

## F7600 – Fyzika hvězdných atmosfér

Jiří Kubát, AsÚ AV ČR Ondřejov,  
kubat@sunstel.asu.cas.cz

požadavky ke zkoušce, PřF MU Brno,  
podzimní semestr 2020/2021

- **Základní pojmy:** specifická intenzita, číselná hustota fotonů, rozdělovací funkce záření, rovnovážné rozdělení; střední intenzita, tok, tenzor tlaku záření; zářivá energie; základní veličiny v planparalelní a sférické geometrii; popis polarizovaného záření
- **Rovnice přenosu záření:** absorpční koeficient, emisní koeficient, rozptyl; odvození rovnice přenosu záření; střední volná dráha fotonu, optická hloubka, vydatnost; okrajové podmínky rovnice přenosu; momenty rovnice přenosu; rovnice přenosu pro polarizované záření
- **Termodynamická rovnováha:** Maxwellovské rozdělení rychlostí; Boltzmannova excitační formule; Sahova ionizační formule; disociace molekul; stavová rovnice se započtením ionizací; určení elektronové hustoty; lokální termodynamická rovnováha
- **Absorpce a emise v čarách:** Einsteinovy koeficienty, síla oscilátoru, účinný průřez, profil spektrálních čar, přirozené rozšíření, dopplerovské rozšíření, Voigtův profil, mikroturbulence, srážkové rozšíření, Starkovo rozšíření; struktura atomu a přechody vodíku a vodíkpodobných iontů, struktura atomů a čárové přechody lehkých prvků, hladiny v magnetickém poli, interakce záření s molekulami
- **Absorpce a emise v kontinuu:** ionizace a rekombinace, Einsteinovy-Milneho vztahy pro kontinuum, účinný průřez v kontinuu, volně-volné přechody
- **Rozptyl:** rozptyl na volných a vázaných elektronech, rozptyl ve spektrálních čarách, redistribuční funkce
- **Řešení rovnice přenosu záření:** difúzní přiblížení,  $\Lambda$ -operátor, formální řešení rovnice přenosu, diskretizace rovnice přenosu, metoda dlouhých charakteristik, metoda krátkých charakteristik, Feautrierova metoda, řešení momentových rovnic, řešení metodou Monte Carlo

- **Přenos záření v pohybujícím se prostředí:** rovnice přenosu v soustavě pozorovatele a ve spolupohybující se soustavě; Sobolevova aproximace; P Cyg profil
- **Přenos záření s rozptylem:** termalizační délka, přímé metody řešení (integrální metody, diferenciální metody), iterační metody řešení (metoda proměnných Eddingtonových faktorů)
- **Srážkové procesy:** ionizace a excitace srážkami s elektrony, další srážkové procesy, Augerova ionizace
- **Rovnice kinetické (statistické) rovnováhy:** četnosti zářivých přechodů (vázaně-vázané přechody, fotoionizační přechody), četnosti srážkových přechodů, pravděpodobnosti obsazení hladin, soustava rovnic kinetické (statistické) rovnováhy (lineární závislost a doplňující rovnice), limitní a speciální případy (jednohladinový atom s kontinuem, kaskádové přechody, cyklické přechody, jemná struktura hladin v mezihvězdném prostředí)
- **Řešení NLTE problému:** dvouhladinový atom bez kontinua a s kontinuem, termalizační hloubka ve spektrálních čarách,  $\Lambda$ -iterace, urychlená  $\Lambda$ -iterace, řešení mnohohladinového atomu metodou úplné linearizace a urychlenou  $\Lambda$ -iterací; základní NLTE efekty pro čáry i kontinua; matice hustoty

### Doporučená literatura

- Kubát, J., 2021, Základy fyziky hvězdných atmosfér, učební text v IS
- Hubeny, I., Mihalas, D., 2014, Theory of Stellar Atmospheres, Princeton University Press, do kapitoly 15
- Mihalas, D., 1978, Stellar Atmospheres, 2nd ed., W. H. Freeman & Comp., San Francisco (ruský překlad Zvezdnyje atmosfery, Mir, Moskva, 1982), bez kapitol 3, 7 a 15

### Doplňková literatura

- Landi Degl'Innocenti, E., 2002, in Astrophysical Spectropolarimetry, J. Trujillo-Bueno et al. eds., pp. 1–53, Cambridge University Press
- Rybicki, G. B., Lightman, A. P., 1979, Radiative Processes in Astrophysics, John Wiley & Sons Inc., New York
- Pradhan, A. K., Nahar, S. N., 2011, Atomic Astrophysics and Spectroscopy, Cambridge University Press, Cambridge