

Arnold Frohn

Einführung in die Kinetische Gastheorie

Studienbuch für Studierende
der Ingenieurwissenschaften,
der Physik und der Physikalischen Chemie

2., korrigierte Auflage

Mit 52 Abbildungen



AULA-Verlag Wiesbaden

INHALT

1. Grundlagen	1
1.1 Aufgaben und Methoden der kinetischen Gastheorie	1
1.2 Beschreibung des Systems	3
1.3 Verteilungsfunktion und makroskopische Zustandsgrößen	6
1.4 Thermodynamische Zustandsgrößen als Momente der molekularen Geschwindigkeitsverteilungsfunktion	14
1.5 Beschreibung von Gasgemischen	16
2. Elementare Behandlung einiger Phänomene	19
2.1 Einleitung	19
2.2 Molekulare Geschwindigkeitsverteilung	19
2.3 Stoßfrequenz	21
2.4 Transporteigenschaften in mäßig verdünnten Gasen	25
2.4.1 Innere Reibung	25
2.4.2 Wärmeleitung	28
2.5 Transporteigenschaften in stark verdünnten Gasen	31
2.5.1 Einleitung	31
2.5.2 Innere Reibung	31
2.5.3 Wärmeleitung	33
2.6 Beweglichkeit von Ionen	36
3. Molekulare Geschwindigkeitsverteilung im Gleichgewicht	38
3.1 Einleitung	38
3.2 Die Maxwellverteilung	38
3.3 Einige Eigenschaften der Maxwellverteilung	43
3.4 Darstellung der Maxwellverteilung und Mittelwerte der molekularen Geschwindigkeiten	47
3.5 Molekulare Strömung durch eine feine Lochblende – Effusion	52
3.6 Mittelwert der Relativgeschwindigkeit	54
3.7 Berechnung der Stoßfrequenz	57
3.8 Anregung innerer Freiheitsgrade	60

4. Die Boltzmann-Gleichung	64
4.1 Allgemeine Bemerkungen	64
4.2 Elementare Herleitung der Boltzmann-Gleichung	64
4.3 Diskussion der Boltzmann-Gleichung	69
4.4 Die Maxwell-Verteilung als Lösung der Boltzmann-Gleichung	71
4.5 Das H-Theorem für einfache Gase	72
4.6 Das H-Theorem für binäre Gemische	74
4.7 Momentengleichungen	76
4.8 Diskussion der Erhaltungsgleichungen	79
4.9 Lösungsverfahren für die Boltzmann-Gleichung	80
5. Das Krook'sche Modell	85
5.1 Einleitung	85
5.2 Einige Eigenschaften des Krook'schen Modells	85
5.3 Homogene Systeme	86
5.4 Anwendung der Chapman-Enskog-Methode	88
5.5 Umformung der linken Seite der Boltzmann-Gleichung	91
6. Reihenentwicklungen	93
6.1 Einleitung	93
6.2 Homogene Systeme	93
6.3 Die Chapman-Enskog-Methode	94
6.3.1 Gestalt der Lösung	94
6.3.2 Wärmeleitfähigkeit und Zähigkeit	96
6.4 Vergleich verschiedener Methoden	98
7. Stark verdünnte Gase	101
7.1 Allgemeines	101
7.2 Das Rayleigh-Problem	101
7.3 Expansion eines Gases ins Vakuum	102
8. Lösung von Momentengleichungen	104
8.1 Einleitung	104
8.2 Homogene Systeme	104
8.3 Wärmeleitung zwischen ebenen parallelen Platten	107
8.3.1 Allgemeines	107
8.3.2 Verteilungsfunktion und Zustandsgrößen	108
8.4 Stoßwellenstruktur	112
8.4.1 Einleitung	112
8.4.2 Ansatz von Mott-Smith	113

9. Randbedingungen in verdünnten Gasen	116
9.1 Sprünge der Zustandsgrößen an einer Wand	116
9.1.1 Wärmeleitung im ebenen Fall	118
9.1.2 Wärmeleitung zwischen konzentrischen Zylindern	120
9.1.3 Beispiel für instationäre Wärmeleitung	122
9.1.4 Hagen-Poiseuille-Strömung	125
10. Anhang	128
10.1 Häufig benötigte Integrale	128
10.2 Die Funktional-Determinante	129
10.3 Zur Berechnung des Stoßterms in der Momentengleichung	129
Literatur	133
Namen- und Sachverzeichnis	138