

Matematički fakultet u saradnji sa Opservatorijom u Ondřejovu

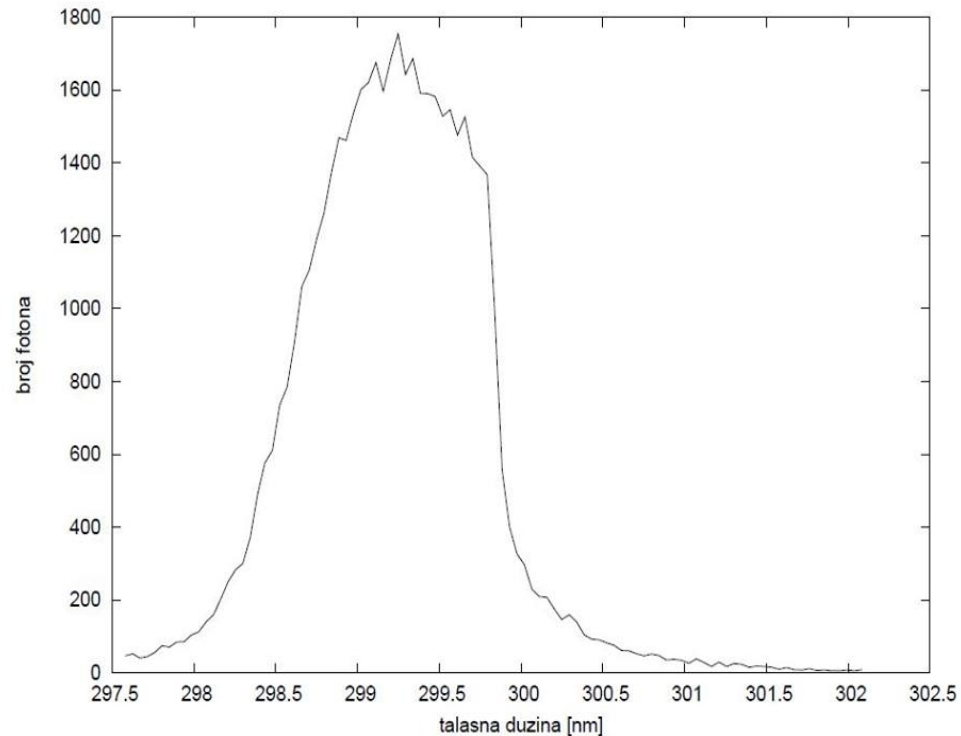
Modeliranje prenosa zračenja kroz oblak elektrona

Julija Dinčić, Velibor Velović

Mentori: dr Jiří Štěpán, dr Brankica Šurlan

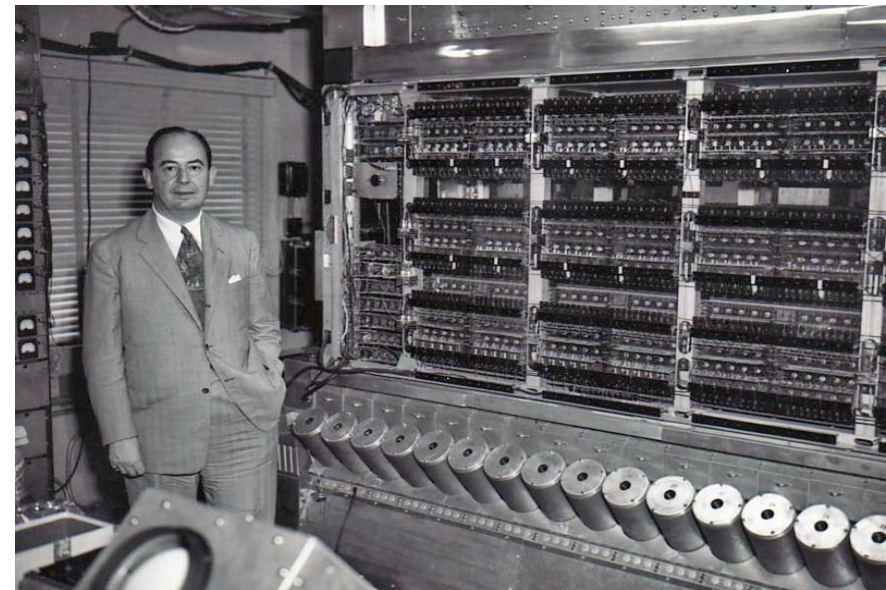
Modeliranje prenosa zračenja

- Program koji simulira prenos monohromatskog zračenja sa zvezde kroz sferno simetričan oblak elektrona zadatog radijusa, temperature, položaja i brzine kretanja
- Za rešenje jednačine prenosa zračenja koristili smo metodu Monte Karlo
- Rezultat računanja je sintetička emisiona linija



Monte Karlo metoda

- 1946. Stanislav Ulam predlaže korišćenje nasumičnog uzorkovanja za simuliranje putanja neutrona
- Džon Fon Nojman je razvio detaljan predlog početkom 1947.
- Metropolis i Ulam su 1949. objavili rad u kojem su izneli svoje ideje, nakon čega je usledio veliki broj istraživanja tokom 1950-ih godina
- Metoda Monte Karlo svoje ime dobila je po gradu u Monaku, slavnom po svojim kockarnicama

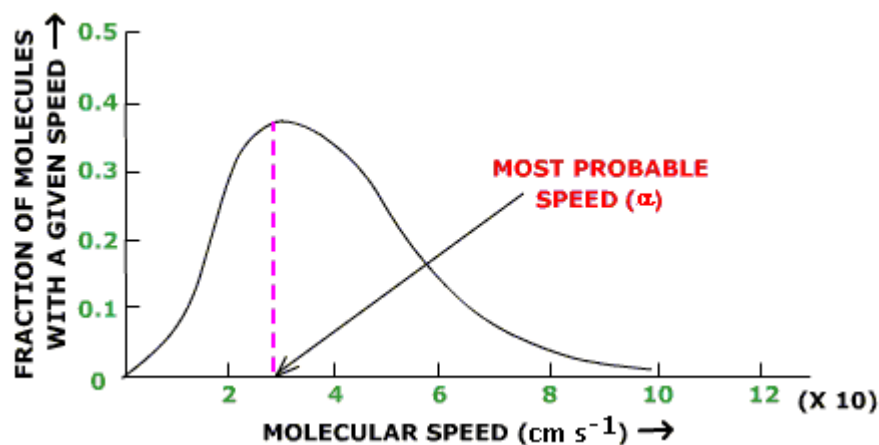


Monte Karlo metoda odbacivanja i prihvatanja

- Iz Maksvel–Bolcmanove funkcije raspodele brzina

$$f(v)dv = \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}} \cdot e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv,$$

nasumično biramo tačke i proveravamo da li se nalaze ispod ili iznad krive



- Tačke koje se nalaze ispod krive prihvatamo, ostale odbacujemo
- Prihvaćene tačke uzimaju se za brzinu elektrona sa kojim foton interaguje

```

double velocity ()
{
    double lim, y, x, V_x, maximum;
    int i, test;
    lim=5.0*sqrt(3.0*K_B*Tc/m);
    maximum= sqrt(m/(2.0*K_B*M_PI*Tc));
    test=1;
    while (test)
    {
        x=( (double) rand() ) /RAND_MAX;
        y=( (double) rand() ) /RAND_MAX;
        y=y*maximum;
        V_x=2.0*lim*x-lim;
        test=(y>=maximum*exp((-m*V_x*V_x) /
(K_B*Tc)) );
    }
    return V_x;
}

```

Formiranje spektralne linije

- Nakon interakcije fotona sa elektronom koji se kreće brzinom v , frekvencija fotona menja se na sledeći način:

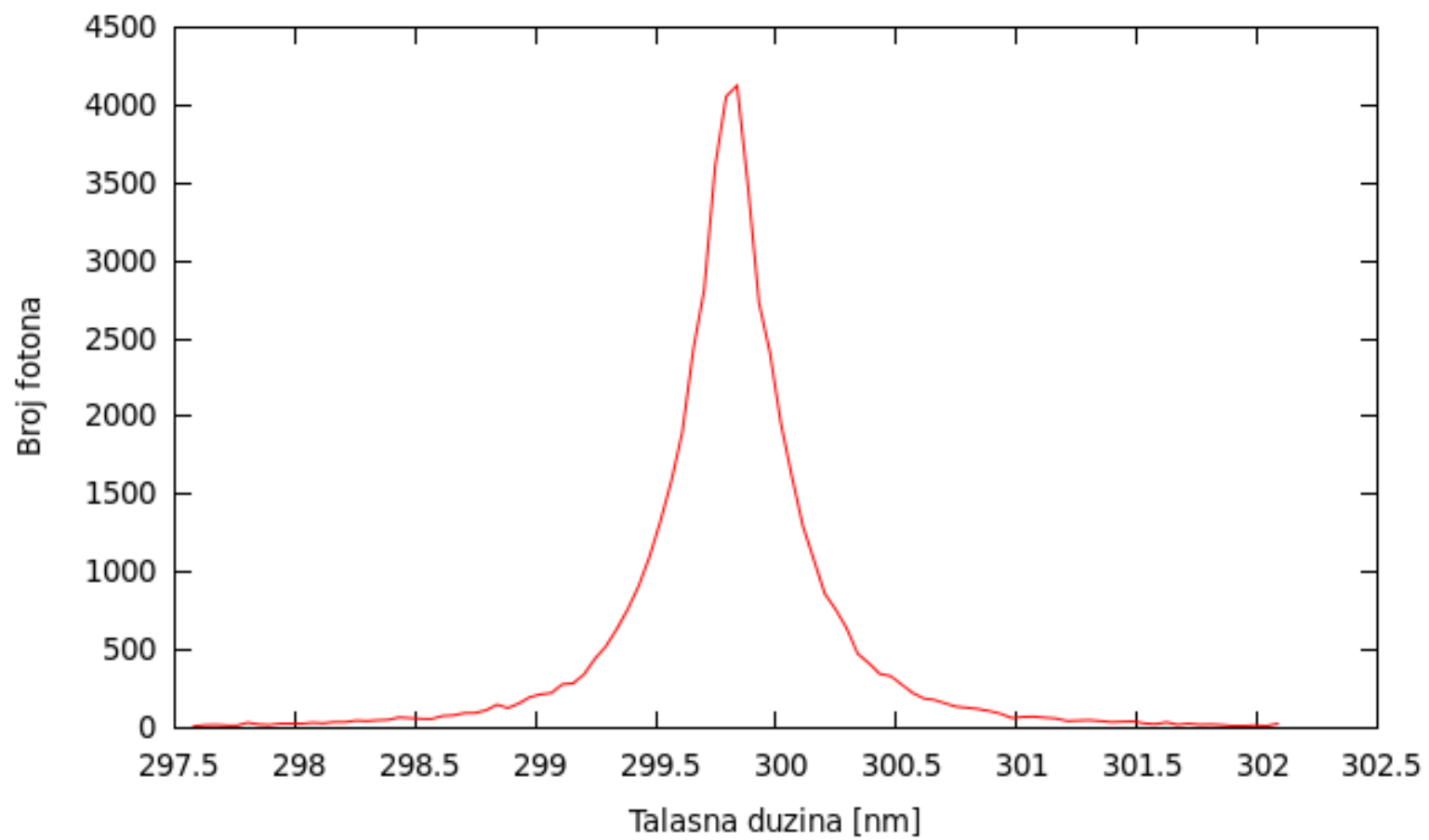
$$\nu' = \nu \left(1 - \frac{\vec{v} \cdot \vec{n}}{c}\right) \left(1 + \frac{\vec{v} \cdot \vec{n}}{c}\right).$$

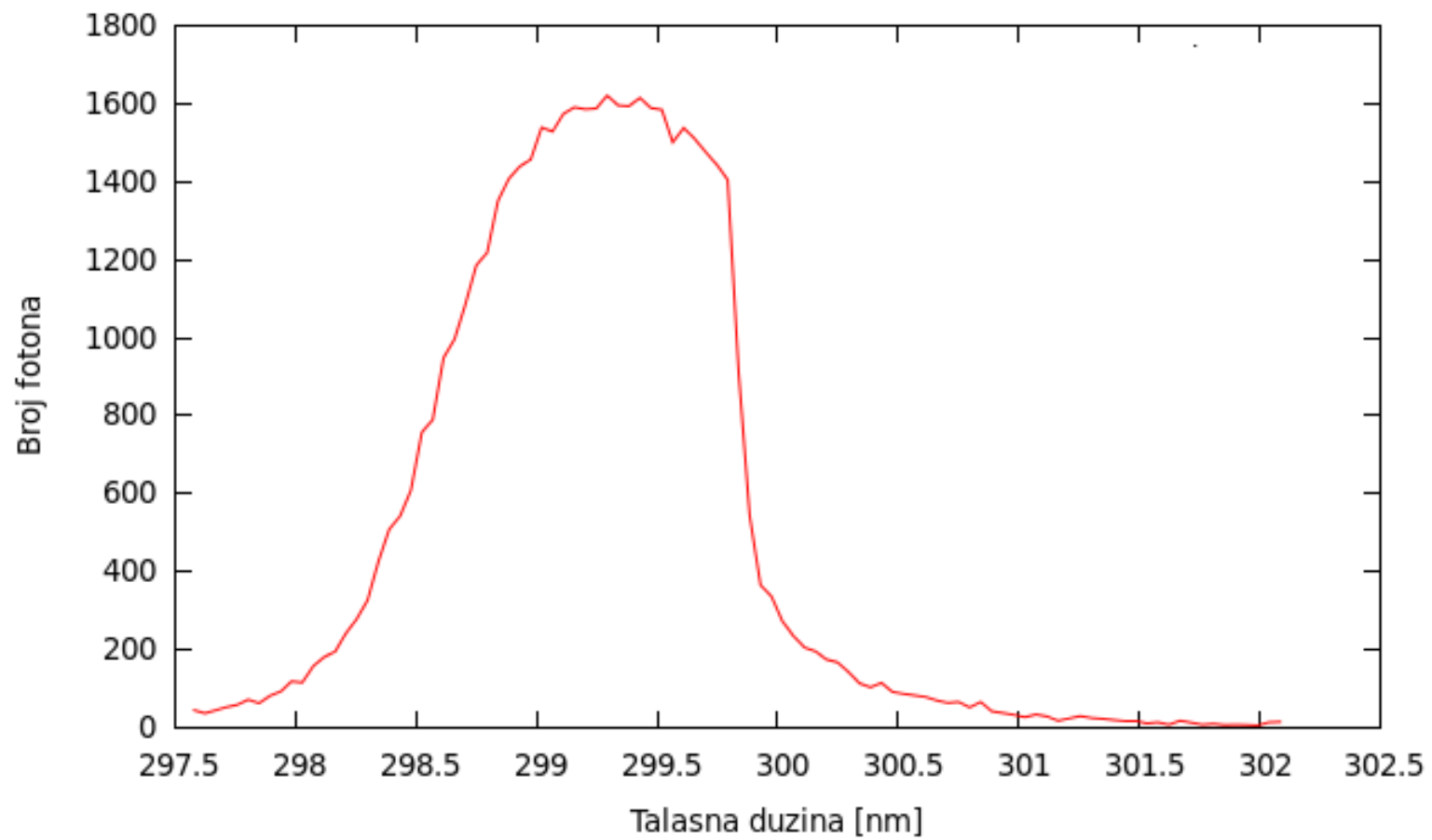
- Doplerovo širenje spektralne linije: prvobitno monohromatsko zračenje, posmatrač će videti kao zračenje u konačnom opsegu frekvencija
- Doplerov pomak: ukoliko se oblak kreće, na frekvenciju fotona utiče i makroskopska brzina kretanja oblaka, uzima se da je brzina oblaka reda veličine termalne brzine elektrona u oblaku

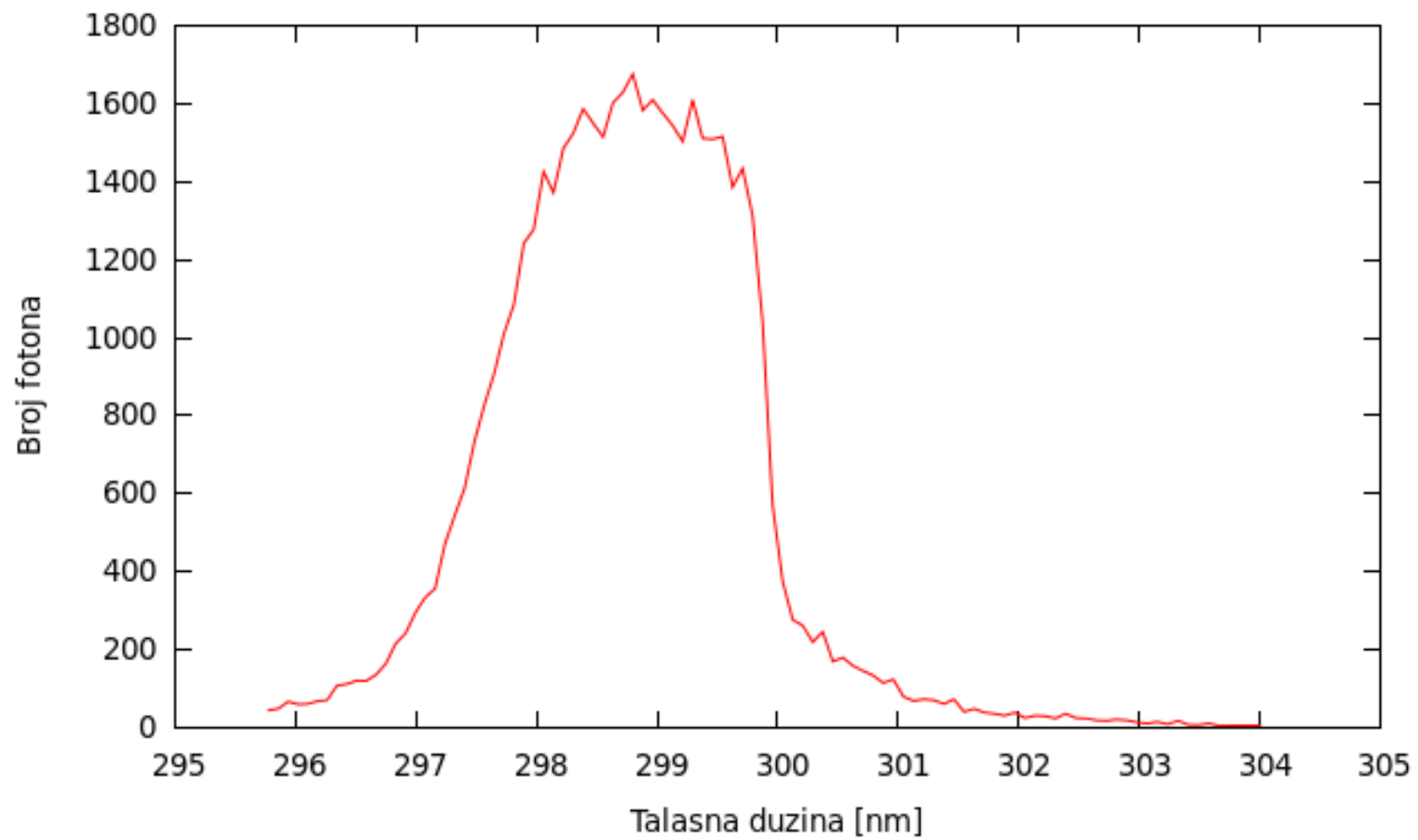
$$v_t = \sqrt{\frac{2kT}{m}}.$$

Rezultati

- Linija iz UV dela spektra, frekvencije 10^{15} Hz ($\lambda = 300$ nm).
- Zvezda se nalazi u centru koordinatnog sistema, a posmatrač na x -osi
- Na prvom grafiku predstavljena je spektralna linija za sledeće uslove:
 - Radijus oblaka $R = 10^{12}$ cm
 - Temperatura oblaka $T = 3000$ K
 - Koordinate oblaka $(R, 0, 0)$
 - Broj fotona $N = 10^9$
 - Oblak se ne kreće
- Na drugom grafiku
 - Temperatura oblaka povećana je na $10\ 000$ K
- Na trećem grafiku
 - Oblak se kreće ka nama brzinom reda veličine termalne brzine elektrona







Planovi za budućnost

- U nastavku projekta
 - monohromatsku svetlost proširiti na opseg talasnih dužina
 - određivanje polarizacije detektovanih fotona

Hvala na pažnji!