# Università del Salento

# Lezioni di Astrofisica

**Corso di Laurea Magistrale in Fisica - 2021/22**

F.Strafella
Dipartimento di Matematica e Fisica, Università del Salento

Non est ad astra mollis e terris via

# Indice


**1 Approccio all'Astrofisica** **5**
1.1 Le fonti dell'informazione astronomica . . . . . 6
1.1.1 Parametri e limiti dell'osservazione astronomica . . . . . 9
1.2 Caratteristiche osservative delle stelle . . . . . 14
1.2.1 Magnitudini e colori delle stelle . . . . . 14
1.2.2 Spettri stellari . . . . . 18
1.2.3 Caratteristiche fisiche . . . . . 22
1.2.4 Diagramma Luminosità-Temperatura . . . . . 33
1.3 Cenni di fotometria . . . . . 33
1.4 Cenni sulla misura delle distanze . . . . . 40

**2 Formazione Stellare** **49**
2.1 introduzione . . . . . 49
2.2 Le stelle si formano ancora ? . . . . . 50
2.2.1 La necessità di modelli di riferimento . . . . . 51
2.2.2 Ingredienti principali che intervengono nella formazione stellare . . . . . 51
2.3 Un modello di riferimento . . . . . 52
2.3.1 L'inizio della contrazione . . . . . 52
2.3.2 La frammentazione . . . . . 54
2.3.3 La crescita delle condensazioni protostellari . . . . . 57
2.3.4 Rallentamento dell'accrescimento e produzione di venti stellari . . . . . 59
2.3.5 Fase di disco e perdita di momento angolare . . . . . 60
2.3.6 Fase di pre-sequenza principale e apparizione della stella visibile . . . . . 61
2.3.7 La funzione di massa iniziale . . . . . 62
2.4 Aspetti osservativi . . . . . 70
2.4.1 La regione radio . . . . . 74
2.4.2 La regione IR . . . . . 75
2.4.3 La regione visibile . . . . . 76
2.4.4 La regione X ed UV . . . . . 80
2.4.5 Le prospettive dell'osservazione . . . . . 81

**3 Atmosfere stellari** **85**
3.1 Trasporto della radiazione . . . . . 85
3.1.1 Intensità . . . . . 85
3.1.2 Flusso . . . . . 87
3.1.3 Assorbimento ed emissione della radiazione . . . . . 89
3.1.4 L'equazione del trasporto radiativo . . . . . 90
3.1.5 Soluzione dell'equazione del trasporto . . . . . 92
3.2 Proprietà fisiche dei gas . . . . . 101
3.2.1 Il modello atomico . . . . . 101
3.2.2 Eccitazione . . . . . 103
3.2.3 Ionizzazione . . . . . 104

3.2.4 La distribuzione Maxwelliana delle velocità . . . . . 104
3.2.5 Energia cinetica media delle particelle . . . . . 105
3.3 Processi di assorbimento . . . . . 106

**4 Struttura stellare 111**
4.1 Temperatura . . . . . 111
4.2 Pressione . . . . . 114
4.3 Degenerazione elettronica . . . . . 118
4.3.1 Degenerazione completa . . . . . 119
4.3.2 Degenerazione parziale, caso non relativistico . . . . . 122
4.3.3 Gas di fotoni . . . . . 123
4.4 Equilibrio idrostatico . . . . . 125
4.4.1 Soluzioni di equilibrio . . . . . 128
4.4.2 Il Teorema del Viriale . . . . . 132
4.5 Equilibrio Energetico . . . . . 136
4.5.1 Trasporto Radiativo . . . . . 139
4.5.2 Instabilità convettiva . . . . . 142
4.6 Cenni sulle reazioni nucleari negli interni stellari . . . . . 145
4.7 Scala dei tempi stellari . . . . . 147

**5 Nebulose Gassose 153**
5.1 Equilibrio termodinamico e stato stazionario . . . . . 155
5.2 Processi fisici dominanti nelle nebulose . . . . . 158
5.2.1 Velocità di reazione per collisioni tra particelle . . . . . 159
5.2.2 Velocità di reazioni radiative . . . . . 160
5.2.3 Sezioni d'urto . . . . . 160
5.3 Equilibrio della ionizzazione . . . . . 161
5.4 Stratificazione della ionizzazione . . . . . 163
5.5 Temperatura cinetica . . . . . 164
5.6 Lo spettro delle nebulose . . . . . 165
5.7 Flusso emesso nelle linee . . . . . 168
5.7.1 Flusso assoluto in $H_\beta$ . . . . . 170
5.7.2 Linee proibite . . . . . 170

**6 Astronomia extragalattica 179**
6.1 Proprietà delle galassie . . . . . 179
6.1.1 Definizione . . . . . 179
6.1.2 Classificazione morfologica . . . . . 181
6.1.3 Parametri macroscopici che caratterizzano le galassie . 182
6.2 La nostra Galassia . . . . . 189
6.3 Galassie peculiari . . . . . 196
6.4 Ammassi di galassie . . . . . 201
6.5 Distribuzione spaziale . . . . . 207