qui permettent de préciser davantage une notion ou présentent dans les grandes lignes une illustration des concepts présentés dans le chapitre.

Je tiens à remercier vivement Elsa Échantillac, Catherine Gautier et Éric Ragoucy pour leur relecture critique du manuscrit, ainsi que toutes les autres personnes qui, par leurs remarques, ont contribué à améliorer la clarté de cet ouvrage.

Richard Taillet.

Table des matières

Chapitre 1 – Introduction	10
1. Objectifs de la thermodynamique	10
2. Définitions – vocabulaire	11
3. Équilibre thermodynamique	12
4. Température	13
5. Pression	13
6. Autres variables d'état	13
7. Systèmes divariants et diagrammes d'état	14
8. Transformations	14
9. Notation d et δ	16
10. Dérivées partielles	16
Chapitre 2 – Équation d'état	18
1. Les variables d'état ne sont pas indépendantes	18
2. Le gaz parfait	18
3. Mélange de gaz – loi de Dalton	20
4. Les gaz réels et l'équation de Van der Waals	20
5. Autres équations d'état	21
6. Coefficients thermoélastiques	22
7. Liquides et solides	23
8. Systèmes diélectriques	23
9. Systèmes magnétiques	23

Chapitre 3 – Travail et chaleur	25
1. Travail	25
2. Travail des forces de pression	26
3. Quantité de chaleur	27
4. Convention de signe	28
5. Calculs de travaux et de quantités de chaleur	29
Focus 1 – transferts thermiques	31
Chapitre 4 – Premier principe	32
1. Histoire	32
2. Énergie interne	32
3. Enthalpie	34
4. Relation de Mayer	35
5. Lois de Joule	35
6. Application : calorimétrie	36
7. Systèmes ouverts – potentiel chimique	37
Focus 2 – Expérience de Clément et Desormes	38
Focus 3 – Détente de Joule–Gay–Lussac d'un gaz parfait	39
Focus 4 – Détente de Joule–Thomson d'un gaz parfait	40
Chapitre 5 – Deuxième principe	41
1. Entropie et énoncé du second principe	41
2. Cas d'un système isolé	43
3. Système en contact avec des thermostats	43
4. Entropie d'un gaz parfait	44
5. Retour sur la notion de réversibilité	44
6. Remarque	45

7. Nouvelle définition de la température	45
8. Troisième principe	46
Focus 5 – Détente de Joule–Gay-Lussac d'un gaz parfait	48
Focus 6 – Calcul de ΔS pour une transformation irréversible	49
Chapitre 6 – Potentiels thermodynamiques	50
1. Notion de potentiel thermodynamique	50
2. Énergie libre	51
3. Enthalpie libre	53
4. Remarque	54
5. Autre définition des potentiels thermodynamiques	54
6. Équilibre entre phases	55
7. Remarque sur les réactions chimiques	56
8. Systèmes ouverts	57
Focus 7 – Démonstration de la relation de Clapeyron	58
Chapitre 7 – Applications des principes	59
1. Différentielles totales	59
2. Relations de Clapeyron	60
3. Relations de Maxwell	61
4. Relations de Helmholtz	62
5. Loi de Laplace	63
Chapitre 8 – Machines thermiques	64
1. Cycles thermodynamiques	64
2. Propriétés générales des cycles	65
3. Cycle de Carnot	66
4. Moteurs	67

5. Réfrigérateurs, climatiseurs, pompes à chaleur	69
Focus 8 – Cycle d'Otto–Beau de Rochas	70
Chapitre 9 – Changements d'état d'un corps pur	72
1. Définitions	72
2. Diagramme de phase	74
3. Transition de phase	75
4. Relation de Clapeyron	77
5. Point critique	77
6. Point triple	78
7. États métastables	78
8. Évaporation	79
9. Transition ferromagnétique/paramagnétique	80
Focus 9 – Diagramme de phase de la glace	81
Focus 10 – Point de rosée	82
Chapitre 10 – Approche microscopique	83
1. La structure atomique de la matière	83
2. Nécessité d'une approche statistique	84
3. Agitation thermique	84
4. Pression cinétique	85
5. Distribution de Maxwell	85
6. Facteur de Boltzmann	86
7. Énergie interne	87
8. Entropie	89
9. Interprétation des principes	90
Bibliographie	91
Index	92