Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (2020-2021 навчальний рік)

Теоретичний тур

Задача 1 (10, 11 клас)

На карті зображена видима сторона Місяця із Землі. Північний полюс Місяця - найвища точка видимого місячного диска, показана на карті (рис. 1). Місяць обертається навколо своєї осі у напрямку, вказаному стрілкою. З точки зору місячного спостерігача: напрямок на схід – направо, на захід – наліво.

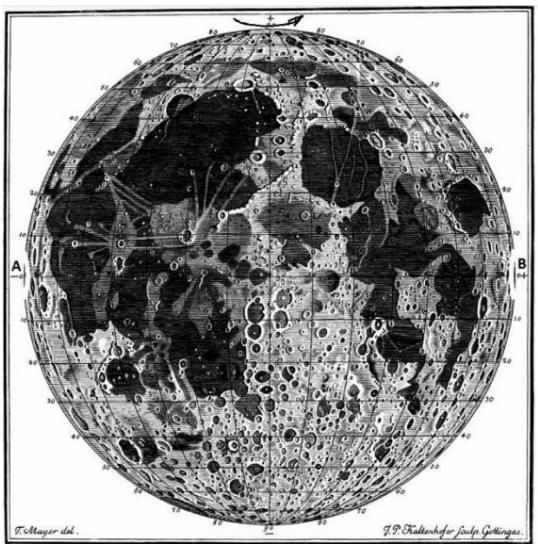


Рис. 1.

Для спостерігача в центрі видимої сторони Місяця Земля буде в зеніті. Землю буде видно трохи вище над горизонтом для точок на місячній поверхні, розташованих на периферії місячного диска. Земля буде видно низько над горизонтом трохи на схід, якщо місячний спостерігач знаходиться поблизу екватора Місяця, тобто приблизно в районі, позначеному на карті буквою А. *(Незважаючи на те, що Місяць має дуже незначний нахил осі відносно вертикалі до екліптики, Земля не завжди буде видима на сході низько над горизонтом для спостерігача, що знаходиться поблизу місячного екватора, оскільки його орбіта трохи нахилена до екліптики.*

Землю буде видно на заході для спостерігача в районі з позначкою В.

Для спостерігача, який одночасно знаходиться в зоні В, Земля буде здаватися оберненою на 180°, якщо порівняти її з тим, як вона виглядає для спостерігача із точки А, як показано на (рис. 2).

Рис. 2.

Задача 2 (10 клас)

Довгота точки спостереження дорівнює $\lambda = 34°48' = 2^h19^m12^s$. Саме на стільки полудень у цій точці настане раніше, ніж на нульовому меридіані.

Нехтуючи рівнянням часу, отримаємо, що полудень у точці спостереження настане о $12^h - 2^h19^m12^s = 9^h40^m48^s$за часом нульового меридіана. Виходячи з координат м. Суми, різниця поясного і всесвітнього часу в день літнього сонцестояння дорівнює 3^h (2^hвідповідно до номера часового пояса плюс 1^h літнього часу). Отже, верхня кульмінація Сонця в м. Суми спостерігається о $9^h40^m48^s + 3^h = 12^h40^m48^s$.

Задача 3 (10 клас)

Оскільки період обертання супутників співпадає з періодом обертання Землі, то $T = 24$ год.

Рух супутників відбувається під дією сили всесвітнього тяжіння $F = G\frac{m\,M}{R^2}$, де m – маса супутника, M – маса Землі, R – радіус орбіти супутника.

За II законом Ньютона: $G\frac{m\,M}{R^2} = ma$ (1).

Супутник рухається рівномірно по колу й має доцентрове прискорення $a = \frac{v^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ (2).

Підставимо вираз (2) у вираз (1): $G\frac{m\,M}{R^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$. Звідси $R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$.

$$R = \sqrt[3]{\frac{6{,}67\cdot 10^{-11}\ \frac{Н\text{м}^2}{\text{кг}^2}\cdot 5{,}97219\cdot 10^{24}\ \text{кг}\cdot(24\cdot 3600\ c)^2}{4\cdot 3{,}14^2}} \approx 4{,}22\cdot 10^7\ \text{м}$$

Визначимо час видимості другого супутника.

Розглянемо рух супутника відносно спостерігача на поверхні Землі. Кутова швидкість супутника ω відносно спостерігача буде в 2 рази більшою, ніж кутова швидкість Землі ω_0: $\omega = 2\omega_0 = 2\frac{2\pi}{\text{T}} = \frac{4\pi}{\text{T}}$.

Спостерігач може бачити супутник лише на половині його орбіти, тобто його кутове переміщення φ дорівнює $180°$ (або π радіан). Тоді час спостереження супутника:

$\Delta t = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{\pi}{\frac{4\pi}{\text{T}}} = \frac{\text{T}}{4} = \frac{24\ \text{год}}{4} = 6$ год.

Оскільки за 6 годин супутник проходить четверть орбіти, а спостерігач може його бачити під час руху на половині орбіти, тобто впродовж 12 годин, то супутник може знаходитися над горизонтом 6 годин або 12 годин.

Задача 2 (11 клас)

Пояс Койпера знаходиться на відстані $35 \div 50\ a.o.$ від Сонця. Отже, його тіла знаходяться на відстані $34 \div 51\ a.o.$

Горизонтальний паралакс небесного тіла визначається за формулою

$$p_0 = \frac{R_3}{r}.$$

Отже, $p_{0min} = \frac{6400}{51 \cdot 150000000} \cdot 206265 = 0{,}26''$;

$p_{0max} = \frac{6400}{34 \cdot 150000000} \cdot 206265 = 0{,}17''$.

Річний паралакс небесного тіла визначається за формулою

$$\pi'' = \arcsin\left(\frac{1\ a.o.}{r}\right).$$

Отже, $\pi''_{min} = \arcsin\left(\frac{1\ a.o.}{51\ a.o.}\right) = 4045\,''$;

$\pi''_{max} = \arcsin\left(\frac{1\ a.o.}{34\ a.o.}\right) = 6067\,''$.

Отже, горизонтальний паралакс тіл пояса Койпера $0{,}17'' \div 0{,}26''$, річний паралакс – $4045'' \div 6067''$.

Задача 3 (11 клас)

А) З зображень максимум часткового сонячного затемнення відбувається між 09:24 та 09:34. Отже, на знімку, зробленому о 09:31.

Б) За умовою яскравість сонячного диска пропорційна видимій площі поверхні. Видима зоряна величина Сонця дорівнює $m_1 = -26{,}74^m$, що відповідає освітленості E_1. З фото видно, що під час затемнення Місяць охоплює 90% сонячного диска, отже видима область Сонця становить лише 10%. Освітленість Сонця E_2 під час максимального затемнення становить $E_1 = 0{,}1E_2$ та відповідає видимій зоряній величині m_2.

Із формули Погсона $\frac{E_1}{E_2} = 2{,}512^{-(m_2-m_1)}$ визначимо m_2:

$$\log_{10}\frac{E_1}{E_2} = \log_{10} 2{,}512^{-(m_2-m_1)};$$

$$\log_{10}\frac{E_1}{E_2} = -(m_2 - m_1)\log_{10} 2.512;$$

$$m_2 = m_1 - 2{,}5\log_{10}\frac{E_1}{E_2}.$$

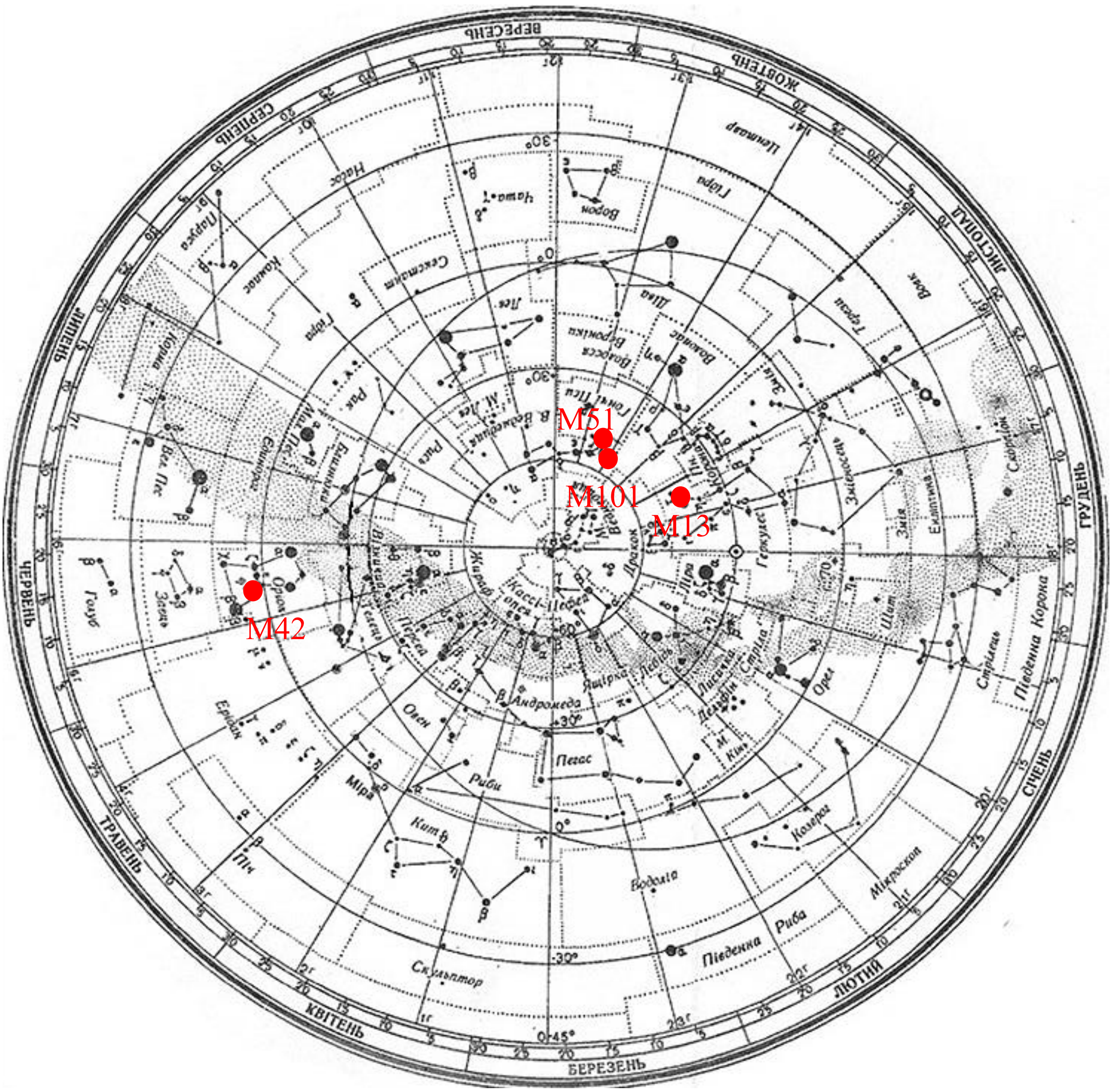
$$m_2 = -26{,}74 - 2{,}5\log_{10} 0{,}1 = -24{,}24.$$

С) Столиця острова Шпіцберген (широта $\varphi = 78^{\circ}13'\ N$), знаходиться за полярним колом (широта полярного кола $\varphi = 90° - 23°27' = 66°34'$). Ніч за полярним колом триває з листопада до лютого, тому в грудні Сонця не видно над горизонтом і спостерігати сонячне затемнення в грудні теж неможливо. Але зафіксоване на знімках затемнення можна було спостерігати, оскільки воно відбувалося в березні.

Практичний тур

Завдання 1

А) Використовуючи задані координати, наносимо на карту зоряного неба чотири об’єкти.



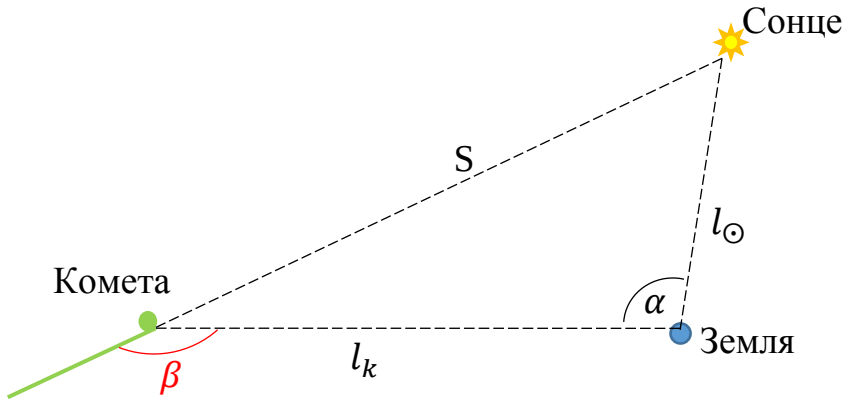
В) Найближчими в космосі об’єктами є кулясте зоряне скупчення M13 та туманність M42. Вони обидва знаходяться в нашій Галактиці, діаметр якої становить близько 100 000 світлових років. Галактики M51 і M101 - це інші величезні зоряні системи, подібні до нашої Галактики. Вони віддалені від нас і одне від одного на мільйони світлових років.

Завдання 2

А) Позначимо: відстань від Землі до комети $l_k = 13$ св. хв, відстань від Землі до Сонця $l_\odot = 8$ св. хв, видима кутова відстань від комети до Сонця $\alpha = 105°$.

Найпростіше вибрати масштаб, коли 1 світлова хвилина дорівнює 1 см. Отже, на малюнку відстань від Землі до комети $l_k = 13$ см, відстань від Землі до Сонця $l_\odot = 8$ см.

Малюємо трикутник зі сторонами $l_k = 13$ см, $l_\odot = 8$ см і кутом між ними $\alpha = 105°$.



Відстань комети до Сонця – це третя сторона трикутника S. За допомогою лінійки вимірюємо її довжину: S = 16,9 см. Отже, відстань від комети до Сонця становить 16,9 світлових хвилин.

Б) Хвіст комети утворений газами та частинками пилу, які виділяються з ядра комети й рухаються під дією сонячного вітру. Тому хвіст спрямований у зворотному напрямку до Сонця.

На рисунку напрямок, у якому спрямований хвіст комети, позначено лінією зеленого кольору. Кут між хвостом комети та відрізком від Землі до комети позначено буквою β: $\beta = 153°$.

Відповіді туру віртуальних спостережень

1. Комета та метеор.
2. Марс та Місяць.
3. Спіральні ліній могли бути різновидом сонячного годинника. Сонячне проміння, проходячи крізь щілину в сусідній скелі, освітлювали поверхню із спіральною лінією, утворюючи освітлений вузький клин. Кінець клину змінював положення та вказував на час, міг вказувати на дні сонцестояння або рівнодення.
4. Аналема Місяця незамкнена, тому що новий Місяць не видимий на небі і у ці дні Місяць не можна сфотографувати.
5. 1 – Південний захід, 4 – Захід, 7 – Північний захід.
6. 1 – Вега (Альфа Ліри), 2 – Бенеб (Альфа Лебедя).
7. Ділянка 2.
8. Кільцеподібне сонячне затемнення відбувається, коли Місяць знаходиться поблизу апогею своєї орбіти. Тоді кутові розміри Місяця менші за кутові розміри Сонця. Під час такого затемнення навколо Місяця залишається видимим сонячне кільце.
9. Нижні планети – Меркурій, Венера.
10. І четверть.

Окремі завдання для 11 класу.

8. Радіотелескоп.
9. Кульове скупчення.
10. На знімку 2014 року Сонце в максимумі активності, 2019 року – у мінімумі. Періодичність активності Сонця 11 років.