

**Міністерство освіти і науки України
Сумська обласна рада
Комунальний заклад Сумський обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти**

**Окремі методи
розв'язування олімпіадних задач з астрономії**

Збірник методичних матеріалів

Суми-2019

*Рекомендовано до друку вченою радою
Комунального закладу Сумський обласний інститут післядипломної
педагогічної освіти 27.11.2019 р., протокол № 11*

Упорядники:

О.В. Арнаутова – учитель фізики та астрономії закладу загальної середньої освіти I-III ступенів № 2 Тростянецької міської ради;
В.М. Карпуша – методист з фізики та астрономії КЗ Сумського ОІППО.
О.О. Пасько – старший викладач кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського держаного університету, кандидат педагогічних наук;
Ю.А. Ткаченко – учитель фізики комунальної установи Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 10 імені Героя Радянського Союзу О. Бутка м. Суми;
Т.Ю. Таранова – учитель фізики та астрономії Шосткиського навчально-виховного комплексу: спеціалізована школа I-II ступенів – ліцей Шосткинської міської ради;
І.О. Шевченко – учитель фізики та астрономії комунальної установи Сумська загальноосвітня школа I-III ступенів № 27 м. Суми.

Рецензенти:

І.Г. Яловець – методист вищої категорії навчального відділу КЗ Сумський ОІППО;
В.О. Кравченко – доцент кафедри енергетики в АПК Сумського національного аграрного університету, кандидат фізико-математичних наук.

Окремі методи розв'язування олімпіадних задач з астрономії: збірник методичних матеріалів / упоряд. О.В. Арнаутова, В.М. Карпуша, О.О. Пасько, Ю.А. Ткаченко, Т.Ю. Таранова, І.О. Шевченко – Суми: НВВ КЗ СОІППО, 2019. – 40 с.

У збірнику розміщено матеріали щодо використання окремих методів розв'язування завдань Всеукраїнської олімпіади з астрономії та олімпіади з астрономії інших країн.

Методичні матеріали рекомендовано вчителям фізики та учням закладів загальної середньої освіти з метою підготовки до участі у Всеукраїнській олімпіаді з астрономії.

© НВВ КЗ СОІППО, 2019

	Стор.
Передмова	4
1 Особливості розв'язування комбінованих задач Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії	5
Арнаутова О.В., учитель фізики та астрономії закладу загальної середньої освіти I-III ступенів № 2 Тростянецької міської ради	
2 Використання понять та законів фото- та спектрометрії під час розв'язування задач з астрономії	9
Карпуша В.М., методист з фізики та астрономії КЗ Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти	
3 Типи зір. Подвійні та нестационарні зорі.	19
Пасько О.О., старший викладач кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського держаного університету, кандидат педагогічних наук	
4 Методичні особливості навчання учнів розв'язуванню олімпіадних задач з теми «Час та календар»	23
Ткаченко Ю.А., учитель фізики комунальної установи Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 10 імені Героя Радянського Союзу О. Бутка м. Суми	
5 Використання понять «сонячний та зоряний час», «часове коло», «часовий круг» під час розв'язування задач IV етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії.	29
Таранова Т.Ю., учитель фізики Шосткинського навчально-виховного комплексу: спеціалізована школа I-II ступенів – ліцей Шосткинської міської ради	
6 Використання Інтернет-ресурсів у підготовці учнів до виконання завдання туру псевдоспостережень Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії	35
Шевченко І.О., учитель фізики та астрономії комунальної установи Сумська загальноосвітня школа I-III ступенів № 27 м. Суми	

Передмова

Одним із завдань астрономічного складника базового навчального предмету «Фізика і астрономія» у закладах загальної середньої освіти є формування в учнів навичок застосування загальних методів та алгоритмів розв'язування астрономічних задач та проблемних завдань із застосуванням законів природничих наук та знань з математики. Особливо актуальне дане завдання під час підготовки здобувачів освіти до участі у Всеукраїнській учнівській олімпіаді з астрономії, оскільки астрономія, як точна наука, використовує багатий математичний апарат, діапазон понять сучасної фізики хімії, біології, географії та інших наук й повною мірою спирається на їх закони.

Реалізувати це завдання може лише той учитель астрономії, який сам володіє даними навичками, може оцінити обсяг додаткових теоретичних знань, які виходять за межі навчальних програм з предметів природничого циклу та математики, але вимагаються під час виконання завдань III та IV етапів Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії.

На допомогу вчителям укладено даний збірник методичних матеріалів, який є продовженням збірника навчально-методичних матеріалів «Особливості розв'язування олімпіадних завдань з астрономії», виданого в 2017 році КЗ Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти на допомогу вчителям астрономії, які здійснюють підготовку здобувачів загальної середньої освіти до участі у Всеукраїнській олімпіаді з астрономії, та учням, які зацікавлені в поглибленому вивченні астрономії.

До збірника увійшли доповіді учасників обласного постійнодіючого семінару-тренінгу для вчителів астрономії, що відбувалися в 2017-2019 роках на базі Сумського ОІППО.

Особливості розв'язування комбінованих задач Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

Арнаутова О.В., учитель фізики та астрономії закладу загальної середньої освіти I-III ступенів №2 Тростянецької міської ради

Комбіновані задачі – це задачі, що передбачають використання багатьох закономірностей з різних тем і розділів астрономії.

Комбіновані задачі використовуються для поглибленого вивчення астрономії, формування уявлень про взаємозв'язки явищ, процесів, що відбуваються у Всесвіті при взаємодії небесних тіл.

Під астрономічною комбінованою задачею розуміємо певним чином змодельовану проблему, що спирається на астрономічну інформацію, яку розв'язують шляхом несуперечливих логічних міркувань та математичних дій із залученням законів фізики й астрономії [1].

Розв'язування комбінованих задач з астрономії може сприяти формуванню в учнів наступних важливих компетентностей:

- розпізнавання небесних об'єктів, природних явищ і процесів у Всесвіті;
- проведення дослідницької діяльності;
- розуміння сучасної фізичної картини світу і Всесвіту.

У методиці під астрономічною комбінованою задачею розуміють проблему, яка розв'язується за допомогою логічних умовиводів, математичних дій, експерименту на основі законів і методів фізики. Кожна задача містить інформаційну частину, умову й вимогу-запитання. Інформаційна частина може бути досить об'ємною, тому сам зміст задачі дозволяє знайомитись з історією, з досягненнями техніки, подавати відомості з інших наук.

Алгоритм розв'язування комбінованих задач.

1. З'ясувати, які теми розглядаються в задачі.
2. Уявити фізичні процеси, що пояснюють астрономічні явища, які представлені в задачі.
3. Записати усі закони та формули, що відносяться до даної теми.
4. Вивести формули, які пов'язують розділи астрономії.
5. Проаналізувати отриманий результат. Перевірити одиниці вимірювання.

Комбінована олімпіадна задача — це максимально повний (інакше комплексний) розгляд астрономічного явища, об'єкта чи їх системи. Зазвичай розв'язок складної задачі залежить від низки варіативних параметрів її оригінальної умови, а тому вимагає від учня нестандартного мислення й високого рівня ерудиції, широкого кругозору. Окрім хорошого володіння навчальним матеріалом (знання астрономії й фізичних законів), під час розв'язування такої задачі учень має проявити кмітливість і винахідливість, щоб, наприклад, відмовитися від пошуку розв'язку за певним усталеним стандартом. Тобто комбіновану (олімпіадну) задачу не

розв'язують прямо «за стандартом», до розв'язку потрібно дійти, виконавши попередньо деякі логічно несуперечливі дії з її умовою.

Задача 1

Астрофізики майбутнього проводили ремонт свого космічного корабля поблизу міжзоряного залізного сферичного астероїда з радіусом 1000 км. Під час ремонту один з дослідників загубив маленький сталевий підшипник, який почав вільно падати на поверхню астероїда. На якій мінімальній відстані від астероїда проводились ремонтні роботи, якщо відомо, що підшипник впавши на поверхню повністю розплавився. Відомо, що при ударі половина кінетичної енергії підшипника пішла на його розігрів.

Розв'язок

Розрахуємо гравітаційну енергію підшипника яка перейде в кінетичну в момент удару його об поверхню астероїда:

$$W = GmM \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right),$$

де M – маса астероїда, m – маса підшипника, R – радіус астероїда, r – відстань між центром астероїда та підшипником.

Оскільки астероїд міжзоряний, то впливу інших зір немає, отже і джерел випромінювання також немає, і початкова температура підшипника буде близька до 0 К.

Енергія яка потрібна для розігріву підшипника до температури плавлення, а потім на його розплавлення буде складати: $E = m(c\Delta T + \eta)$,

де $c = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – питома теплоємність сталі, $\eta = 8400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ – питома теплота плавлення.

Температура плавлення сталі складає 1400°C. Отже різниця температур, на яку потрібно розігріти підшипник, буде порядку $\Delta T = 1670\text{К}$.

За умовою задачі половина кінетичної енергії при ударі перейшла в теплоту розігріву підшипника, то $E = \frac{W}{2}$. Підставивши значення енергій

та врахувавши, що маса сталюого астероїда $M = \frac{4}{3}\pi\rho R^3$, отримаємо значення відстані між астероїдом і підшипником на початку падіння:

$$r = R \frac{1}{1 - \frac{A^2}{R^2}},$$

$$\text{де } A^2 = \frac{3(c\Delta T + \eta)}{2\pi G\rho} \approx 8,4 \cdot 10^{11} \text{м}^2$$

Підставивши значення радіуса, отримаємо $r \approx 6400$ км.

Отже висота над астероїдом $h = r - R = 5400$ км.

Задача 2

Сонячна стала складає 1366 Вт/м^2 . Вважаючи, що енергія Сонця береться з реакції синтезу ядер гелію з ядер водню, обрахуйте скільки водню згорає щосекунди на Сонці.

Розв'язок

Маса спокою протона $m(\text{H}) = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, маса спокою ядра гелію (альфа-частинка) $m(\text{He}) = 6,6429 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, вважаємо, що переважно більша частина енергії синтезу йде у електромагнітне випромінювання. Тоді дефект маси в реакції утворення одного ядра гелію буде складати: $\Delta m = 4 m(\text{H}) - m(\text{He}) = 4,58 \cdot 10^{-29} \text{ кг}$, що відповідає енергії $4,122 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$.

Сонячна стала – це потік електромагнітної енергії яка надходить на орбіту Землі від Сонця. З неї легко розрахувати загальну енергію, що випромінюється Сонцем за одну секунду

$$4\pi r^2 \cdot I = 4\pi \cdot 1366 \cdot 2,23 \cdot 10^{22} \text{ Дж} = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ Дж}.$$

Отже, кількість реакцій синтезу ядер гелію за одну секунду на Сонці має складати .

Помноживши цю величину на 4 отримаємо кількість атомів водню, які потрібні для світіння Сонця: $3,6 \cdot 10^{38}$, а отже загальна маса водню складає близько $6 \cdot 10^{11} \text{ кг}$.

Задача 3

Комета Галлея обертається з періодом $T = 76,03 \text{ р}$ і наближається до Сонця на відстань $0,6 \text{ а. о.}$. У скільки разів Сонце освітлює комету краще в перигелії, ніж в афелії?

Розв'язок

Використовуючи третій закон Кеплера $T^2 = a^3$ та співвідношення $a = \frac{r_1 + r_A}{2}$ визначаємо афелійну відстань комети Галлея $r_A = 35,3 \text{ а. о.}$. Ураховуючи, що освітленість визначається $E = \frac{I}{R^2}$, отримуємо $\frac{E_1}{E_A} = \frac{r_A^2}{r_1^2} \approx 3460$ разів.

Задача 4

У далекій галактиці спалахнула наднова з видимою зоряною величиною 15^m . Оцінити червоне зміщення лінії $\text{H}\alpha$ в спектрі галактики ($\lambda 6563 \text{ \AA}$). (Абсолютна зоряна величина наднової складає -20^m).

Розв'язок

Згідно формули можна оцінити відстань до об'єкта (в класичних міркуваннях) $M = m + 5 - 5 \lg r$, $r = 10^8$. Із закону Хаббла $v = Hr$, (приймаємо сталу Хаббла $75 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$).

Зміщення спектральної лінії буде складати, згідно ефекту Доплера:

$$\Delta \lambda = \lambda \cdot \frac{v}{c} = \frac{H \lambda r}{c} = \frac{H \lambda 10^{0,2(m+5-M)}}{c} \approx 164 \text{ \AA}.$$

Задача 5

Кулясте зоряне скупчення на нашому небі має блиск +4,5 і видимий діаметр 25'. Відстань до скупчення 3 кпк. Вважаючи, що скупчення складається виключно з зірок типу Сонця, що рівномірно займають його об'єм, а поглинання світла немає, оцініть яскравість на нічному боці планети, що обертається довкола зірки поблизу центра скупчення. Порівняйте з освітленістю на Землі при повному Місяці.

Розв'язок

Радіус скупчення $r_0 = \frac{25' \cdot 60}{206265} \cdot 3000 \cdot \frac{1}{2} = 10,9 \text{ нк}$

Його об'єм $V = \frac{4}{3} \pi r_0^3 = 5,42 \cdot 10^3 \text{ нк}^3$

З відстані 3 кпк зірка типу нашого Сонця буде мати зоряну величину $m_0 = M_0 - 5 + 5 \lg r = 17.1$

Тому всього зірок у скупченні (m_0 – зоряна величина всього скупчення).

$$N = 10^{0.4(m_0 - m)} = 1.095 \cdot 10^5$$

А їх концентрація

$$n = \frac{N}{V} = 20.2 \text{ нк}^{-3}$$

Кількість зірок у сферичній оболонці $dN = 2\pi r^2 dr \cdot n$

Зоряна величина окремої зірки $m = M_0 - 5 + 5 \lg r$

Освітленість від неї

$$j = \frac{1}{r^2} (J \cdot 10^{2-0.4M_0})$$

Освітленість від усіх зірок оболонки

$$J = 2\pi n r^2 \frac{1}{r^2} j \cdot 10^{2-0.4M_0} dr$$

Освітленість від усіх зірок скупчення є сума всіх освітленостей від усіх зірок скупчення.

$$J_T = 2\pi n \cdot J \cdot 10^{2-0.4M_0} \cdot r_0 = J \cdot 1.83 \cdot 10^3$$

Повна зоряна величина

$$m = -2.5 \lg \frac{J_T}{J} = -8.2$$

Приблизно в 60 разів темніше, ніж при повному Місяці на Землі.

Використані джерела:

1. Крячко І.П. Методика навчання астрономії в старшій загальноосвітній школі. – К.: Видавничий центр «Наше небо», 2018. – 244 с
2. Крячко І. П. Найважливіші досягнення і перспективи розвитку сучасної астрономії [Електронний ресурс] // Астроосвіта: [сайт]. – Текст. і граф. дані. – К.: 2008-2016. – Режим доступу: http://www.astroosvita.kiev.ua/infoteka/articles/astro_uspix.pdf
3. Казанцев А. М. Збірник різнорівневих завдань для проведення державної підсумкової атестації з астрономії / А. М. Казанцев, І. П. Крячко. – Харків: Гімназія, 2008. – 46 с.
4. Чепрасов В. Г. Завдання, запитання і задачі з астрономії: Посібник для вчителів / В. Г. Чепрасов. – К.: Рад. школа, 1984. – 144 с.
5. Новак О. Збірник задач і запитань з астрономії для загальноосвітніх навчальних закладів України / О. Новак. – Рівне: Волинські береги, 2007. – 255 с.
6. Кузьменков С. Г. Зорі. Астрофізичні задачі з розв'язаннями / С. Г. Кузьменков. – К.: Освіта України, 2010. – 206 с.
7. Довідник учителя фізики, астрономії в запитаннях та відповідях / Авт.-упоряд. О. В. Хоменко. – Харків: Веста: Видавництво «Ранок», 2006. – С. 380-386.
8. Всеукраїнський астрономічний педагогічний фестиваль [Електронний ресурс] // Астроосвіта: [сайт]. – Текст. і граф. дані. – К., 2009. – Режим доступу: http://www.astroosvita.kiev.ua/proekty/astrofestyval/astro_F3.html.

Використання понять та законів фото- та спектрометрії під час розв'язування задач з астрономії

Карпуша В.М., методист з фізики та астрономії комунального закладу Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти.

Традиційно розвиток уявлень про об'єкти космосу відбувався в результаті появи нових знань на основі аналізу випромінювання (як відбитого від поверхні, так і випроміненого самим об'єктом), спостережуваного в оптичний або інші види телескопів. Так спочатку сформувалися методи дослідження небесних тіл, як точкова та поверхнева фотометрія, а потім – спектроскопія, яка вивчає спектральний склад електромагнітного випромінювання астрономічних об'єктів.

Незважаючи на те, що астрономія містить у собі весь діапазон понять сучасної фізики й значною мірою спирається на її закони, у навчальних програмах з фізики та астрономії для закладів загальної середньої освіти окремі поняття фотометрії та закони, що враховують хвильові властивості випромінювання космічних об'єктів, з'явилися лише

зараз. Серед них поняття сили світла та освітленості, закон Стефана-Больцмана та закон зміщення Віна. Проте в завданнях IV етапу Всеукраїнської олімпіади з астрономії дані знання застосовуються досить часто.

Звернемося ще раз до понять фото- та спектрометрії, які використовуються під час розв'язання задач Всеукраїнської олімпіади з астрономії.

Поверхнева фотометрія

Світловий потік – кількість енергії електромагнітного поля, яке проходить через деяку поверхню за одиницю часу.

Позначається: Φ .

Одиниця: люмен (1 лм).

Тілесний кут – частина простору, яка є об'єднанням усіх променів, що виходять з деякої точки (вершини кута) і перетинають деяку поверхню, яка називається поверхнею, що стягує даний тілесний кут (рис.1).

Позначається: Ω .

Розраховується: Мірою тілесного кута з вершиною в центрі сфери є відношення площі сферичної поверхні, на яку він спирається, до квадрата радіуса сфери R :

$$\Omega = \frac{S}{r^2}$$

Одиниця: стерadian – тілесний кут, вирізаний зі сфери радіуса R , і площею R^2 .

Повна сфера має тілесний кут 4π .

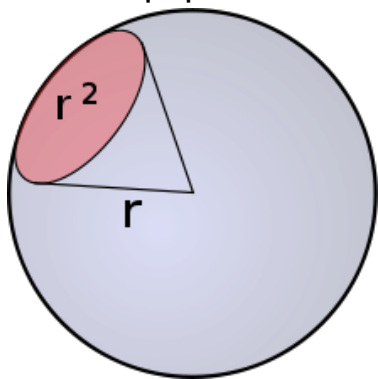


Рис. 1. Тілесний кут.

Сила світла – величина світлового потоку в межах одиничного тілесного кута.

Позначається: I .

Розраховується: $I = \frac{\Phi}{\Omega}$;

Одиниця: кандела (1 кд).

Освітленість – величина світлового потоку, яка падає на одиницю площі поверхні.

Позначається: E .

Одиниця: люкс (1лк).

Розраховується: $E = \frac{\Phi}{S}$, $E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi$

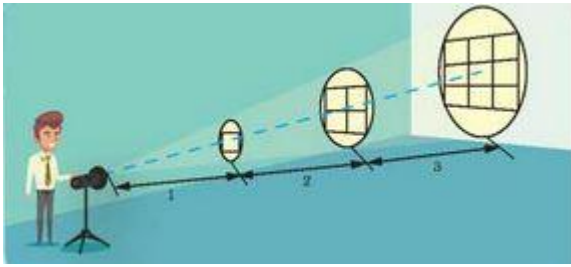


Рис. 2. Залежність освітленості поверхні від відстані до джерела.

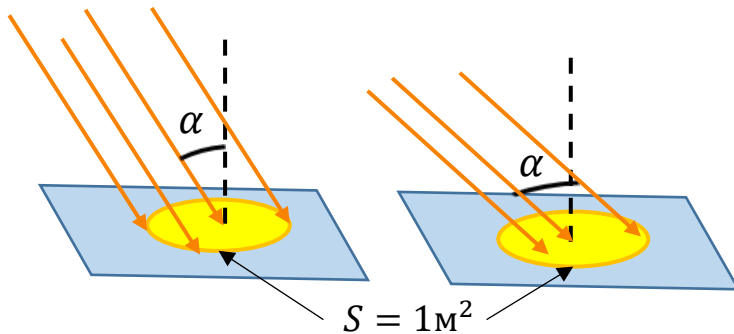


Рис. 3. Залежність освітленості поверхні від кута падіння променя світла.

Світність – величина світлового потоку, який випромінюється з усієї поверхні астрономічного об'єкту або кількість енергії, яка випромінюється астрономічним об'єктом (зіркою, галактикою тощо) з усієї поверхні за одиницю часу.

Позначається: L .

Розраховується: $L = ES$;

Одиниця: Джоуль (1 Дж).

Точкова фотометрія

Блиск джерела світла – освітленість поверхні з площею 1 м^2 світловим потоком, який падає перпендикулярно до площини поверхні (рис. 4).

Позначається: E .

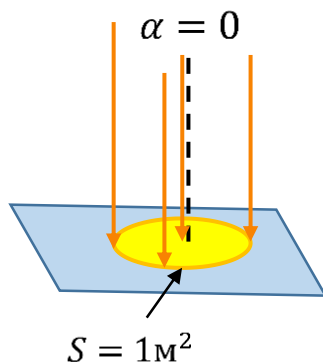


Рис. 4. Напрямок світлового потоку при вимірюванні блиску.

Видима зоряна величина – блиск небесного тіла або світловий потік, що надходить від небесного тіла за одиницю часу до земного спостерігача.

Позначається: m .

Розраховується: $m = -14^m - 2,5 \lg E$;

$$\frac{E_2}{E_1} = 2,512^{m_1 - m_2} = 10^{0,4(m_1 - m_2)} \text{ або } m_1 - m_2 = -2,5 \lg \frac{E_2}{E_1}$$

Одиниця: Джоуль (1 Дж).

Абсолютна зоряна величина – це така видима зоряна величина, яку б мав астрономічний об'єкт, якби розміщувався на відстані 10 парсек від спостерігача.

$$M = m + 5 - 5 \lg r.$$

$$\text{Світність: } \frac{L_2}{L_1} = 10^{0,4(M_1 - M_2)}.$$

Спектрофотометрія

Абсолютно чорне тіло – фізична абстракція, що вживається у термодинаміці; тіло, яке цілком поглинає проміння (всіх довжин хвиль), що падає на нього. Не зважаючи на назву, абсолютно чорне тіло може випускати теплове випромінювання.

Закон Стефана-Больцмана: Енергетична світність абсолютно чорного тіла пропорційна четвертому степеню термодинамічної температури:

$$E = \sigma T^4,$$

де $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ – стала Больцмана, E – енергетична світність – кількість енергії, випромінюваної з одиничної поверхні за одиницю часу у всьому інтервалі частот від 0 до ∞ при даній температурі T .

Закон зміщення Віна: Довжина хвилі, для якої потік випромінювання чорного тіла досягає свого максимуму, обернено пропорційна абсолютної температури чорного тіла.

$$\lambda_{\max} \cdot T = b$$

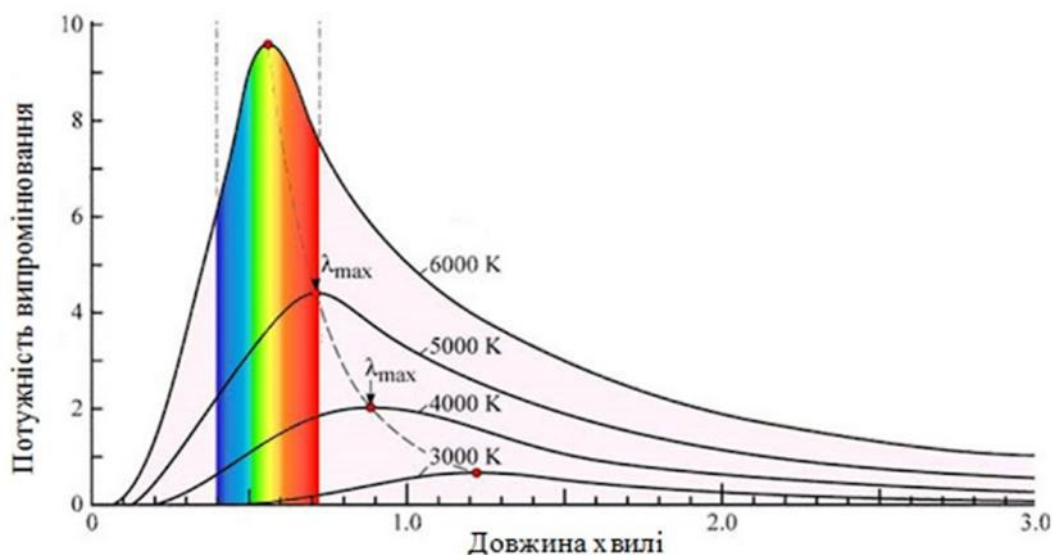


Рис. 5. Залежність потужності випромінювання від довжини хвилі.

Наведемо приклади розв'язування задач із застосуванням знань з фото- та спектрометрії.

Задача 1

Білий карлик. У 1751 році французький астроном Ніколя Луї де Лакай вивчав популяцію білих карликів у кулястому скупченні NGC 6397, що в сузір'ї Жертовника. Один із білих карликів популяції має такі параметри: радіус зорі – 6000 км, ефективна температура – 10000 К, маса зорі – $1,99 \cdot 10^{30}$ кг.

Припустимо, що цей об'єкт пролітає крізь скупчення кометних ядер, кожне з яких має радіус 1 км і густину 1 г/см^3 . Скільки кометних ядер повинно впасти за добу на поверхню білого карлика, щоб його світність зросла на 100 %? Чи вистачить цієї кількості ядер, щоб об'єкт вибухнув як наднова типу 1а? Стала Стефана-Больцмана $5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$, маса Сонця $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ кг.

Розв'язок

Початкова світність білого карлика $L_0 = ES$.

За законом Стефана Больцмана енергія E , яка випромінюється з одиниці поверхні абсолютно чорного тіла за одиницю часу, визначається $E = \sigma T^4$. Площа поверхні білого карлика $S = 4\pi R^2$. Тоді $L_0 = \sigma T^4 \cdot 4\pi R^2$ (1)

Під час падіння кометних ядер їх потенціальна енергія перетворюється в енергію випромінювання білого карлика: $NE_{\text{я}} = \Delta L t$, де N – кількість кометних ядер, які впали на білий карлик, $\Delta L = L_0$ – зміна світності білого карлика, t – час падіння кометних ядер. З урахуванням виразу (1) отримаємо $NE_{\text{я}} = \sigma T^4 \cdot 4\pi R^2 t$. Звідси, $N = \frac{\sigma T^4 \cdot 4\pi R^2 t}{E_{\text{я}}}$ (2).

Потенціальна енергія кометного ядра $E_{\text{я}}$ по відношенню до білого карлика: $E_{\text{я}} = m_{\text{я}}gh = m_{\text{я}}gR = \rho V_{\text{я}}gR = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot gR$.

Прискорення вільного падіння на білому карлику визначимо з закону всесвітнього тяжіння: $m_{\text{я}}g = G \frac{m_{\text{я}}M}{R^2} \rightarrow g = G \frac{M}{R^2}$.

Отже, $E_{\text{я}} = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot G \frac{M}{R}$.

Підставимо цей вираз у вираз (2): $N = \frac{\sigma T^4 \cdot 4\pi R^2 t}{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot G \frac{M}{R}} = \frac{3\sigma T^4 R^3 t}{\rho r^3 GM}$;

$$N = \frac{3 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \cdot (10^4 \text{ К})^4 \cdot (6 \cdot 10^6 \text{ м})^3 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot (10^3 \text{ м})^3 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н}}{\text{кг}^2 \cdot \text{м}^2} \cdot 1,99 \cdot 10^{30} \text{ кг}} \approx 240.$$

Білий карлик вибухне як наднова типу 1а, якщо його маса досягне межі Чандрасекара, тобто його маса збільшиться до $1,4M_{\odot}$:

$$1,4M_{\odot} = 1,4 \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ кг} = 2,8 \cdot 10^{30} \text{ кг}.$$

Маса усіх кометних ядер, які впали на білий карлик, дорівнює:

$$m_{\text{я}} = N \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = 240 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (10^3 \text{ м})^3 = 1005,6 \cdot 10^{12} \text{ кг}.$$

Отже, маса кометних ядер значно менша за масу, необхідну для вибуху білому карлику, тому впродовж доби спалаху Наднової не відбудеться.

Задача 2

UV Кита. Змінна зоря типу UV Кита, що має температуру поверхні 3000 К під час спалаху змінила свій блиск на 2 зоряні величини. У максимумі спалаху зі спектрофотометричних спостережень встановлено, що температура склала 12000 К. Оцініть, яка частина площі зорі охоплена спалахом. Вважати, що спалах відбувся поблизу центру видимого диску зорі.

Розв'язок

За умовою задачі невідомо на якій частині диску зорі відбувся спалах. Очевидно, що чим ближче спалах до лібму, тим менше його проекція на картинну площину, і менший внесок у загальну світність. Нехай спалах відбувся поблизу центру видимої півкулі зорі.

До спалаху світність зорі $L_0 = ES_0$, де S_0 – площа видимої півкулі зорі. За законом Стефана-Больцмана $E = \sigma T_0^4$, тому $L_0 = \sigma T_0^4 S_0$, де T_0 – початкова температура зорі.

Світність спалаху: $L_{\text{сп}} = \sigma T_{\text{сп}}^4 S_{\text{сп}}$.

Якщо площа спалаху значно менша за загальну площу зорі, то повна світність зорі під час спалаху: $L \approx L_0 + L_{\text{сп}}$.

Скористаємося інформацією про зміну зоряної величини:

$$\begin{aligned}\frac{L_0}{L} &= 10^{-0,4 \cdot \Delta m}; \\ \frac{\sigma T_0^4 S_0}{\sigma T_0^4 S_0 + \sigma T_{\text{сп}}^4 S_{\text{сп}}} &= 10^{-0,4 \cdot \Delta m}; \\ 1 + \left(\frac{T_{\text{сп}}}{T_0}\right)^4 \frac{S_{\text{сп}}}{S_0} &= 10^{0,4 \cdot \Delta m}; \\ \frac{S_{\text{сп}}}{S_0} &= (10^{0,4 \cdot \Delta m} - 1) \left(\frac{T_0}{T_{\text{сп}}}\right)^4.\end{aligned}$$

$$\frac{S_{\text{сп}}}{S_0} = (10^{0,4 \cdot 2} - 1) \left(\frac{3000}{12000}\right)^4 \approx 0,02.$$

Спалах займає 2 % видимої півкулі зорі. Якщо врахувати всю поверхню зорі то площа спалаху буде в 2 рази меншою й складатиме приблизно 1 %.

Задача 3

Астероїд. Десь у нашій Сонячній системі літає темний астероїд, який швидко обертається. Довжина хвилі, на яку припадає максимум енергії його випромінювання, може змінюватися в три рази. Визначте ексцентриситет орбіти цього небесного тіла.

Розв'язок

Розглядатимемо астероїд як абсолютно чорне тіло. Енергія сонячного випромінювання $Q_{\text{пог}}$, яке поглинає астероїд, перетворюється в енергію теплового випромінювання астероїда $Q_{\text{вип}}$: $Q_{\text{пог}} = Q_{\text{вип}}$.

Розглянемо ділянку площею 1 м^2 . Енергія поглиненого сонячного випромінювання $Q_{\text{пог}}$ цієї ділянки є освітленістю поверхні астероїда й залежить від відстані до Сонця r :

$$Q_{\text{пог}} = E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi = \frac{I}{r^2},$$

де I – сила світла Сонця як джерела світла, $\varphi = 90^\circ$ – кут падіння світлового потоку на поверхню астероїда.

Теплове випромінювання $Q_{\text{вип}}$ одиничної ділянки астероїда за законом Стефана-Больцмана дорівнює $E = \sigma T^4$. Але за законом зміщення Віна $T = \frac{b}{\lambda_{\text{max}}}$, тому $Q_{\text{вип}} = \frac{\sigma b^4}{\lambda_{\text{max}}^4}$.

Враховуючи рівність енергій поглинутого та випромінюваного випромінювання, отримаємо, що $\frac{I}{r^2} = \frac{\sigma b^4}{\lambda_{\text{max}}^4}$ (1). Отже, довжина хвилі теплового випромінювання астероїда залежить від відстані до Сонця: $\lambda_{\text{max}}^2 \sim r$.

За умовою задачі λ_{max} змінилася в 3 рази. Це можливо, коли астероїд знаходився в апофелії та перигелії:

$$r_{\text{п}} = a(1 - e),$$

$$r_{\text{а}} = a(1 + e),$$

де a – велика піввісь орбіти астероїда, e – його ексцентриситет.

Використаємо ці відстані в рівнянні (1): $\frac{I}{(a(1-e))^2} = \frac{\sigma b^4}{\lambda_{\text{max п}}^4}$;

$$\frac{I}{(a(1+e))^2} = \frac{\sigma b^4}{\lambda_{\text{max а}}^4}.$$

Виконаємо ділення рівнянь та отримаємо $\frac{a(1+e)}{a(1-e)} = \frac{\lambda_{\text{max а}}^2}{\lambda_{\text{max п}}^2} = 9$.

$$e = 0,8.$$

Задача 4

Визначте, до якої температури можна нагріти абсолютно чорну куля радіусом r за допомогою сонячного випромінювання, яке збирається дзеркалом, що має діаметр D та фокусну відстань F . Вважайте температуру усіх точок кулі однаковою. Втратами енергії на шляху до кулі знехтуйте.

(Всеросійська олімпіада з астрономії, 2005 рік)

Розв'язок

За умовою задачі на шляху до кулі світло:

- 1) випромінюється Сонцем у напрямку Землі;

2) падає на поверхню сферичного дзеркала телескопа, який формує зображення Сонця;

3) поглинається кулею й енергія електромагнітного випромінювання перетворюється в теплову.

Кількість теплової енергії кулі обмежується двома обставинами. По-перше, тією енергією світла, яке потрапило на сферичне дзеркало та сформувало зображення Сонця. По-друге, кількістю світла, яке потрапило на поверхню кулі. Якщо розмір кулі перевищує розмір зображення Сонця (тобто на кулі є світлова пляма), то вся енергія світла, яке потрапило на сферичне дзеркало, перетвориться в теплову енергію кулі. У даному випадку, куля отримає максимальну кількість енергії. Якщо ж розмір кулі буде меншим за розмір зображення Сонця, то частина світла проходитиме повз кулю й вона буде поглинати не всю енергію сонячного випромінювання, яке потрапило на дзеркало.

Щоб оцінити енергію світла, яке потрапило на сферичне дзеркало та сформувало зображення Сонця, необхідно освітленість Землі E (тобто потік світла, який падає на 1 м^2 поверхні Землі) помножити на площу круга, яке обмежує сферичне дзеркало, $S_{\text{Д}}$: $E' = ES_{\text{Д}}$.

$$E' = ES_{\text{Д}} = E \cdot \pi R_{\text{Д}}^2 = E \cdot \pi \frac{D^2}{4} \quad (1), \text{ де } D - \text{діаметр дзеркала.}$$

$E = \frac{I}{l^2}$ (2), де I – сила світла Сонця (світловий потік, який випромінюється Сонцем у напрямку Землі), l – відстань від Сонця до Землі.

Сила світла Сонця: $I = \frac{\Phi}{\Omega} = \frac{\Phi}{4\pi}$ (3), оскільки Сонце є сферою та світло випромінюється в тілесному куті $\Omega = 4\pi$.

За одиницю часу з усієї поверхні Сонця випромінюється потік електромагнітних хвиль Φ , який має енергію рівну світності зорі $L = ES$ (4), де E – енергія випромінювання Сонця з одиниці площі поверхні в одиницю часу, S – площа поверхні Сонця.

Енергія випромінювання Сонця з одиниці площі поверхні в одиницю часу за законом Стефана-Больцмана $E = \sigma T^4$ (5), де $T = 6000 \text{ К}$ – температура Сонця. Площа поверхні Сонця. $S = 4\pi R^2$ (6), де $R = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$ – радіус Сонця.

$$\text{Підставимо вирази (5) та (6) у вираз (4): } L = ES = \sigma T^4 \cdot 4\pi R^2 \quad (7)$$

Урахуємо вираз (7) у виразі (3):

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} = \frac{L}{4\pi} = \frac{\sigma T^4 \cdot 4\pi R^2}{4\pi} = \sigma T^4 R^2 \quad (8).$$

$$\text{Підставимо вираз (8) у вираз (2): } E = \frac{\sigma T^4 R^2}{l^2} \quad (9).$$

З урахуванням даного виразу в виразі (1), отримаємо, що енергія світла, яке потрапило на сферичне дзеркало,:

$$E' = E \cdot \pi \frac{D^2}{4} = \frac{\sigma T^4 R^2}{l^2} \cdot \pi \frac{D^2}{4} \quad (10).$$

Щоб розглянути варіанти поглинання світла кулею, оцінимо розміри зображення Сонця, сформованого телескопом. Хід променів від Сонця до телескопа та утворення зображення Сонця показано на рис. 6.

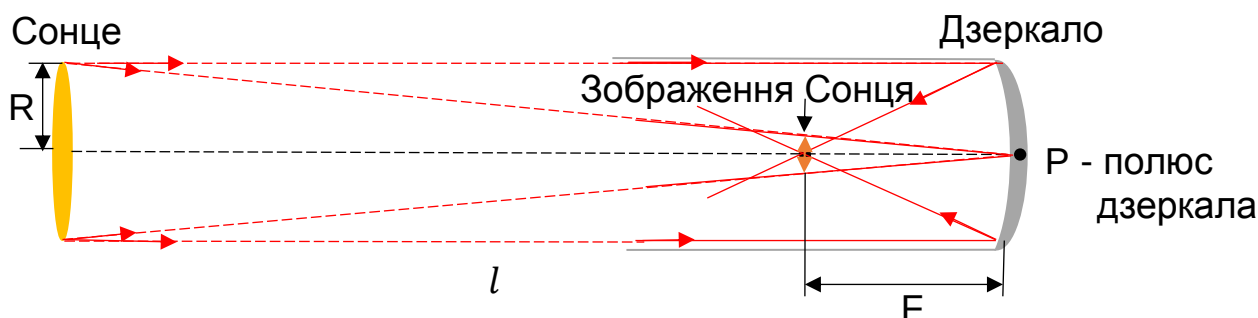


Рис. 6. Утворення зображення Сонця в фокальній площині сферичного дзеркала.

Промені утворюють подібні трикутники, які позначені зеленим кольором на рис. 7.

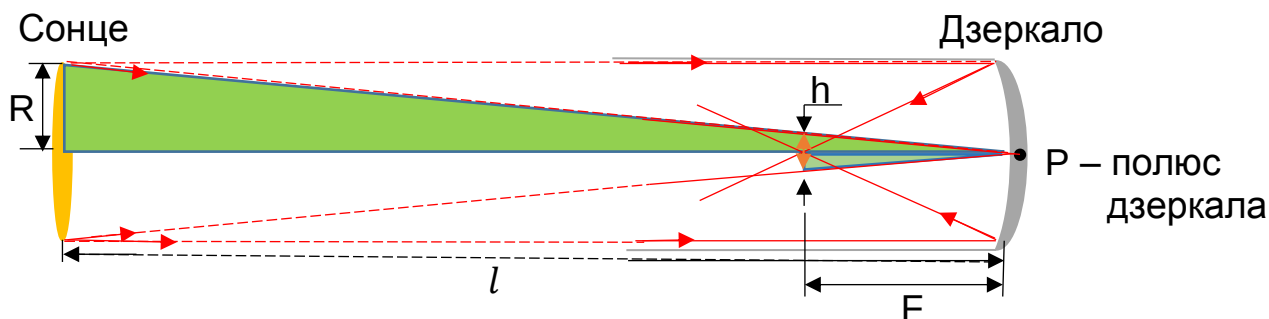


Рис. 7. Подібні трикутники, утворення ходом променів.

На рис. 2: h – розміри зображення Сонця; R – радіус Сонця; F – фокусна відстань сферичного дзеркала; l – відстань від Сонця до Землі.

Із співвідношення сторін подібних трикутників: $\frac{2R}{h} = \frac{l}{F}$.

Звідси $h = \frac{2RF}{l}$ (11).

Для випадку, коли розмір кулі перевищує розмір зображення Сонця, уся енергія світла E' , яке потрапило на сферичне дзеркало, а потім на кулю, перетвориться в теплову енергію, й куля буде випромінювати як абсолютно чорне тіло. Енергія випромінювання кулі E_k з урахуванням закону

Стефана-Больцмана: $E_K = \sigma T_K^4 \cdot S_K = \sigma T_K^4 \cdot 4\pi r^2$ (12), де S_K – площа поверхні кулі.

При деякій температурі кулі T величини енергій поглинутого та випроміненого кулею електромагнітних хвиль зрівняються: $E' = E_K$;

$$\frac{\sigma T^4 R^2}{l^2} \cdot \pi \frac{D^2}{4} = \sigma T_K^4 \cdot 4\pi r^2.$$

$$\text{Звідси, } T_K = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{RD}{lr}} = 290\text{K} \cdot \sqrt{\frac{D}{2r}}.$$

Якщо ж діаметр кулі буде меншим за розмір зображення Сонця h , то частина світла проходить повз кулю й вона буде поглинати не всю енергію сонячного випромінювання, яке потрапило на дзеркало.

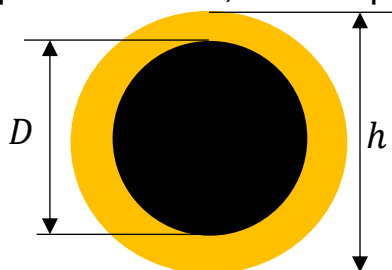


Рис. 8. Освітлення кулі у випадку, коли діаметр кулі менший за розмір зображення Сонця.

На одиницю площі зображення Сонця в фокальній площі за 1 секунду потрапляє сонячне випромінювання з енергією $Q = \frac{E'}{\pi \left(\frac{h}{2}\right)^2}$.

$$\text{З урахуванням виразів (10), (11), } Q = \frac{\frac{\sigma T^4 R^2}{l^2} \cdot \pi \frac{D^2}{4}}{\pi \left(\frac{2RF}{2l}\right)^2} = \frac{\sigma T^4 D^2}{4F^2}.$$

Частина енергії, яка потрапляє на кулю:

$$E'' = QS_K = \frac{\sigma T^4 D^2}{4F^2} \cdot \pi r^2 \quad (13).$$

При деякій температурі кулі T величини енергій поглинутого та випроміненого кулею електромагнітних хвиль зрівняються: $E'' = E_K$;

$$\frac{\sigma T^4 D^2}{4F^2} \cdot \pi r^2 = \sigma T_K^4 \cdot 4\pi r^2.$$

$$\text{Звідси, } T_K = \sqrt{\frac{T^4 \cdot D^4}{16F^2}} = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{D}{F}} = 3000\text{K} \sqrt{\frac{D}{F}}.$$

Використані джерела:

1. II та III етапи Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії в 2015-2016 навчальному році: інформаційно-аналітичний бюлетень / [Уклад.: В.М. Карпуша]. – Суми: НВВ СОІППО, 2016. – 40 с.

2. Астрономічна олімпіада. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.astroosvita.kiev.ua/proekty/astrootimpiada/Astrootimp_2014/zavdannj.html.
3. Всеросійська олімпіада з астрономії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.astroolymp.ru/>.

Типи зір. Подвійні та нестаціонарні зорі

Пасько О.О., старший викладач кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету, кандидат педагогічних наук

На перший погляд зорі схожі одна на одну, але насправді вони мають різні вік, масу та розмір. Серед зір виділяють подвійні, змінні, нові та наднові зорі, а також пульсари.

Подвійні зорі – системи, які складаються з двох зір, що описують замкнені орбіти навколо спільного центра мас під дією взаємного тяжіння. Вони утворилися з однієї хмари космічного пилу та газу. Їх поділяють на групи: оптичноподвійні; візуально-подвійні; фізичноподвійні або кратні; затемнювано-подвійні; тісні подвійні. Поділ дещо умовний, оскільки часто одну і ту саму зорю можна вивчати одночасно двома методами.

У Всесвіті близько 30% - одинарні зорі, 50% - подвійні, 20% - зорі кратності 3 і вище. Якщо кількість компонентів перевищує 10, то такі об'єкти називають *зоряними скупченнями*.

Оптичноподвійні зорі – дві зорі, які видно на небесній сфері, але насправді між ними величезні відстані і жодного зв'язку немає.

Візуально-подвійні зорі – зорі, подвійність яких можна помітити в телескоп.

Затемнювано-подвійні зорі, видима величина яких ритмічно змінюється внаслідок затемнення одного компонента іншим.

Фізичноподвійні або кратні – системи зір, які об'єднані силами всесвітнього тяжіння і обертаються навколо спільного центра мас.

Тісні подвійні зорі, відстані між якими сумірні з їхніми розмірами.

Змінні зорі – зорі, блиск яких змінюється з часом. Види: затемнювано- змінні зорі, фізично змінні зорі: пульсуючі: цефеїди й міриди, спалахуючі: нові зорі і наднові зорі.

Затемнювано-змінні або затемнювано-подвійні зорі – це зорі, видима величина яких ритмічно змінюється внаслідок затемнення одного компонента іншим.

Фізично змінні зорі – зорі, зміна світності яких зумовлена процесами, що відбуваються у їхніх надрах.

Цефеїди «Маяки Всесвіту» – змінні пульсуючі зорі, блиск яких змінюється плавно і строго періодично. Її видима зоряна величина

змінюється від 3,5 до 4,4 з періодом 5 діб 8 год. 47. За періодом змінності поділяються на:

довгоперіодичні (від 1 доби до 70 діб);

ороткоперіодичні (від 80хв. до 1 доби).

Міриди – змінні зорі з дуже великим періодом (від 70 діб до 1400 діб).

Належать червоні гіганти, що змінюють блиск на декілька величин з періодами від декілька місяців до 1,5 року.

Причиною зміни світності є їх стиски та розширення.

Нові зорі – зорі, світність яких зростає у тисячі і навіть у мільйони разів. Зараз відомо понад 200 нових зір у нашій Галактиці, і близько 300 – в галактиці Туманність Андромеди. Виникнення спалахів пов'язано з особливостями обміну речовиною в тісних подвійних системах. За кілька днів блиск зорі значно збільшується, а потім протягом кількох років зменшується до нормальних значень; при цьому випромінюється така енергія, яку б Сонце випромінило за 100 000 років.

Спалах наднової зорі. Явище незрівнянно більшого масштабу, ніж спалах нової зорі. Блиск під час спалаху за 10 діб зростає на 19 і більше зоряних величин. При цьому світила випромінюють, як мільярди Сонць. Зоря – це справжній вибух зорі, коли більша частина її маси розлітається з великою швидкістю, а залишок стискається в нейтронну зорю (пульсар) або чорну діру і збагачує міжзіркове середовище важкими хімічними елементами. Вони є фіналом життя зір. Спалахи наднових – рідкісне явище.

У нашій Галактиці за останні 1000 років спостерігались:

1054 р. – в Тельці,

1572 р. – в Кассіопеї,

1604 р. – в Змієносці.

Пульсуючі джерела випромінювання.

Пульсари – нейтронні зорі, які дуже швидко обертаються і мають сильне магнітне поле, магнітна вісь якого не збігається з механічною віссю обертання. З охолодженням і перетворенням на холодну нейтронну зорю на її поверхні утворюється надзвичайно тверда і міцна кора товщиною близько 1 км. Вона має кристалічну структуру, складену з ядер заліза, і мільйони мільярдів разів міцніша за сталь. Із зменшенням радіуса зорі зростає швидкість її обертання, а період зменшується до сотих часток секунди, при цьому випромінюються пучки променів, які обертаються з періодом, рівним періоду обертання зорі.

Чорні діри – ділянки, у яких телескопи не реєструють зображення, що вміщують протонні зорі, густина яких настільки велика, що їхня гравітація не дає вирватися назовні будь-якому виду енергії, навіть світлу. Ділянки, у яких телескопи не реєструють зображення, що вміщують протонні зорі, густина яких настільки велика, що їхня гравітація не дає вирватися назовні будь-якому виду енергії, навіть світлу.

Задачі, пов'язані з подвійними системами теж трапляються на олімпіадах. Спільним у них є те, що під час розв'язування необхідно

враховувати взаємозв'язок між світністю чи блиском та температурою зорі (відповідно до закону Стефана-Больцмана), які, у свою чергу, можна визначити з формули Погсона. Проте у деяких групах задач необхідно встановити зв'язок між світністю зорі та її радіусом. У цьому випадку варто згадати формулу, за якою обчислюється площа поверхні випромінювання зорі $4\pi R^2$.

Розглянемо конкретні приклади.

Задача 1

Подвійна система складається з двох зір однакових розмірів, але їх температура відрізняється у 2 рази. Визначте амплітуду зміни зоряної величини, якщо нахил орбіти відсутній. В скільки разів при цьому змінюється блиск системи? Зобразіть схематично криву блиску.

Розв'язок

Світність зорі L пропорційна $T^4 \times R^2$.

Оскільки розміри зірок однакові, то їх світності будуть визначатися температурами:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{T_2^4}{T_1^4} = 16.$$

Різниця зоряних величин буде складати:

$$\Delta M = -2,5 \lg \frac{L_1 + L_2}{L_2} = -2,5 \lg \left(\frac{L_1}{L_2} + 1 \right) \approx -3,1$$

Оскільки віддалі від спостерігача до обох зір однакові, їх блиски також відрізняються у 16 разів.

$$\frac{E_2}{E_1} = 16.$$

Сумарний блиск затемнювано-змінної зорі в максимумі буде $E_{max} = E_2 + E_1 = 17 E_1$, а в мінімумі $E_{min} = E_1$ (яскравий компонент повністю невидимий). Отже, блиск системи змінюється в 17 разів.

Тоді згідно з формулою Погсона:

$$\frac{E_{max}}{E_{min}} = 2,512^{\Delta m} = 17.$$

Звідки знаходимо $\Delta m = 3,1$.

Відповідь: 3,1.

Задача 2

Якщо амплітуда зміни блиску цефеїди в болометричних величинах дорівнює 2,0 то яка зміна її радіуса? Вважати, що в максимумі блиску температура зорі 9000 К, а в мінімумі 7000 К.

Розв'язок

Оскільки в обох випадках маємо справу з однією й тією ж зорею на незмінній віддалі, то її блиск пропорційний світності ($E \sim L$). Світність

визначається площею поверхні випромінювання $4\pi R^2$, де R – радіус зорі, та енергією, що випромінюється щосекунди з одиниці площі поверхні зорі, яка, в свою чергу, пропорційна четвертому степеню абсолютної температури (закон Стефана-Больцмана: $\varepsilon = \sigma T^4$, $\sigma = \text{const}$). Отже,

$$\frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{4\pi R_{max}^2 \cdot \sigma T_{max}^4}{4\pi R_{min}^2 \cdot \sigma T_{min}^4}.$$

Звідси

$$\left(\frac{R_{max}}{R_{min}}\right)^2 = \left(\frac{T_{min}}{T_{max}}\right)^4 \cdot \frac{E_{max}}{E_{min}}.$$

Відношення блисків у максимумі та мінімумі визначаємо з формули Погсона:

$$\frac{E_{max}}{E_{min}} = 2,512^{\Delta m}$$

$$\text{Тоді } \left(\frac{R_{max}}{R_{min}}\right)^2 = \left(\frac{T_{min}}{T_{max}}\right)^4 \cdot 2,512^{\Delta m}, \text{ а } \frac{R_{max}}{R_{min}} = 1,5.$$

Відповідь: 1,5.

Задача 3

Подвійна зоря складається з блакитної зорі з температурою поверхні 30 000K і блиском 0^m та червоної зорі з температурою 3 000K і блиском 5^m. Як відносяться радіуси цих зір?

Розв'язок

Позначимо $T_1 = 30\,000\text{ K}$, $T_2 = 3\,000\text{ K}$ Виходячи з умови задачі, зорі утворюють єдину гравітаційну систему, тому вони знаходяться від земного спостерігача практично на однаковій віддалі, а значить їх світності пропорційні видимим блискам:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_1}{E_2}.$$

З формули Погсона знаходимо:

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{m_2 - m_1} = 2,512^{5-0} = 100.$$

Отже, $\frac{L_1}{L_2} = 100$.

$$\text{З іншого боку, } \frac{L_1}{L_2} = \frac{4\pi R_1^2 \cdot \sigma T_1^4}{4\pi R_2^2 \cdot \sigma T_2^4}.$$

Звідки після розв'язання одержуємо:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \cdot \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Після підстановки числових значень знаходимо R_2/R_1 .

Методичні особливості навчання учнів розв'язуванню олімпіадних задач з теми «Час та календар»

Ткаченко Ю.А., Комунальна установа Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 10 імені Героя Радянського Союзу О. Бутка

Час є одним із ключових понять, що формують наукову картину світу. Усі процеси, що відбуваються у Всесвіті нерозривно пов'язані з часом. Тому формування в учнів уявлення про час і календар не лише сприяє формуванню цілісної картини світу, а й є важливою умовою розуміння практичного значення астрономії.

Аналіз діючих навчальних програм (табл. 1) показує, що вивчення понять «час» і «календар» передбачено на рівні стандарту у 11 класі і на профільному рівні – у 10 класі. Зокрема на профільному рівні поняття часу розглядається ширше. Навчання учнів розв'язувати олімпіадні задачі з теми «Час і календар» потребує ґрунтовного розуміння учнями причини різної тривалості зоряної і сонячної доби, зв'язку між сонячним часом і середнім сонячним часом, принципів вимірювання і лічби часу, побудови юліанського і григоріанського календарів, тому рекомендуємо учителям звернути на це особливу увагу.

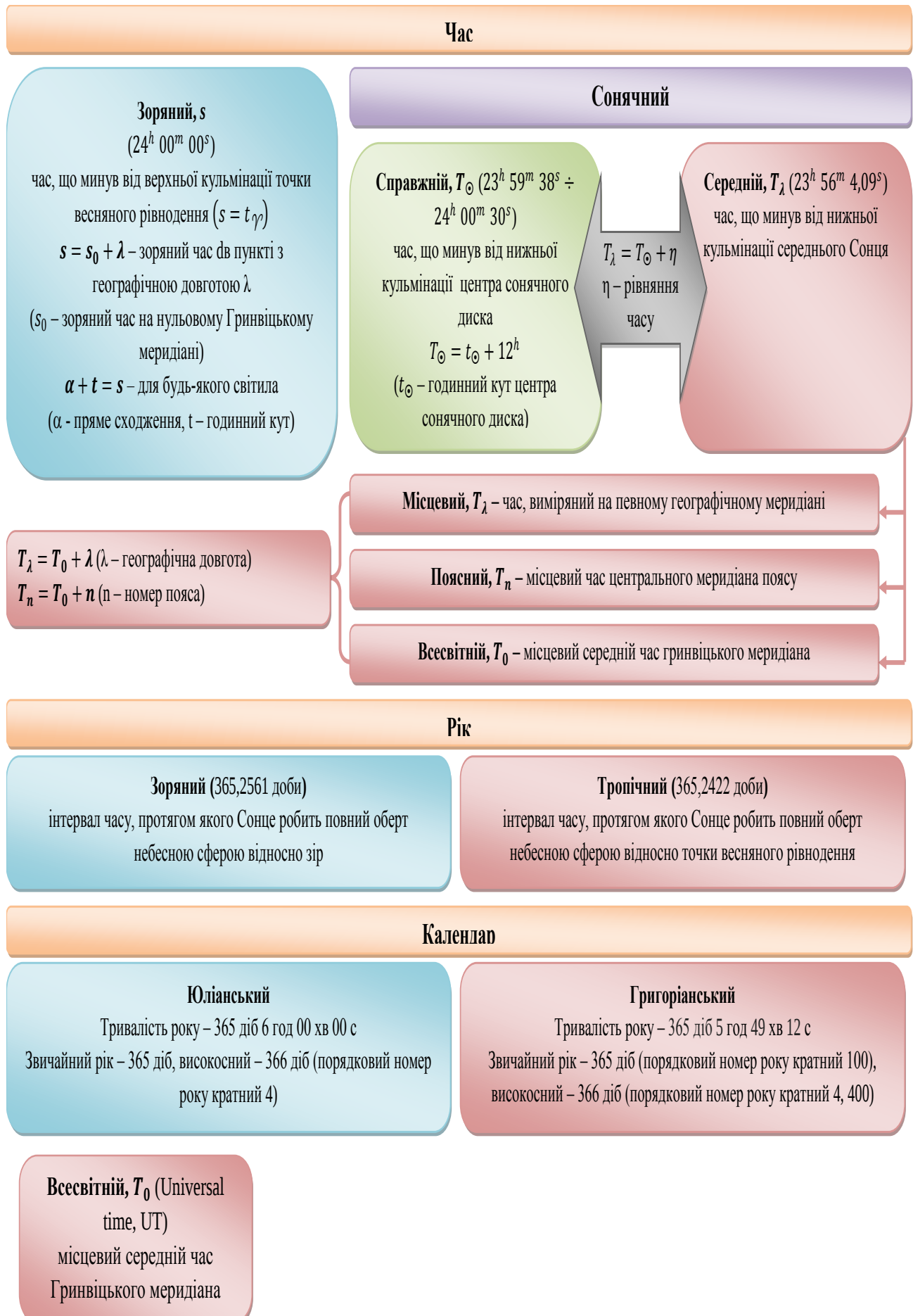
Таблиця 1. Зміст астрономічного складника навчальних програм навчального предмета «Фізика і астрономія» з теми «Час і календар».

Навчальна програма	Тема	Зміст
1	2	3
Навчальна програма з астрономії для учнів 11 класу загально-освітніх навчальних закладів (рівень стандарту та академічний рівень)	Основи практичної астрономії	Астрономія та визначення часу. Типи календарів.
Навчальна програма з астрономії для учнів 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів (профільний рівень)	Час та календар	Принципи вимірювання часу (шкали вимірювання і системи відліку). Зоряний час. Сонячний час: справжній і середній. Рівняння часу. Шкала всесвітнього часу. Шкала атомного часу. Координований всесвітній час. Системи відліку: місцевий, всесвітній, поясний час та зв'язок між ними. Лінія зміни дат. Літній та зимовий час. Календар. Сонячні, місячні та місячно-сонячні календарі. Юліанський та григоріанський календарі.

1	2	3
Навчальна програма з астрономії для учнів 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту та профільний рівень) [1]	Рівень стандарту: Небесна сфера. Рух світил на небесній сфері	Типи календарів. Астрономія та визначення часу
	Профільний рівень: Час та календар	Принципи вимірювання часу (шкали вимірювання і системи відліку). Зоряний час. Сонячний час: справжній і середній. Рівняння часу. Шкала всесвітнього часу. Шкала атомного часу. Координований всесвітній час. Системи відліку: місцевий, всесвітній, поясний час та зв'язок між ними. Лінія зміни дат. Літній та зимовий час. Календар. Сонячні, місячні та місячно-сонячні календарі. Юліанський та григоріанський календарі.
Навчальна програма з фізики і астрономії для учнів 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту та профільний рівень) [2]	Основи практичної астрономії	Астрономія та визначення часу. Календар
	Спостереження зоряного неба. Рух небесних світил	Визначення часу з астрономічних спостережень

Перш ніж перейти до розв'язування задач з теми «Час і календар» рекомендуємо разом з учнями скласти узагальнюючу схему (схема 1). Це дозволить систематизувати навчальний матеріал та показати взаємозв'язки відповідних понять.

Схема 1. Узагальнююча схема «Час і календар».



Розглянемо на прикладах особливості розв'язування типових задач з теми «Час і календар».

Задача 1

О котрій годині (за київським часом) сьогодні настане істинний полудень у тому місці, де ви знаходитесь? Скористайтесь графіком рівняння часу.

Розв'язок

Сьогодні 18 жовтня і ми знаходимося у м. Суми.

Істинний полудень – це момент часу, коли істинний сонячний час $T_{\odot} = 12^h$. Середній сонячний час $T_{\lambda} = T_{\odot} + \eta$. За графіком рівняння часу $\eta = -16^m$ (рис. 1). Отже, $T_{\lambda} = 11^h44^m$.

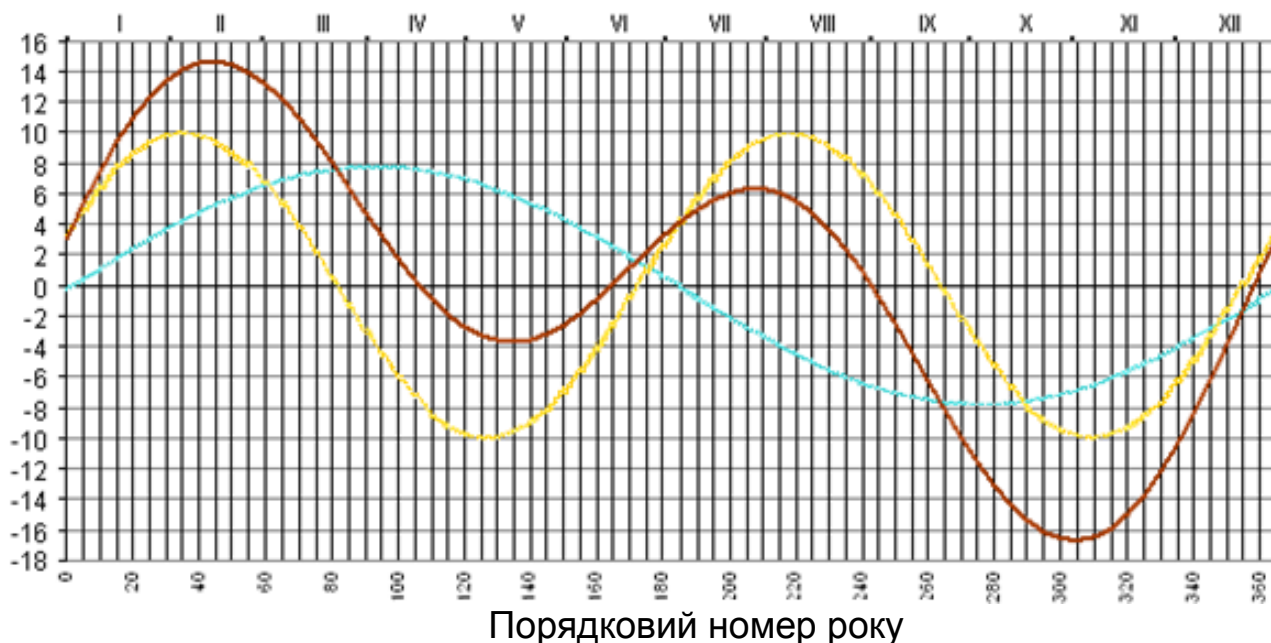


Рис. 8. Рівняння часу.

Всесвітній час $T_0 = T_{\lambda} - \lambda$, а географічна довгота м. Суми $\lambda \approx 34^{\circ}48' \approx 2^h19^m$, тому $T_0 = 11^h44^m - 2^h19^m = 9^h25^m$. Тепер визначимо поясний час. Суми знаходяться у другому часовому поясі, тому $T_n = T_0 + n = 9^h25^m + 2^h = 11^h25^m$. Крім того, 18 жовтня ми ще живемо за літнім часом, тому $T_n = 12^h25^m$.

Задача 2

І в Лондоні, і в Канберрі (столиця Австралії) час на літній період переводиться на одну годину вперед порівняно з зимовим. На скільки годин може відрізнятись час у цих двох містах, якщо довгота Канберри становить 150° східної довготи [5].

Розв'язок

Лондон знаходиться в нульовому часовому поясі (нульовий меридіан називають Гринвіцьким відповідно до назви історичного

передмістя Лондона). Ширина одного часового пояса становить 15° , тому Канберра знаходиться у десятому часовому поясі ($\frac{150^\circ}{15^\circ} = 10$). При переході на літній час до поясного часу додають 1 годину. Проте, Лондон розташований у північній півкулі, а Канберра – у південній, тому літо у цих містах настає з різницею у півроку. Тобто, коли у Лондоні годинники переводять на літній час, у Канберрі, навпаки, переводять на зимовий. У цей момент Лондон починає жити за часом першого часового поясу і різниця в часі між містами становить 9 годин. Через півроку Лондон переходить на зимовий час і живе за часом нульового часового поясу, а Канберра навпаки переводить стрілки годинників на літній час, що відповідає 11 часовому поясу. Таким чином, різниця у часі між містами становить 11 годин.

Варто зауважити, що дати переведення годинників в Великобританії і Австралії не співпадають, тому в році є невеликі проміжки часу, коли обидва міста живуть за літнім часом (1 тиждень в кінці березня-на початку липня і три неділі в жовтні). У цьому випадку різниця в часі становить 10 годин.

Задача 3

Відомий український поет Тарас Шевченко народився 25 лютого 1814 року за старим стилем. Визначте день тижня, коли народився Кобзар.

Розв'язок

У календарях за старим і новим стилем відрізняються лише числа місяця, а не дні тижня, тому при розв'язуванні задач подібного типу простіше користуватися юліанським календарем. За юліанським календарем кожен четвертий рік – високосний, тобто має 366 днів. Кожен не високосний рік задане число місяця зсувається на один день тижня вперед порівняно з попереднім роком ($365/7=52$ і остача 1), а кожен високосний – на два ($366/7=52$ і остача 2). Між 1814 і 2018 роками минуло 204 роки з яких 51 високосний, а 153 – ні. Таким чином дати за цей час змістилися на $153 + 2 \cdot 51 = 255$ днів вперед по днях тижня. Зрозуміло, що зміщення на 7 днів переводить день тижня сам на себе, тому нам потрібно знайти остачу від ділення 255 на 7. Це 3.

У наш час різниця в датах за юліанським і григоріанським календарями становить 13 днів, тому 25 лютого за старим стилем відповідає 10 березню за новим. Оскільки сьогодні четвер 18 жовтня, не складно отримати, що 10 березня 2018 року припадає на суботу. Так як ми шукаємо день тижня більш ранньої дати, нам потрібно переміститися від суботи на три дні назад. Отже, Тарас Шевченко народився в середу.

Задача 4

27 грудня 1595 року народився визначний український політичний і державний діяч, полководець, гетьман України Богдан Хмельницький. Якого числа і якого року ми будемо святкувати 450 років з дня народження творця Української держави і чому саме в цей день?

Розв'язок

Різниця в датах виникає через те, що до 16 лютого 1918 року в Україні користувалися юліанським календарем, а після – григоріанським (16 лютого 1918 року перетворилося на 1 березня 1918 року). В юліанському календарі високосними вважаються всі роки номер яких ділиться на 4. В григоріанському календарі є виключення – роки, номер яких ділиться на 100, але не ділиться на 400, вважаються високосними. Це означає, що різниця між календарями не постійна і з часом збільшується.

З'ясуємо, яка різниця була між календарями у 1595 році.

I спосіб. Оскільки григоріанський календар було введено у 1582 році і після 4 жовтня настало не 5, а 15 жовтня, то різниця становила 10 днів. Тобто до 27 грудня 1595 року треба додати 10 днів. Отримаємо 6 січня 1596 року – день народження Богдана Хмельницького за григоріанським календарем. Отже, 450 років від дня народження творця Української держави ми будемо святкувати 6 січня 2046 року.

II спосіб. У наш час різниця між юліанським і григоріанським календарями становить 13 днів. 2000 і 1600 роки за обома календарями були високосні, а 1900, 1800 і 1700 роки – високосні лише за юліанським календарем. Тобто, у 1595 році різниця між календарями була менша ніж у наш час на 3 дні. Таким чином, отримуємо 6 січня 1596 року – день народження Богдана Хмельницького за григоріанським календарем.

Задача 5

Якщо простий/високосний рік почався понеділком, то яким днем тижня він закінчиться? [6]

Розв'язок

Простий рік триває 365 днів. У тижні 7 днів. Не складно помітити, що 364 ділиться націло на 7. Таким чином, один день року, що залишився припадає на понеділок. Аналогічно останній день високосного року (366 днів) припадає на вівторок.

Використані джерела:

1. Астрономія 10-11 клас. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту та профільний рівень). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/astronomiya-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-yaczkiva-yaya.pdf>
2. Фізика і астрономія 10-11 клас. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту та профільний

- рівень). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-i-astronomiya-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lyashenka-o-i.doc>.
3. XXII Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKewjO_q-wzI7eAhXB_ywKHeEaB50BxAC&url=http%3A%2F%2Fschool.astro.spbu.ru%225D1%258F_10.pdf
4. Сурдин В. Г. Астрономические задачи с решениями: Учебное пособие. / В. Г. Сурдин. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.

**Використання понять «сонячний та зоряний час»,
«часове коло», «часовий круг» під час розв’язування задач
IV етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії**

Таранова Т.Ю., учитель фізики Шосткиського навчально-виховного комплексу: спеціалізована школа I-II ступенів – ліцей Шосткинської міської ради

У розробці подано чотири задачі: три, що були запропоновані на останній олімпіаді у Житомирі, а одна – на олімпіаді у Харкові. Якщо перша задача містить з теорії тільки закон Стефана-Больцмана, то інші – такі знання, як сонячний та зоряний час, часове коло, часовий круг. Тому подано теоретичні відомості, адже у шкільній програмі учні не розв’язують такі задачі, не вивчають формули, необхідні для розв’язання задач IV етапу.

Теоретичні відомості

Часовий кут H – дуга екватору QM , що визначається від розташованої над горизонтом точки (Q) перетину екватору небесним меридіаном до точки (M) перетину екватору часовим колом [1]. Часовий кут відповідає сферичному куту між направленою до півдня дугою меридіану та часовим кутом небесного тіла. Часовий кут нерухомого небесного тіла змінюється на протязі доби від 0° до 360° . Назва «часовий кут» походить від того, що значення часового кута є справжньою мірою часу, оскільки його значення для нерухомого небесного тіла змінюється пропорційно часу доби. Часовий кут прийнято визначати не в градусних мірах, а в годинах, хвилинах та секундах. При цьому 360° дорівнює 24h.

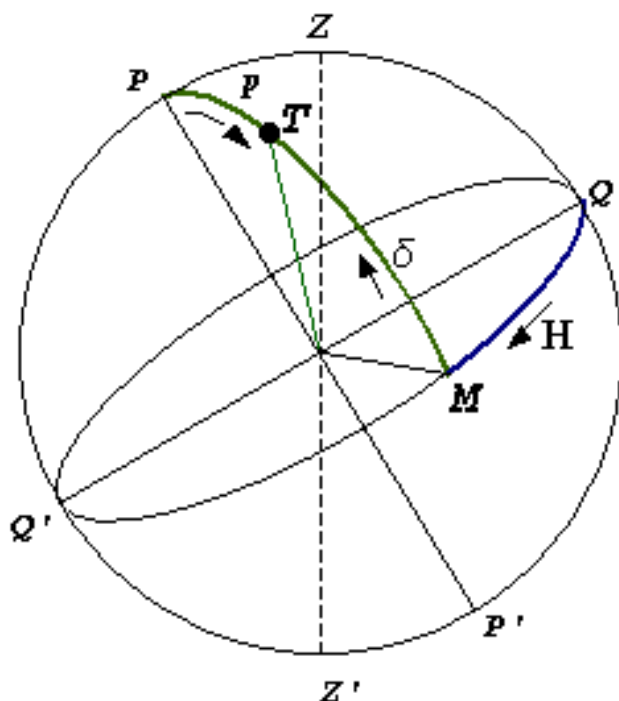


Рис. 9. Часовий кут

Часове коло світила – це велике коло небесної сфери, що проходить через світило й полюси світу, яке розташоване перпендикулярно до небесного екватора [2]. Схилення об'єкту визначається як кут, вимірюваний уздовж часового кола від небесного екватора до об'єкту.

Зоряний час, s – часовий кут точки весняного рівнодення.

Отже, *зоряна доба* – це проміжок часу між двома послідовними верхніми кульмінаціями точки весняного рівнодення.

Повний оберт точки весняного рівнодення, як і будь-якої іншої точки небесної сфери (так звана зоряна доба), відбувається за 23 год 56 хв 04 с середнього сонячного часу. У році зоряних діб рівно на одну більше, ніж сонячних.

Зоряна доба відлічується від моменту верхньої кульмінації точки весняного рівнодення.

Існує співвідношення: $S = \alpha + t$, де t - часовий кут світила, α - пряме сходження цього світила, S -зоряний час.

Тобто, щоб дізнатися, на який кут від небесного меридіана повернулась точка весняного рівнодення в довільний момент часу, треба до прямого сходження будь-якого світила додати його часовий кут. Це можна легко показати на карті зоряного неба.

Сонячний і зоряний час збігаються в полудень дня осіннього рівнодення.

За початок сонячної доби прийнято момент нижньої кульмінації Сонця. Сонячний час – це час, що пройшов від моменту нижньої кульмінації Сонця до будь-якого іншого його положення (у одиницях сонячної доби – годинах, хвилинах, секундах).

Отже, справжній сонячний час ($T_{\text{сонця}}$) дорівнює годинному куту центру (t) Сонця плюс 12 годин: $T_{\text{сонця}} = t + 12^h$.

Розглянемо чотири задачі: три, що були запропоновані на IV етапі Всеукраїнської олімпіади з астрономії в 2019 році, а одна – у 2016.

Задача 1

Пилове кільце. Навколо зорі, яка за всіма характеристиками близька до Сонця, виявили пилове кільце з радіусом 1 а.о. Вважаючи, що пилинки є кульками і випромінюють, як абсолютно чорне тіло, оцініть температуру пилинок і довжину хвилі, що відповідає максимуму теплового випромінювання. Вважайте, що максимальний потік випромінювання Сонця відповідає довжині хвилі 5000Å при $T_{\text{eff}}=5570$ K.

Розв'язок

Зоря випромінює за кожну секунду енергію $W = \sigma T_{\text{eff}}^4 4\pi R^2$, де R - радіус зорі.

На одиницю площі кільця припадає енергія

$$W_1 = \frac{\sigma T_{\text{eff}}^4 4\pi R^2}{4\pi r^2} = \frac{\sigma T_{\text{eff}}^4 R^2}{r^2}, \text{ де } r = 1 \text{ а.о.}$$

$$\text{Тоді кожна пилінка поглинає енергію } W_2 = \pi r_{\text{пилинки}}^2 \frac{\sigma T_{\text{eff}}^4 R^2}{r^2}.$$

При встановленні теплової рівноваги пилінка віддає таку саму енергію, але випромінює її як куля – в усі боки.

$$\pi r_{\text{пилинки}}^2 \frac{\sigma T_{\text{eff}}^4 R^2}{r^2} = 4\pi r_{\text{пилинки}}^2 \sigma T^4.$$

Розв'язавши рівняння, маємо:

$$T = \frac{1}{\sqrt{2}} T_{\text{eff}} \sqrt{\frac{R}{r}} = 279 \text{ K, де } R = 7 \cdot 10^5 \text{ км, } r = 150 \cdot 10^6 \text{ км}$$

За законом зміщення Віна для максимальної довжини хвилі, яку випромінює пилінка можна записати:

$$\lambda_{\text{max}} = \left(\frac{a}{T_{\text{пилинки}}} \right), \text{ де } a - \text{ стала.}$$

$$\lambda_{\text{max}} T_{\text{пилинки}} = \lambda_{\text{max зорі}} T_{\text{eff}}.$$

$$\lambda_{\text{max}} = (\lambda_{\text{max зорі}} T_{\text{eff}}) / T_{\text{пилинки}} = 104000 \text{ Å.}$$

Задача 2

Юпітер на небі Житомира. 25 березня екваторіальні координати планети Юпітер несуттєво змінюються в околі значень: $\delta = -22^\circ 39'$, $\alpha = 17^{\text{h}} 32^{\text{m}}$. Знайдіть максимальну висоту над горизонтом, на якій можна спостерігати Юпітер у цей день на небі Житомира (північна широта $\varphi = 50^\circ 15'$) У який частині небосхилу планета при цьому перебуватиме? Обчисліть також місцевий сонячний час, у який цього дня Юпітер буде на максимальній висоті. Рефракцією знехтувати.

Розв'язок

Знайдемо максимальну висоту Юпітера, тобто його висоту в верхній кульмінації: $h = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 50^\circ 15' + (-22^\circ 39') = 17^\circ 06'$.

Кут не перевищує 90° , отже Юпітер буде перетинати небесний меридіан *на півдні від зениту*.

Зоряний час верхньої кульмінації Юпітера:

$$S = \alpha + t = 17^h32^m + 0 = 17^h32^m.$$

Той самий зоряний час можна виразити через пряме сходження та часової кут Сонця: $S = \alpha_{\text{сонця}} + t_{\text{сонця}}$.

Так як 25 березня з моменту весняного рівнодення пройшло 4 доби, пряме сходження Сонця буде:

$$\alpha_{\text{сонця}} = 0 + 4(\text{доби}) \cdot 04^m = 16^m.$$

$$(360^\circ = 24^h \cdot 60^m \rightarrow 1^\circ = 04^m).$$

Знайдемо годинний кут Сонця:

$$S = \alpha_{\text{сонця}} + t_{\text{сонця}} \rightarrow t_{\text{сонця}} = S - \alpha_{\text{сонця}} = 17^h32^m - 16^m = 17^h16^m.$$

Сонячний час в Житомирі в момент верхньої кульмінації Юпітера:

$$T_{\text{сонця}} = t + 12^h = 17^h16^m + 12^h = 05^h16^m$$

Задача 3

Схід зорі. Зоря з екваторіальними координатами: $\delta = 0^\circ$, $\alpha = 5^h33^m$ на певній широті сходить о 20:00 за місцевим часом. Не користуючись картою, знайдіть приблизну дату, коли це відбувається.

Розв'язок

$\delta = 0^\circ$, отже зоря перебуває на екваторі, тому в момент сходження її часовий кут дорівнює 18 годинам (до верхньої кульмінації залишилося 6 годин).

Знайдемо зоряний час у цей момент:

$$S = \alpha + t = -5^h33^m + 18^h = 23^h33^m.$$

Різниця між зоряним і сонячним часом складає $23^h33^m - 20^h = 3^h33^m$.

Сонячний і зоряний час збігаються у полудень дня осіннього рівнодення, 23 вересня. За день різниця між сонячним і зоряним часом сягає $\Delta t = 3\text{хв } 56\text{с}$.

Тоді з дня осіннього рівнодення пройшло:

$$3^h33^m/3^m 56^s = (3 \cdot 3600 + 33 \cdot 60)/(3 \cdot 60 + 56) = 54 \text{ доби. Це 17 листопада.}$$

Задача 4

Боєць АТО на фоні зоряного неба. На фотографії (рис. 10) (наведено в негативному зображенні) знятий боєць АТО на фоні зоряного неба. Вважаючи, що фото зроблено опівночі за місцевим часом; на широті 48° ; бічні края кадру вертикальні:

а) проведіть на фото лінію математичного (астрономічного) горизонту; поясніть отриманий результат;

б) оцініть ширину поля зору фотоапарату;

в) визначте приблизну дату, коли зроблено фото.

Координати зір Великої Ведмедиці:

УМа	Пряме піднесення, α	Схилення, δ
α (Дубхе)	11 ^h 02 ^m 11 ^s .8	61°53'10"
β (Мерак)	11 ^h 00 ^m 20 ^s .5	56°31'00"
γ (Фекда)	11 ^h 52 ^m 31 ^s .3	53°50'01"
δ (Мегрец)	12 ^h 14 ^m 11 ^s .7	57°10'17"
ϵ (Аліот)	12 ^h 52 ^m 56 ^s .0	56°05'43"
ζ (Міцар)	13 ^h 22 ^m 55 ^s .3	55°03'20"
η (Бенетнаш)	13 ^h 46 ^m 33 ^s .4	49°26'15"



Рис. 10. Боець АТО на фоні зоряного неба

Розв'язок

Проводимо пряму через Дубхе і Мірах. Відкладаємо 5 таких відстаней і знаходимо Північний Полюс світу. (Пряме сходження у Дубхе і

Міраха майже однакове). Вимірюємо відстань від однієї з цих зірок до полюсу світу (краще від Міраха). Відстань залежить від масштабу друку. Наприклад, на А4 вийшло 126 мм. У градусах це $(90 - 56^{\circ}31')$. З пропорції визначаємо відстань на малюнку до лінії горизонту (адже висота полюсу над горизонтом дорівнює широті місцевості – 48°): $\frac{(90 - 56^{\circ}31')}{48^{\circ}} = \frac{126 \text{ мм}}{x \text{ мм}}$.

Отримали $x=180$ мм.

Проводимо лінію горизонту. Це нижче, ніж видимий горизонт. Отже, місцевість не рівна.

Аналогічно, вимірявши ширину кадру з пропорції знаходимо ширину поля зору. Ширина поля зору 41° .

З координат зір Великої ведмедиці видно, що круг прямих піднесень 12 годин проходить через δ та γ , вдвічі ближче до γ (рис. 11).

Опівночі 23 вересня ця пряма йшла б по небесному меридіану, тобто вниз від полярної зірки. На знімку кут між цією прямою та вертикаллю дорівнює приблизно 57° . Сонце переміщується приблизно на 1° за добу по зоряному небу, отже до 23 вересня залишилось 57 діб. Дата фото – 28 липня.



Рис. 11. До розв'язку задачі

Використані джерела:

1. Системи координат в астрономії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php>.
2. Часовий круг. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
3. Астрономічна олімпіада. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.astroosvita.kiev.ua/proekty/astrootlimpiada/Astrootlimp_2014/zavdannj.html.

Використання Інтернет-ресурсів у підготовці учнів до виконання завдання туру псевдоспостережень Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

Шевченко І.О., учитель фізики та астрономії комунальної установи Сумська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів № 27 м. Суми

У 2010-2011 році вперше було проведено IV етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії у м. Львові. Саме тоді було введено новий тип завдань – псевдоспостереження. Учням за обмежений час показали презентацію із зображеннями небесних об'єктів, астрономічних приладів, карти зоряного неба тощо, необхідно було дати відповіді на завдання з презентації. Як показали результати цієї олімпіади й наступних, цей тур виявився найскладнішим для учасників.

Щоб успішно пройти це випробування, необхідно добре знати карту зоряного неба, основні об'єкти каталогу Мессьє, астрономічні прилади, сучасні телескопи, апарати дослідження космосу і це ще далеко неповний перелік. Усе це досягнути самотужки досить складно.

Але майже будь-хто, кого цікавить астрономія, може самостійно здобути астрономічні знання, користуючись різноманітними спеціалізованим сервісами чи добираючи з мережі інтернет навчальні астрономічні матеріали згідно з власними потребами.

Такі навчальні мережеві сервіси й матеріали створюють як окремі вчителі й викладачі астрономії, так і різні організації, зацікавлені в поширенні астрономічних знань (спектр таких організацій дуже широкий: від університетів і астрономічних добровільних об'єднань до комерційних структур).

Нижче подано адреси найвідоміших світових Інтернет-ресурсів, що орієнтовані на астрономічну освіту.

ASTROEDU – платформа з відкритим доступом для вчителів по всьому світу, створена Міжнародним астрономічним союзом. Мета ресурсу – виявляти, оглядати й поширювати науково достовірні астрономічні матеріали навчального характеру для використання в освітній діяльності.

Розділи сайту NASA (National Aeronautics and Space Administration, Національне управління з авіації та дослідження космічного простору США) для освіти. NASA розробляє і втілює різні освітні програми з метою підвищення обізнаності громадськості про наукові цілі й завдання агентства. Оскільки NASA спорядило багато космічних телескопів і зондів для дослідження Всесвіту, то воно має у своєму розпорядженні неоціненний матеріал, який можна з успіхом використати для цілей астрономічної освіти (головно це астрономічні зображення, відеофільми, анімація).

Цифровий архів HEASARC (The High Energy Astrophysics Science Archive Research Center) створено з метою зберігання спостережних астрономічних даних, отриманих космічними місіями в ультрафіолетовому й рентгенівському випромінюванні та гамма-променях. Він містить також багато навчальних матеріалів, що можуть стати в нагоді вчителям, учням (різного віку) і студентам. Матеріали, звісно, присвячені астрономії високих енергій, але оскільки в цю категорію потрапляють багато цікавих астрономічних об'єктів і явищ (наприклад, чорні діри, спалахи наднових зір тощо), то в архіві HEASARC є багато корисного для астрономічної освіти.

The COSMOS portal (портал КОСМОС) – експериментальна лабораторія для студентів і викладачів у галузі астрономії та фізики високих енергій, що має доступ до мережі роботизованих телескопів і основних експериментів ЦЕРН, ATLAS і CMS. Портал об'єднує навчальні ресурси (наприклад, плани уроків, учнівські проекти, анімацію тощо), інтерактивні й віртуальні експерименти й онлайн-лабораторії. Портал дозволяє використовувати спеціальне середовище для створення й поширення навчальних матеріалів й освітніх проектів.

Проект GLORIA («GLObal Robotic-telescopes Intelligent Array», Глобальний інтелектуальний масив телескопів-роботів) дає змогу виконувати астрономічні спостереження з навчальною метою в режимі віддаленого доступу. На сайті проекту містяться також раніше отримані спостережні дані, які вчитель може використати у процесі викладання астрономії.

Національна оптична астрономічна обсерваторія (National Optical Astronomy Observatory, NOAO) США в рамках реалізації стратегічного плану з освіти та зв'язків з громадськістю на своєму сайті на сторінці «Education & Public Engagement» вміщує низку посилань на цікаві проекти, пов'язані з астрономічною освітою.

Цікаві навчальні інтерактивні моделі з різних тем розробила творча група з астрономічної освіти в університеті Небраски-Лінкольна (США). На сайті «The Nebraska Astronomy Applet Project» вміщено півтора десятки моделей і подано інструкції для роботи з ними. Хоча моделі розраховано на студентів-астрономів, але деякі з них можна використати й у процесі навчання астрономії в середній школі.

Серед великої кількості інтернет-ресурсів, створених для навчання астрономії, особливе місце нині посідає сайт «Teach Astronomy» («Вивчати астрономію»), створений британським астрономом і педагогом Крістофером Імпі (Chris Impey). Особливість сайту полягає в тому, що він поєднує відомі великі ресурси астрономічного змісту (статті з Вікіпедії, світлини з «Астрономічної картини дня» (Astronomy Picture of the Day) й «AstroPix», астрономічні новини від «Science Daily» та деякі ін.) через доволі цікавий візуальний інтерфейс під назвою Wikimap [3].

На сайті «На урок» подано цікаву добірку електронних ресурсів, які можна використовувати під час уроку. Наведу їх перелік: Youtube-канал «Цікава наука»: корисні лекції з астрономії (інформація подана українською мовою); Solar System Scope – повноцінна модель Сонячної системи (часткова русифікація), HUBBLESITE – матеріали, відзняті Хабблом (інформація подана англійською мовою), Star Walk і Solar Walk – детальні мапи зоряного неба (інформацію подано російською та англійською мовами). Деякі з цих ресурсів представлені мобільними додатками, тому, кожен здобувач освіти може встановити їх у своєму смартфоні та використовувати під час уроку або вдома. Ці додатки безкоштовні [4].

Навчальні матеріали для підготовки до туру псевдоспостережень у вигляді презентацій-тренажерів можуть створювати здобувачі закладів загальної середньої освіти, зокрема учні 9-10 класів.

Спочатку інформацію необхідно розбити на категорії (сузір'я, видатні особистості, каталог Мессьє і т.д.). Потім, знайти інформацію з даної теми, обрати найголовніше, структурувати. Після чого, необхідно створити дві презентації. Перша – навчальна, яка містить зображення, назви, коротку інформацію. Друга – лише зображення, за якими легко перевірити засвоєння знань з теми.

Створюючи такі тренажери, учні 9-10-х класів навчаються знаходити інформацію, аналізувати її та поглиблювати знання про астрономічні об'єкти під час підготовки до участі в олімпіаді з астрономії.

Шкільна астрономічна освіта – навчальна діяльність, результатом якої є предметні та загальнокультурні компетентності учня (астрономічні знання, вміння, навички, а також ті елементи культури, в яких вони відображені). Безумовно, засвоєння молоддю людиною астрономічної культури свого народу й людства в цілому – один із важливих засобів розвитку й формування цілісної особистості, її духовності, творчої індивідуальності, інтелектуального й емоційного багатства. [5]

Як казав Дж. Бруно: «Усі речі знаходяться у Всесвіті, і Всесвіт – у всіх речах: ми у ньому, він у нас. Так все сходиться у довершеній єдності».

Використані джерела:

1. М. В. Головка Астрономія: навчальний посібник / М. В. Головка, І. П. Крячко. – К.: ТОВ «КОНВІ ПРИНТ», 2018. – 272 с.

2. Астрономія. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/astronomy_school_programs_02.11.2017.pdf.
3. На урок [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/post/internet-na-korist-onlayn-resursi-dlya-vivche-nnya-fiziki>
4. Астрономічна освіта у світі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.astrosvit.in.ua/astronomichna-osvita>
5. Іван Крячко Методика навчання астрономії в старшій загально- освітній школі. – К.: Видавничий центр «Наше небо», 2018. – 244 с.

Для нотаток

Окремі методи розв'язування олімпіадних задач з астрономії

Збірник методичних матеріалів

Упорядники: О.В. Арнаутова, В.М. Карпуша, О.О. Пасько,
Ю.А. Ткаченко, Т.Ю. Таранова, І.О. Шевченко
Комп'ютерний набір: В.М. Карпуша
Комп'ютерне макетування: В.М. Карпуша

Здано в набір __.__.19
Підписано до друку 10.06.19
Формат 60×84/16
Папір офсетний
Гарнітура Arial
Тираж 4 прим.

НВВ СОІППО, 40007, м. Суми, вул. Р-Корсакова, 5.
Тел. 65-64-95