

Lietuvos mokinių dvidešimt antroji astronomijos olimpiada

Atrankinis etapas

XI – XII klasių mokiniai

1. Galaktikos juodosios skylės masė (15t)

Su James Webb kosminiu teleskopu buvo tyrinėtas tolimos galaktikos spinduliuotės spektro ruožas, apimantis vandenilio Balmerio serijos emisijos liniją $H\alpha$. Šios galaktikos spektrinio spinduliuotės srauto tankio skirstinys, apimantis šią liniją, pateiktas 1.1 pav. grafike, kuriame raudona kreive pažymėtas emisijos linijos plačiosios komponentės profilis. Šios komponentės spinduliuotės srauto tankis (intensyvumas) lygus $F = 2 \cdot 10^{-18} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$.

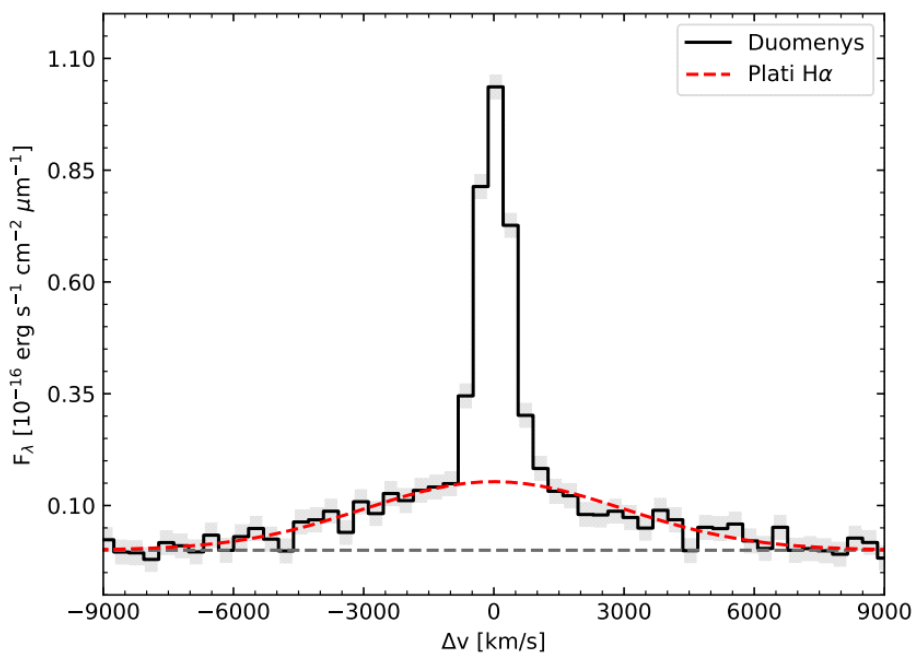
Tardami, kad šią plačiąją linijos komponentę spinduliuoja aktyviosios juodosios skylės (JS) aplinkoje esančios dujos, raskite šios juodosios skylės masę.

Galaktikos raudonasis poslinkis $z = 7$, o šviesio atstumas iki jos lygus $d = 70500 \text{ Mpc}$.

Juodosios skylės masė Saulės masės vienetais apskaičiuojama panaudojant $H\alpha$ linijos plačiosios komponentės matavimus pagal formulę:

$$\lg \frac{M_{\text{JS}}}{M_{\odot}} = 6,60 + 0,47 \lg \frac{L_{H\alpha}}{10^{42}} + 2,06 \lg \frac{(FWHM)_{H\alpha}}{1000}$$

čia $L_{H\alpha}$ – šviesis, įvertintas pagal $H\alpha$ linijos plačiosios komponentės emisiją, išreikštas erg/s , $(FWHM)_{H\alpha}$ – šios komponentės plotis ties jos emisijos maksimumo puse, išreikštas km/s .



1.1 pav. Galaktikos spektrinio spinduliuotės srauto tankio skirstinys ties $H\alpha$ linija

2. Kintamoji žvaigždė (10t)

Kintamosios žvaigždės spindesys kinta dėl to, kad keičiasi jos temperatūra ir matmenys. Nustatyta, kad šviesis vizualiojo spindesio minimume yra 2,2 karto didesnis už šviesį spindesio maksimume. Didžiausią energijos kiekį žvaigždė spinduliuoja vizualiojo spindesio maksimume 341 nm, o spindesio minimume – 83 nm bangomis.

Apskaičiuokite kintamosios žvaigždės spindulio vizualiojo spindesio maksimume santykį su jos spinduliu spindesio minimume.

3. Kur niekada nenusileidžia (nepateka) Kapela (10t)

Kuriose iš lentelėje nurodytų geografinių platumų Kapela (α Aur, Vežėjo α), kurios deklinacija $\delta = 46^{\circ}00'$, a) niekada nenusileidžia? b) niekada nepateka?

A	B	C	D	E	F	G
$55^{\circ}00' N$	$44^{\circ}30' N$	$55^{\circ}00' S$	$44^{\circ}30' S$	$65^{\circ}00' N$	$43^{\circ}30' N$	$43^{\circ}30' S$

N – (North) šiaurės platumas; S – (South) pietų platumas.

Atsakymai turi būti pagrįsti skaičiavimais.

4. Saulė pro H α filtrą (10t)

Su 500 mm židinio nuotolio ir 200 mm apertūros (veidrodžio skersmens) teleskopu planuojama stebėti Saulę su šviesos filtru, kurio pralaidumo juostos vidutinis bangos ilgis atitinka vandenilio Balmerio serijos linijos H α ilgį $\lambda_{\alpha} = 656,3$ nm.

a) Kokio židinio nuotolio okuliarą reikia naudoti, kad regimasis Saulės diskas užpildytų visą regėjimo lauką? Tarkite, kad okuliario regimasis laukas yra lygus 50° .

b) Kokio mažiausio dydžio darinius chromosferos paviršiuje galima išskirti su šiuo teleskopu?

c) Paaiškinkite, su kokia praktine stebėjimo problema bus susiduriama šiuo teleskopu žiūrint į chromosferos darinius bent kelis kartus didesniu didinimu, nei pateikta a) dalyje.

5. Parausvėjusi Vega (15t)

Vega (Lyros α) yra balta žvaigždė, kurios regimasis ryškis $V_V = 0,03$ ir $B_V = 0,03$. Arktūras (Jaučiaganio α) yra oranžinė žvaigždė, kurios regimasis ryškis $V_A = -0,05$ ir $B_A = 1,18$. Tarkime, kad Vega netrukus panirs į tarpžvaigždinių dulkių debesį ir dėl dulkių ekstinkcijos jos spalva taps tokia pat kaip ir Arktūro.

Koks tuo atveju būtų Vegos regimasis ryškis V ?

B ir V ryškių juostų vidutiniai bangų ilgiai lygūs: $\lambda_B = 438$ nm ir $\lambda_V = 545$ nm.

Tarpžvaigždinių dulkių ekstinkcija šiame bangų ilgių ruože proporcinga $\lambda^{-1,28}$.

Pastaba: Fizikinės ir astronominės konstantos pateiktos lentelėse 3-4 p.

Fizikinės konstantos

Konstanta	Simbolis	Vertė	Vienetai
Šviesos greitis vakuume	c	$2,99792 \cdot 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Gravitacijos konstanta	G	$6,67430 \cdot 10^{-11}$	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
Planko konstanta	h	$6,6261 \cdot 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$
Bolcmano konstanta	k	$1,3806 \cdot 10^{-23}$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
Stefano ir Bolcmano konstanta	σ	$5,6704 \cdot 10^{-8}$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
Vyno poslinkio dėsnio konstanta	b	$2,8978 \cdot 10^{-3}$	$\text{m} \cdot \text{K}$
Atominės masės konstanta (u)	$m_u = u$	$1,660539 \cdot 10^{-27}$	kg
Protono (rimties) masė	m_p	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	kg
Neutrono (rimties) masė	m_n	$1,6749 \cdot 10^{-27}$	kg
Elektrono (rimties) masė	m_e	$9,1094 \cdot 10^{-31}$	kg
Vandenilio (^1H) atomo masė	m_H	$1,6735 \cdot 10^{-27}$	kg
Helio (^4He) atomo masė	m_{He}	$6,6465 \cdot 10^{-27}$	kg

Saulės duomenys

Parametras	Simbolis	Vertė	Vienetai
Regimasis vizualinis ryškis	V_{\odot}	-26,74	ryškis
Absoliutusias vizualinis ryškis	$M_{V\odot}$	+4,83	ryškis
Absoliutusias bolometrinius ryškis	$M_{b\odot}$	+4,74	ryškis
Regimasis vidutinis kampinis skersmuo	θ_{\odot}	32	kampinės minutės
Masė	\mathcal{M}_{\odot}	$1,989 \cdot 10^{30}$	kg
Vidutinis spindulys	R_{\odot}	$6,957 \cdot 10^8$	m
Efektinė temperatūra	$T_{ef\odot}$	5772	K
Šviesis	L_{\odot}	$3,828 \cdot 10^{26}$	W

Žemės duomenys

Parametras	Simbolis	Vertė	Vienetai
Masė	\mathcal{M}_{\oplus}	$5,972 \cdot 10^{24}$	kg
Pusiaujinis spindulys	R_{\oplus}	$6,378 \cdot 10^6$	m
Atmosferos slėgis ties jūros lygiu		101325	Pa
Atmosferos refrakcija ties horizontu		35	kampinės minutės
Ekliptikos posvyris į dangaus pusiaują	ε	23,44	laipsniai
Saulinė para		24 86400,0	h s
Žvaigždinė (siderinė) para		23,93447 86164,09	h s
Atogrąžiniai metai		365,2422 $3,15569 \cdot 10^7$	d s
Žvaigždiniai (sideriniai) metai		365,2564 $3,15582 \cdot 10^7$	d s
Julijaus metai	a	365,2500 $3,15576 \cdot 10^7$	d s

Mėnulio duomenys

Parametras	Simbolis	Vertė	Vienetai
Regimasis vizualinis ryškis pilnatyje	V_{ζ}	-12,74	ryškis
Masė	\mathcal{M}_{ζ}	$7,346 \cdot 10^{22}$	kg
Pusiaujinis spindulys	R_{ζ}	$1,738 \cdot 10^6$	m
Orbitos didysis pusašis	a_{ζ}	$3,844 \cdot 10^8$	m
Orbitos posvyris į ekliptiką		5,145	laipsniai
Sinodinis mėnuo		29,53	d
Žvaigždinis (siderinis) mėnuo		27,32	d

Astronominiai atstumo vienetai

Astronominis vienetas, simbolis **au** [astronomical unit (**au**)]:

$$1 \text{ au} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

Parsekas, simbolis **pc** [parsec (**pc**)]:

$$1 \text{ pc} = 206265 \text{ au} = 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

Šviesmetis, simbolis **ly** [light year (**ly**)]:

$$1 \text{ ly} = 0,3066 \text{ pc} = 9,4607 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

Kampai ir kampiniai atstumai

Matuojami laipsniais ($^{\circ}$) ir jo dalimis – minutėmis ($'$) ir sekundėmis ($''$), arba radianais (rad).

$$1^{\circ} = 60' = 3600''$$

$$1 \text{ rad} = 57,2958^{\circ} = 206265''$$

Kampas α vadinamas labai mažu kampu, jei

$$\alpha < 0,01 \text{ rad} \approx 34',4$$

Labai mažų kampų atveju galioja ši taisyklė:

$$\sin \alpha = \text{tg } \alpha = \alpha$$

Pastaba: taikant šią taisyklę kampas α turi būti išreikštas radianais.