

Astronomická olympiáda 2024

Kolo: celoslovenské kolo

Dátum súťaže: 02. 05. 2024

Kategória: **stredná škola**

Čas na vypracovanie: **2h 45min**

- Každý príklad riešte *jednostranne na samostatný list*.
V hlavičke zakrúžkujte vašu kategóriu a typ príkladu, a vyplňte meno, priezvisko, názov príkladu, poradové číslo strany a celkový počet strán.
- Povolené pomôcky: písacie a rysovacie potreby, *neprogramovateľné* kalkulačky a občerstvenie.
- Pri výpočtoch použite hodnoty konštánt, jednotiek a veličín uvedených v priloženom *konštantovníku*.
Upozorňujeme, že nie všetky konštanty sú potrebné.
- Výsledok zaokrúhlite na relevantný *počet platných číslic*.



Slovenská ústredná hviezdáreň
v Hurbanove

**Slovenská
Astronomická
Spoločnosť**
pri Slovenskej akadémii vied

Dátová analýza Σ 200b

D1 Planetárne hmloviny

(200 b, autor: Samuel Amrich)

Pozorovanie planetárnych hmlovín je skvelý nástroj na porozumenie dejov odohrávajúcich sa vo vesmíre. Je ale potrebné z meraní vždy zistiť čo najviac základných informácií o týchto objektoch. Dvojica najzákladnejších je elektrónová hustota n_e a elektrónová teplota T_e .

Vašou úlohou je teda vyskúšať si takéto určenie z priloženého spektra planetárnej hmloviny NGC 6881 a zistiť na základe priložených vzorcov a grafov elektrónovú hustotu n_e a elektrónovú teplotu T_e . Laboratórne vlnové dĺžky čiar, ktoré pozorujeme sú ($\text{Å} = 10^{-10} \text{ m}$)

pre raz ionizovaný kremík [SiIII]: $\Lambda_{6716} = 6716 \text{ Å}$, $\Lambda_{6731} = 6731 \text{ Å}$,

pre dvakrát ionizovaný kyslík [OIII]: $\Lambda_{4959} = 4959 \text{ Å}$, $\Lambda_{5007} = 5007 \text{ Å}$, $\Lambda_{4363} = 4363 \text{ Å}$.

Pomery intenzít, ktoré budete potrebovať pre riešenie úlohy sú

$$P_I = \frac{F_{6716}}{F_{6731}}, \quad (\text{D1.1})$$

$$P_{II} = \frac{F_{4959} + F_{5007}}{F_{4363}}. \quad (\text{D1.2})$$

Zároveň budete potrebovať semi-empirický vzťah na odhad reálnej intenzity. Ten je odvodený z predpokladu, že všetky spektrálne čiary sú v tvare Gaussovej funkcie s rovnakým rozšírením. Pre náš prípad musíme k odmeranej maximálnej intenzite (ktorú zobrazujeme na osi y) pripočítať hodnotu Δ_y .

$$\Delta_y = y \left[1 - \exp\left(\frac{-\Delta_x^2}{20 \text{ \AA}^2}\right) \right], \quad (\text{D1.3})$$

kde hodnota 20 \AA^2 je empirická konštanta pre náš príklad a Δ_x je rozdiel odhadnutej hodnoty vlnovej dĺžky (ktorú zobrazujeme na osi x) pre maximálnu intenzitu a bodu s nameranou maximálnou intenzitou. Vlnovú dĺžku maximálnej intenzity zistíte najpresnejšie ako je možné.

Chybu maximálnej intenzity označíme σ_y a vypočítame ako

$$\sigma_y = \frac{\Delta_x}{10 \text{ \AA}^2} (y - \Delta_y) \sigma_x. \quad (\text{D1.4})$$

Úlohy

- (a) **Identifikujte všetky zadané vlnové dĺžky spektrálnych čiar.**

Máte zadaných 5 vlnových dĺžok ktoré budú pre ďalšie úlohy zaujímavé. Zaznačte ich polohu do priložených grafov celého spektra planetárnej hmloviny NGC 6881, resp. zaznačte spektrálnu čiaru ktorá zodpovedá danej vlnovej dĺžke.

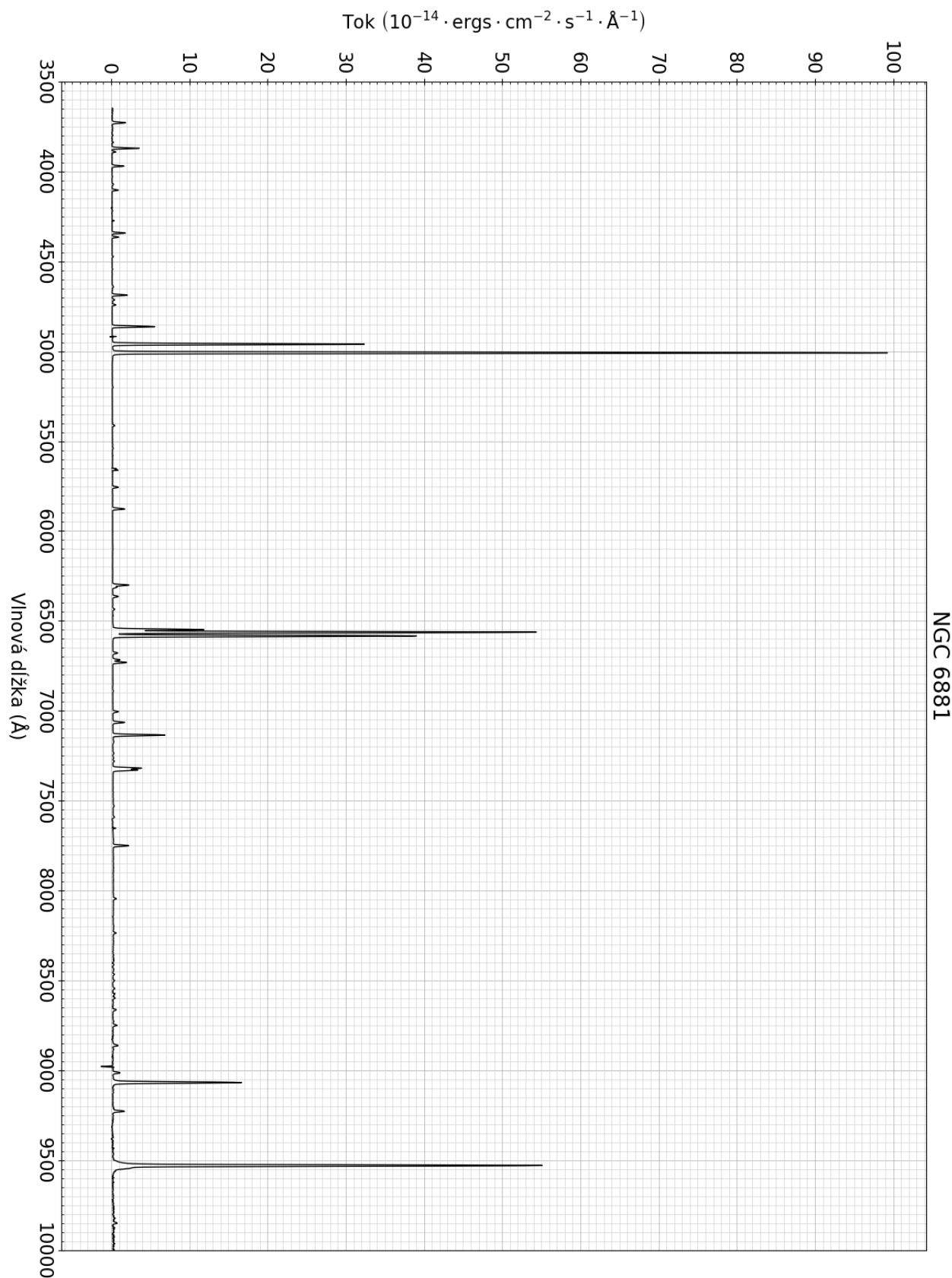
- (b) **Určite elektrónovú hustotu n_e planetárnej hmloviny.**

Budete potrebovať vypočítať pomer P_I a použiť graf na obrázku D1.6. Nezabudnite na kalibráciu toku voči kontinuu (dôležitá je intenzita nad úrovňou konštantného toku) a na analýzu chýb merania (metóda a presnosť je na vás). Snažte sa zdokumentovať váš postup riešenia tak aby bolo jasné, ako ste jednotlivé hodnoty získali a ako ste získali chyby merania.

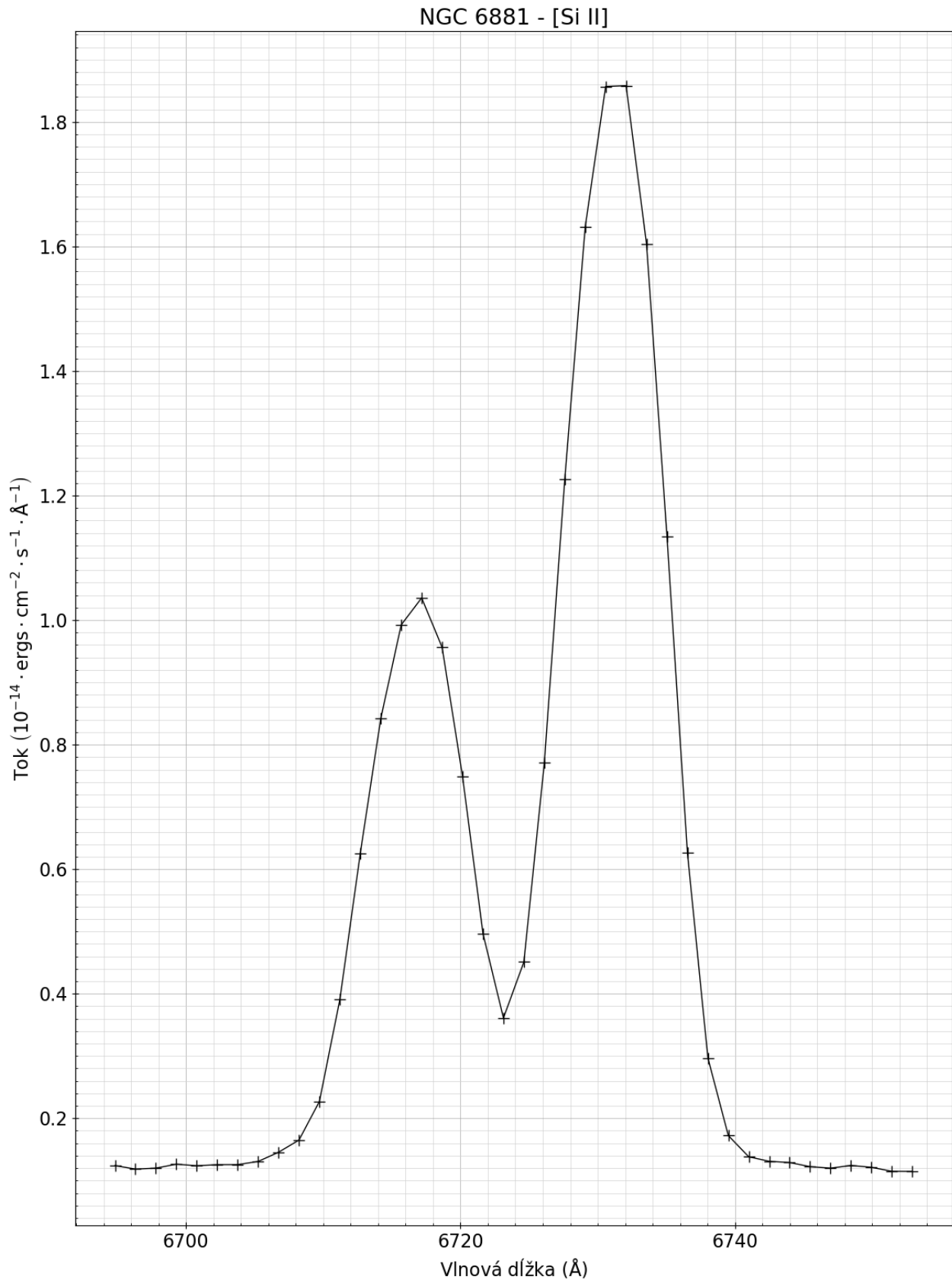
- (c) **Určite elektrónovú teplotu T_e planetárnej hmloviny.**

Budete potrebovať vypočítať pomer P_{II} . Nezabudnite na kalibráciu toku voči kontinuu a na analýzu chýb merania. Výslednú hodnotu môžete získať buď riešením rovnice priloženej v grafe D1.7 (budete potrebovať výsledok predchádzajúcej úlohy alebo použiť tabuľkovú hodnotu $n_e = 1$ [všetky hodnoty hustoty sa používajú s jednotkou cm^{-3}] a využiť nejakú jednoduchú metódu numerického riešenia rovníc) alebo využijete graf D1.7, ktorý bol nakreslený pre $n_e = 1$ (keďže ale odčítanie z grafu je už predmetom úlohy (b), tak tento postup bude ohodnotený menším počtom bodov). Snažte sa zdokumentovať váš postup riešenia tak, aby bolo jasné, ako ste jednotlivé hodnoty získali a ako ste získali chyby merania.

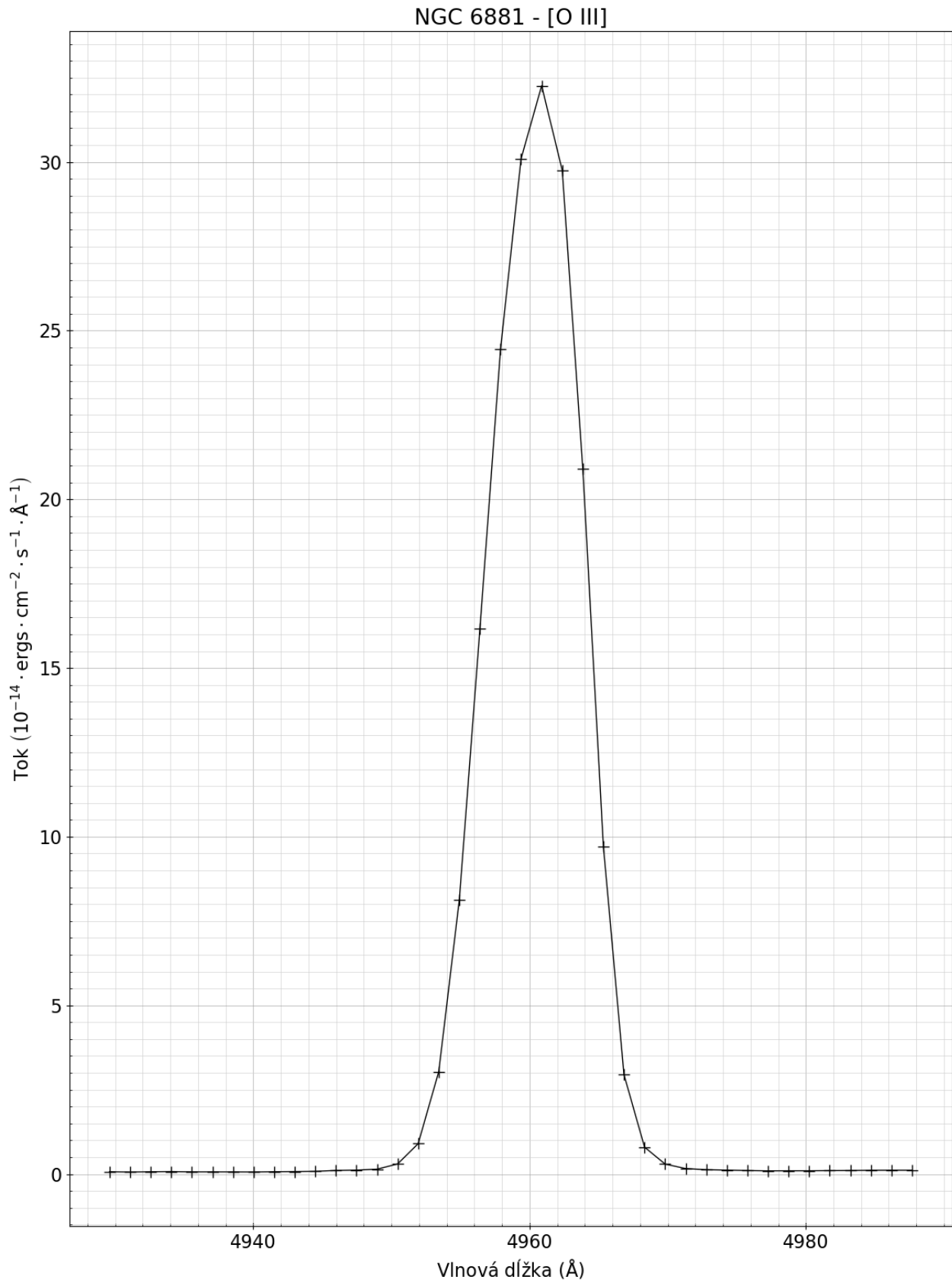
Snažte sa o maximálnu možnú presnosť výsledku a výslednej chyby, pretože sú hodnotené.



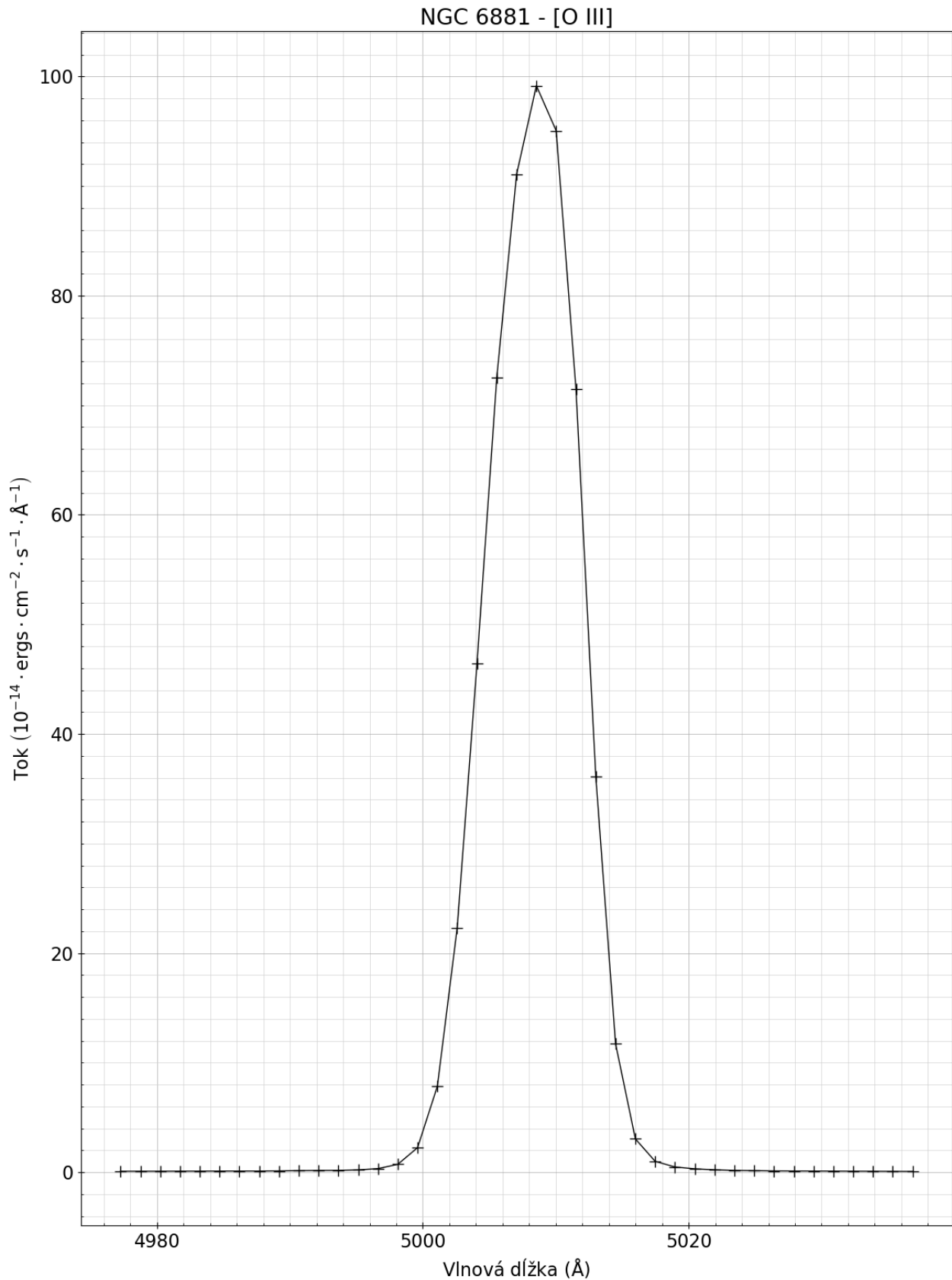
Obr. D1.1: Graf celého spektra planetárnej hmloviny NGC 6881.
Dáta Prevzaté z: Williams College and the University of Oklahoma
<https://web.williams.edu/Astronomy/research/PN/nebulae/>.



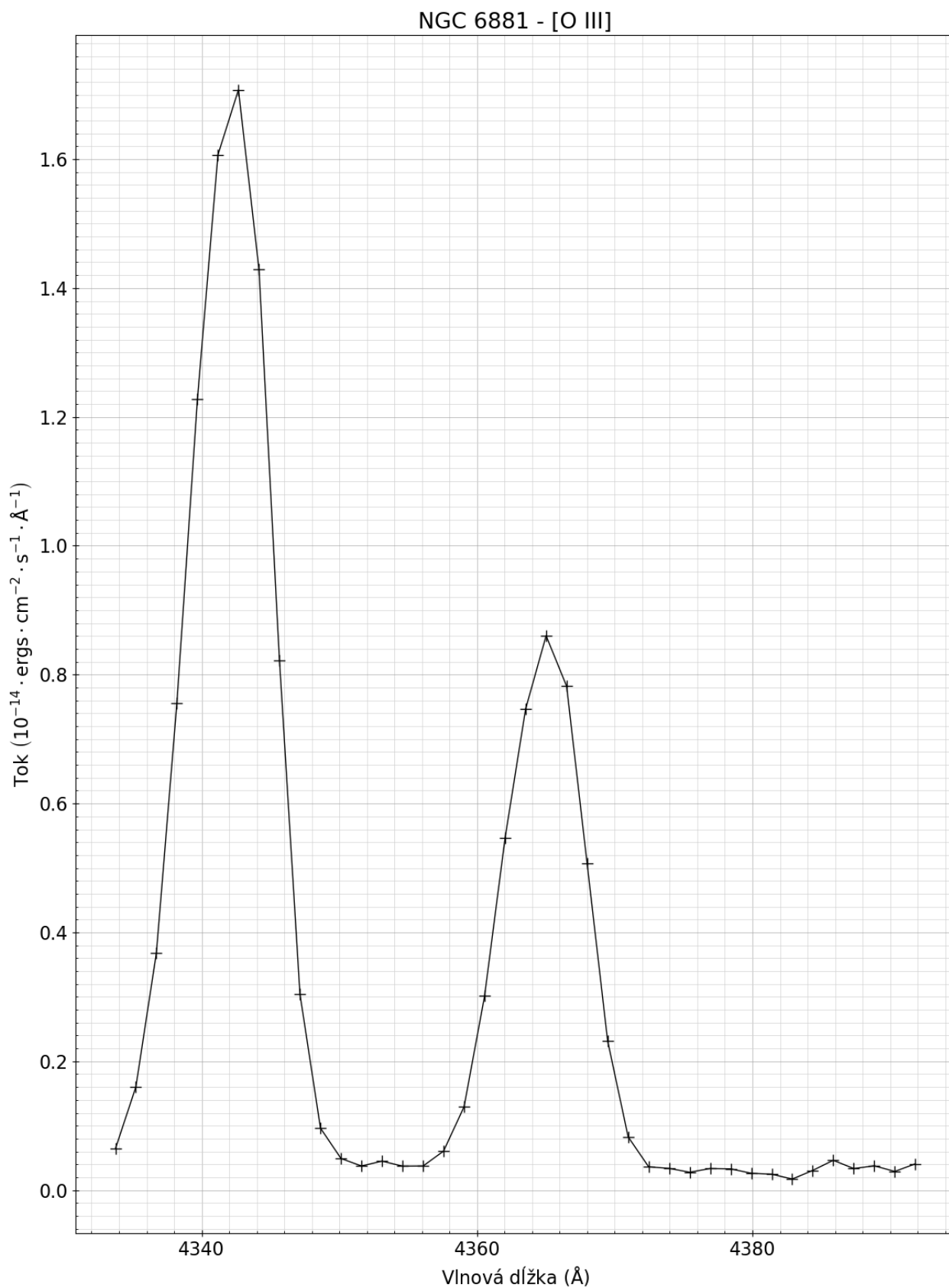
Obr. D1.2: Spektrum okolo vlnových dĺžok [Si II] 6716 Å a 6731 Å pre NGC 6881.
Dáta Prevzaté z: Williams College and the University of Oklahoma
<https://web.williams.edu/Astronomy/research/PN/nebulae/>.



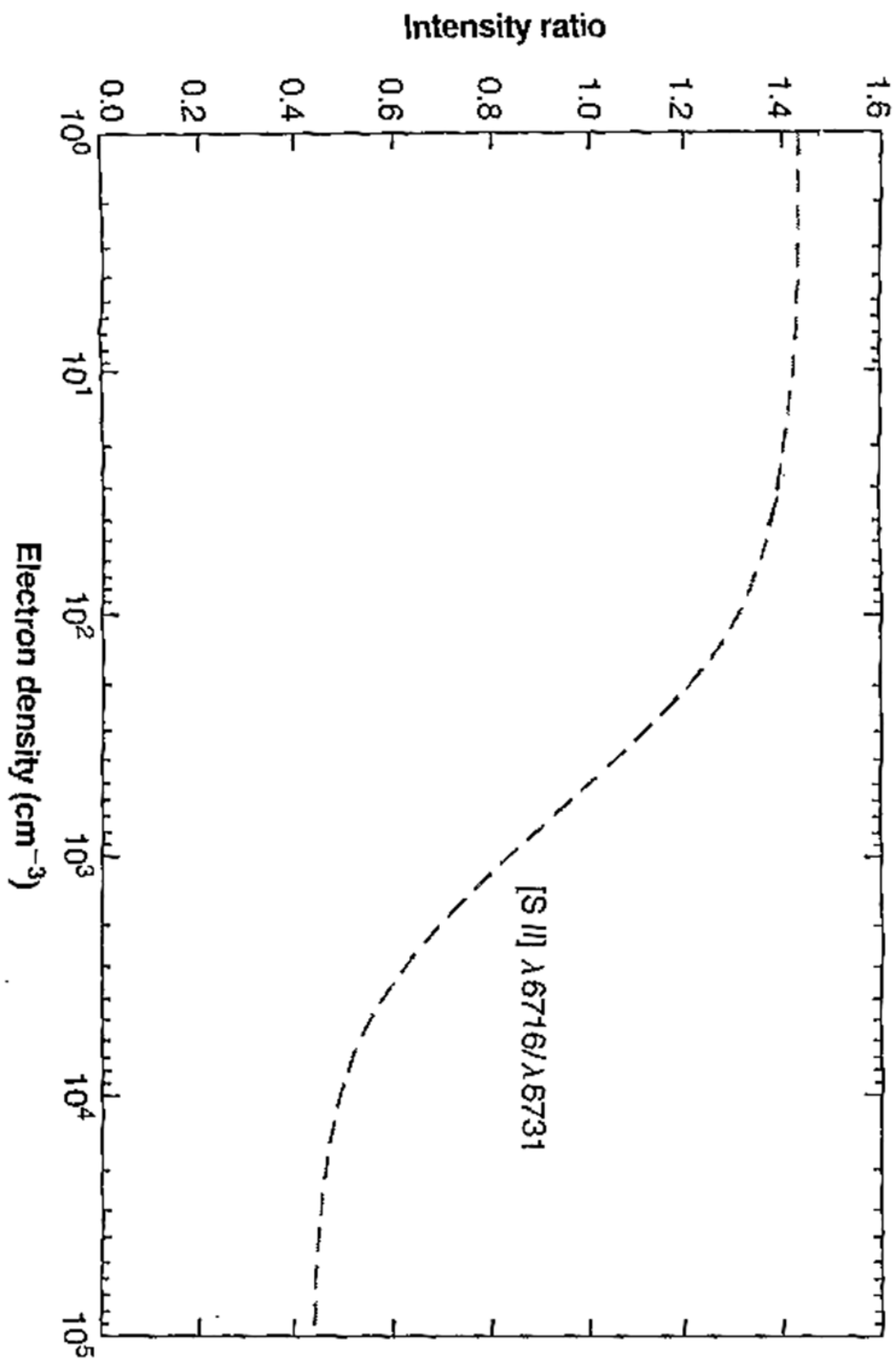
Obr. D1.3: Spektrum okolo vlnovej dĺžky [O III] 4959 Å pre NGC 6881.
Dáta Prevzaté z: Williams College and the University of Oklahoma
<https://web.williams.edu/Astronomy/research/PN/nebulae/>.



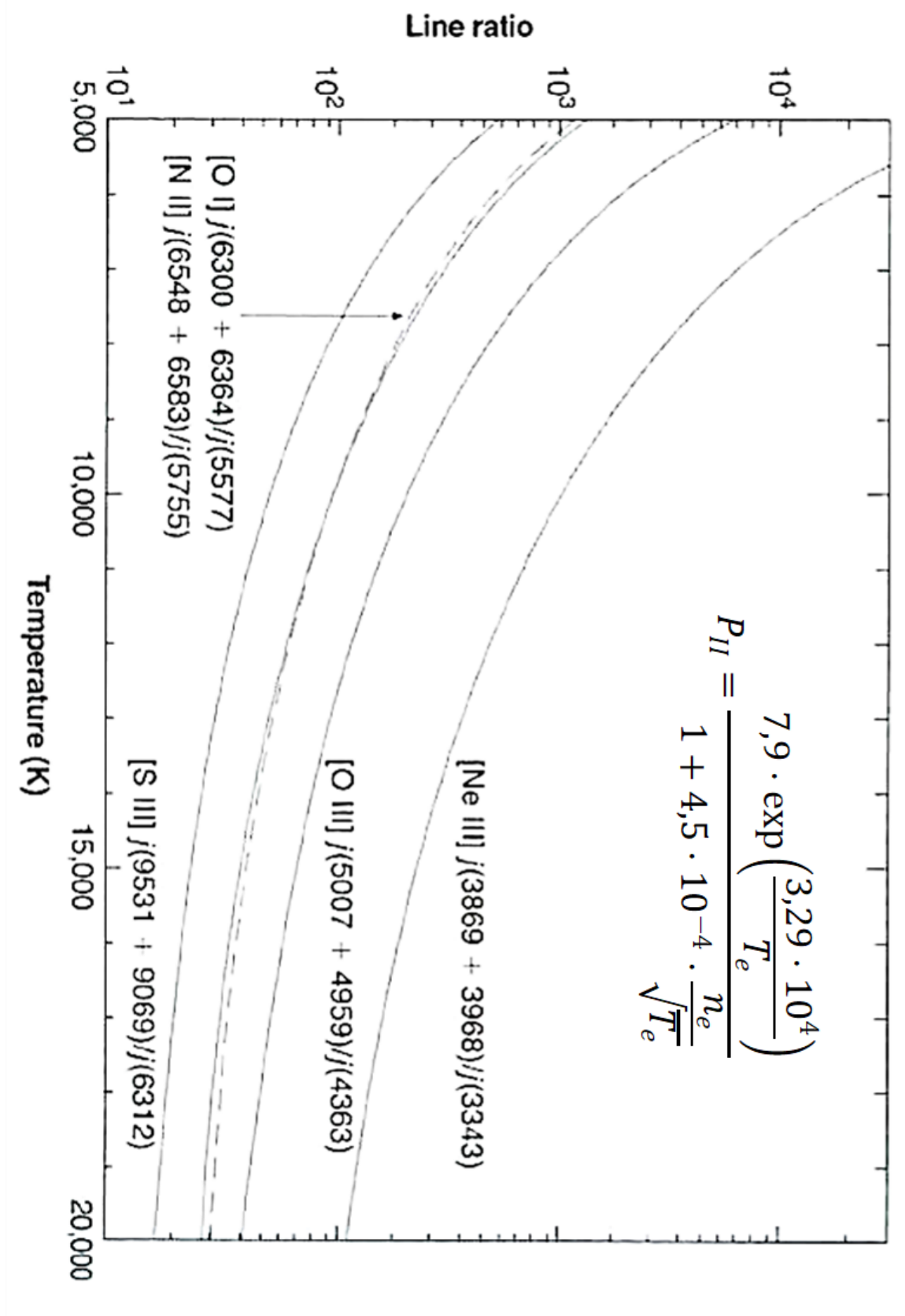
Obr. D1.4: Spektrum okolo vlnovej dĺžky [O III] 5007 Å pre NGC 6881.
Dáta Prevzaté z: Williams College and the University of Oklahoma
<https://web.williams.edu/Astronomy/research/PN/nebulae/>.



Obr. D1.5: Spektrum okolo vlnovej dĺžky [O III] 4363 Å pre NGC 6881.
Dáta Prevzaté z: Williams College and the University of Oklahoma
<https://web.williams.edu/Astronomy/research/PN/nebulae/>.



Obr. D1.6: Graf závislosti intenzity P_1 od elektrónovej hustoty.



Obr. D1.7: Graf závislosti intenzity P_{II} od elektrónovej teploty.