Рівненський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти

Схвалено до друку радою кабінету природничо-математичних предметів, технологій РОІППО (протокол № 3 від 16.06.2015 р.)

Фізика для фізиків. Навчально-методичне видання.
Серія. Спецвипуск № 11.

У даному спецвипуску запропоновані відповіді до запитань зі Збірника завдань для державної підсумкової атестації з астрономії, автори А.М.Казанцев, І.П.Крячко, 2014 рік. Запитання систематизовані по розділах навчальної програми. Серед них є завдання з вибором правильної відповіді (№ 1,2 збірника, які оцінюються в 0,5 бала), завдання відкритої форми з короткою відповіддю (№ 3-6 збірника, які оцінюються в 1 бал), завдання відкритої форми з розгорнутою відповіддю позначені зірочкою (№ 7-8 збірника, які оцінюються в 2 бали), двома зірочками (№ 9 збірника, які оцінюються в 3 бали), трьома зірочками (№ 10-12 збірника, які оцінюються в 4 бали). Завдання, позначені чотирма зірочками - для учнів фізичного профілю (№13-14 збірника, які оцінюються в 6 балів). Ці запитання також розміщені у «Конспектах з астрономії», Рівне, 2014 рік.

Державна підсумкова атестація з астрономії зараз не проводиться, але робота із даними запитаннями допоможе вчителю під час проведення уроків астрономії, при підготовці учнів до астрономічної олімпіади.

Кабінет редакційно-видавничої діяльності та друкованої пропаганди передового педагогічного досвіду РОІППО

Редактор А.Б.Трофімчук

ПРЕДМЕТ АСТРОНОМІЇ. ЇЇ РОЗВИТОК І ЗНАЧЕННЯ В

ЖИТТІ СУСПІЛЬСТВА. КОРОТКИЙ ОГЛЯД ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В АСТРОНОМІЇ

1.*** Наведіть не менше двох прикладів використання астрономічних знань для практичних потреб людства.

2.*** Як далеко в минуле Всесвіту могли "зазирнути" стародавні греки, милуючись зоряним небом? Відповідь поясніть.

Відповіді

1. Приклади використання астрономічних знань для практичних потреб людства: 1) для орієнтації в часі – зміна пір року, чергування світлих місячних та темних безмісячних ночей; 2) для орієнтації в просторі – положення зірок та Сонця на небі; 3) передбачення майбутнього – урожайний чи ні буде той чи інший рік.

2. Стародавні греки вважали, що навколо Землі обертаються сім прозорих кришталевих сфер, до яких прикріплені Місяць, Меркурій, Венера, Сонце, Марс, Юпітер і Сатурн. На восьмій сфері були розміщені нерухомі зорі. Тобто греки бачили так само як і тепер близько 6 000 зірок. Візуально могли бачити галактику туманність Андромеди, яка розміщена від нас на відстані 2 000 000 св.років. Отже "зазирнути" в минуле стародавні греки могли на 2 000 000 років.

ОСНОВИ ПРАКТИЧНОЇ АСТРОНОМІЇ

1. Скільки зір можна побачити на всій небесній сфері неозброєним оком?

А) близько 3000; Б) близько 6000; В) близько 9000; Г) близько 12 000.

2. Який алфавіт використовують для позначення яскравих зір у межах окремих сузір'їв?

А) латинський; Б) грецький; В) арабський; Г) китайський.

3. На скільки сузір'їв у наш час поділено небесну сферу?

А) 68; Б) 88; В) 108; Г) 128.

4. Зоря якої зоряної величини найяскравіша?

А) -1^m; Б) 0^m; В) 1^m; Г) 10^m.

5. Які координати світил нанесено на зоряні карти?

А) горизонтальні; Б) екваторіальні;
В) горизонтальні та екваторіальні;
Г) на зоряні карти не наносять координат.

6. Планети Сонячної системи можна спостерігати на зоряному небі...

А) лише в зоні екліптики; Б) лише поблизу небесного екватора;
В) лише поблизу полюсів світу; Г) у будь-якій ділянці.

7. Яка частина небесної сфери (у відсотках) не належить до жодного із сузір'їв?

8. Як змінився б вигляд зоряного неба, якби Міжнародний астрономічний союз у 1922 р. вирішив зберегти не 88 сузір'їв, а лише 44?

9. Яка зоря розташована далі від Сонця: та, що перебуває від нього на відстані 10 пк, чи та, що на відстані 20 св. р.?
10. Де міститься центр небесної сфери?
11. Який полюс світу міститься на більшій кутовій відстані від небесного екватора: Північний чи Південний?
12. Як називаються моменти найвищого та найнижчого положень світила відносно горизонту?
13. До якої системи координат належить висота світила: екваторіальної чи горизонтальної?
14. Що таке кульмінація світила?
15. Чому на зоряних картах не позначено азимути світил?
16. У яких місцях на Землі висоти світил майже незмінні впродовж доби?
17. Який (приблизно) азимут Полярної зорі?
18.* Скільки (приблизно) сузір'їв на небесній сфері над горизонтом удень?
19.* Ми спостерігаємо за космічним апаратом, що змінює видиму зоряну величину від $+6^m$ до -2^m. Як при цьому змінюється відстань до нього? Видима із Землі освітлена Сонцем частина поверхні апарата майже не змінюється.
20.* У якому місці Землі видно лише світила північної півсфери?
21.* Чому методом річних паралаксів не можна визначити відстані до зір інших галактик?
22.** Видима зоряна величина зорі становить 0^m. Поясніть, якою була б її видима зоряна величина: від'ємною чи додатною, – якщо відстань до зорі була б більша, ніж нині.
23.** Дано координати двох зір: $\alpha_1 = 11^h30^m$ і $\delta_1 = -40^0 30'$ та $\alpha_2 = 12^h20^m$ і $\delta_2 = -35^0 40'$. Яка з них ближче до Північного полюса світу за кутовою відстанню? Яка з координат у цьому питанні є визначальною?
24.** Як за допомогою сузір'я Велика Ведмедиця знайти Північний полюс світу? Відповідь проілюструйте малюнком.
25.*** Чому на зоряних картах не вказують місцезнаходження Землі?
26.*** У деякому пункті ви спостерігаєте Полярну зорю на висоті 42^0 над горизонтом. Якою в градусах є відстань по широті від цього пункту до Північного полюса?
27.**** У деякому пункті спостереження найменша висота зорі становить 0^0, а найбільша – 50^0. На якій широті знаходиться цей пункт, яким є схилення зорі?
28.**** Визначте за зоряною картою, скільки приблизно часу сузір'я Оріона буде проходити через небесний меридіан.
29.**** Видима зоряна величина зорі становить $+5^m$. Якою буде видима зоряна величина цієї самої зорі, якщо відстань до неї збільшиться в 10 разів?
30.**** Абсолютна зоряна величина зорі становить -10^m. Її видимий блиск на 4^m слабший від блиску зорі Сіріус. Яка відстань до цієї зорі?

Відповіді

1. Б.
2. Б.
3. Б.
4. А.
5. Б.
6. А.
7. 0%.
8. Вигляд не змінився б, тому що вигляд зоряного неба не залежить від того, які сузір'я визначила людина.
9. 10 пк = 32,6 св.р., тому 10 пк відстань більша, ніж 20 св.р.
10. Центром небесної сфери є око спостерігача.
11. Обидва полюси знаходяться на однаковій кутовій відстані 90^0 від екватора.
12. Верхня і нижня кульмінація.
13. Висота світила належить до горизонтальної системи координат.
14. Кульмінація світила – проходження світила через небесний меридіан. Розрізняють верхню і нижню кульмінації, оскільки світило проходить через меридіан двічі на добу.
15. Азимут світила – кут від точки півдня уздовж горизонту в бік заходу до вертикала світила. Азимут світила внаслідок обертання Землі безперервно змінюється, тому його на картах не вказують.
16. На географічних полюсах Землі буде здаватися спостерігачеві, що світила обертатимуться по колах на незмінній висоті.
17. 0^0.
18. Приблизно половина, тобто 44.
19. Більше значення зоряної величини відповідає меншій освітленості. Чим менша освітленість, тим далі перебуває світило. Отже, космічний апарат з освітленістю –2 перебуває ближче до нас, ніж космічний апарат з освітленістю 6.
20. Вигляд зоряного неба залежить від широти місця перебування спостерігача, а добовий рух небесної сфери є відображенням обертання Землі навколо своєї осі. Щоб спостерігати лише світила північної півсфери, спостерігач має перебувати на Північному полюсі Землі.
21. Річний паралакс зорі – кут, під яким з зорі видно середній радіус земної орбіти, перпендикулярно до напряму на зорю. Відстані до зір інших галактик настільки великі , що кут буде надзвичайно малим.
22. При збільшенні відстані до зорі – яскравість її зменшиться, а отже її видима зоряна величина з нульової стане додатною.
23. Визначальною координатою для знаходження кутової відстані зорі до Північного полюса світу є схилення (δ). Відлік схилення береться від екватора. Таким чином, схилення може приймати значення від 0˚ до +90˚ для небесних тіл у Північній півкулі та від 0˚ до –90˚ для небесних тіл у

Південній півкулі. Схилення обох зір від'ємні, отже вони знаходяться у Південній півкулі. $\delta_2 > \delta_1$, отже зоря 2 ближче до Північного полюса світу.

24. Проводять через дві крайні зорі Великої Ведмедиці пряму лінію. Продовжують пряму на 5 віддалей між цими зорями і знаходять Полярну зірку, положення якої практично збігається з Північним полюсом світу.



25. Тому що зоряна карта – це зображення частини небесної сфери, а Земля в даному випадку є центром цієї сфери (тілом відліку).

26. Висота полюса світу над горизонтом дорівнює географічній широті місця спостереження. Отже географічна широта пункту 42^0, а значить кутова відстань по широті до північного полюса Землі 48^0.

27. $h_{min} = 0^0$, $h_{max} = 50^0$.

$h_{max} = 90^0 + \varphi - \delta$; якщо верхня кульмінація на північ від зеніту.

$h_{min} = -90^0 + \varphi + \delta$.

$50^0 = 90^0 + \varphi - \delta$; $0^0 = -90^0 + \varphi + \delta$. Звідси $2\varphi = 50°$, $\varphi = 25°$, $\delta = 65°$.

$h_{max} = 90^\circ - \varphi + \delta$; якщо верхня кульмінація на південь від зеніту

$h_{min} = -90^\circ + \varphi + \delta$.

Звідси $2\delta = 50°$, $\delta = 25°$, $\varphi = 65°$.

Отже можливі два пункти: $\varphi = 25°$, $\varphi = 65°$.

28. Кутова відстань між крайніми точками сузір'я Оріона становить приблизно 14° . Небесна сфера обертається на 360° за 24 години. Тоді на 14° небесна сфера обертається за: $T = (14 \cdot 24)/360 = 14/15$ год.$= 56$ хвилин. Отже, сузір'я Оріона перетне небесний меридіан приблизно через 56 хвилин.

29. У першому випадку $M = m_1 + 5 - 5\lg R$; у другому випадку $M = m_2 + 5 - 5\lg 10R$, де M – абсолютна зоряна величина, яка у обох випадках однакова. $m_1 + 5 - 5\lg R = m_2 + 5 - 5\lg 10R$; $m_2 = m_1 - 5\lg R + 5\lg 10 + 5\lg R$; $m_2 = m_1 + 5$; $m_2 = 10^m$.

30. Найяскравіша зоря нашого неба Сіріус має видиму зоряну величину $m_c = -1{,}5^m$. Тоді видима зоряна величина зорі $m = m_c + \Delta m = -1{,}5^m + 4^m = 2{,}5^m$. Якщо відома відстань до зорі r в парсеках та її видима зоряна величина m, то абсолютну зоряну величину M можна визначити за допомогою такої формули: $M = m + 5 - 5\lg r$

$-10 = 2{,}5 + 5 - 5\lg r$; $-17{,}5 = -5\lg r$; $2\lg r = 7$; $\lg r^2 = \lg 10^7$; $r^2 = 10^7$; $r = 3140$ пк.

ВИДИМИЙ РУХ СОНЦЯ. ВИДИМИЙ РУХ МІСЯЦЯ. АСТРОНОМІЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ. ТИПИ КАЛЕНДАРІВ

1. Слово “календар” походить...

А) з Греції; Б) з Вавилона; В) з Риму; Г) з Єгипту.

2. Який проміжок часу між верхньою та нижньою кульмінаціями Сонця?

А) 6 год; Б) 9 год; В) 12 год; Г) 24 год.

3. Який тип календаря використовується в Україні?

А) місячний; Б) місячно-сонячний;

В) сонячний; Г) і місячний, і сонячний.

4. Явище сонцестояння відбувається...

А) лише взимку; Б) весною і восени;

В) узимку і влітку; Г) лише влітку.

5. Скільки сузір’їв перетинає Сонце протягом року?

А) 12; Б) 13; В) 14; Г) 88.

6. Чи можна бачити всю поверхню Місяця під час спостережень із Землі?

А) так; Б) ні;

В) це залежить від точки спостереження; Г) це залежить від пори року.

7. Що таке Всесвітній час?

8. Який рік є основою нашого сучасного календаря: тропічний чи зоряний?

9. Який приблизно азимут Сонця опівдні?

10. Відомо, що кожна зоря на небі належить до одного із сузір’їв. До якого сузір'я належить Сонце?

11. Яка доба коротша: сонячна чи зоряна?

12. Чому дні рівнодення мають такі назви?

13. Коли в середньому Місяць перебуває ближче до Сонця: під час сонячного затемнення чи під час місячного?

14.* Яка головна відмінність григоріанського і юліанського календарів

15.* Як визначають сузір’я, у якому перебуває Сонце, адже при цьому зір цього сузір’я не видно?

16.* Що є причиною видимого зміщення Сонця відносно зір?

17.* Поясніть, як місячні затемнення вказують на сферичну форму Землі.

18.* Як відрізняється місцевий час у двох пунктах з однаковою довготою, але різними широтами?

19.* Через який час за зоряним годинником після верхньої кульмінації зорі настає її нижня кульмінація?

20.* Як змінюється місцевий час у точці спостережень при зміщенні від середини годинного поясу на захід?

21.** Знаючи, що із Землі видно лише один бік Місяця, поясніть, яке приблизно співвідношення між періодом обертання Місяця навколо Землі та його періодом обертання навколо осі.

22.** Поясніть, більшим чи меншим є місцевий сонячний час від поясного часу в пункті на широті 50_0 сх. довготи.

23.*** Чому Місяць добре видно під час повного місячного затемнення, а Сонця не видно під час повного сонячного затемнення?
24.*** Коли Місяць ближче до Сонця: під час сонячного затемнення чи під час місячного? Відповідь поясніть за допомогою малюнка.
25.*** Поясніть за допомогою малюнка, чому Місяць у фазі першої чверті видно звечора.
26.*** Більшим чи меншим за діаметр Місяця є розмір кругової тіні від Місяця на поверхні Землі під час повного сонячного затемнення? Відповідь поясніть.
27.*** Чи виникне в найближчі кілька сотень років потреба внести якісь корективи в григоріанський календар, за яким ми живемо нині, чи він буде точним ще кілька тисяч років наперед? Відповідь поясніть.
28.*** Покази якого з годинників змінюються швидше: сонячного чи зоряного? Відповідь поясніть.
29.*** Чому виникла потреба замінити юліанський календар на григоріанський? Відповідь поясніть.
30.**** У пункті, що міститься на 41_0 сх. довготи, поясний час становить 6 год 40 хв. Знайдіть місцевий час у пункті на 86_0 сх. довготи в цей момент.
31.**** З якою швидкістю і в якому напрямі має летіти літак на широті $+50_0$, щоб годинники пасажирів завжди показували місцевий час пункту, над яким пролітає літак?
32.**** З якої країни родом може бути людина, котра за документами народилася 29 лютого 1900 р.: з Англії, Франції чи Росії? Відповідь поясніть.
33.**** Визначте зоряний час на момент нижньої кульмінації зорі Бетельгейзе.
34.**** Обчисліть приблизно, у яку дату року зоряний час в окремому пункті випереджає місцевий сонячний час на 2 години.
35.**** Поясніть, що таке середнє сонце і навіщо це поняття було введено в астрономії.
36.**** Підрахуйте, з якою швидкістю в середньому змінюється різниця між сонячним і зоряним часом за добу. Поясніть розрахунки.

Відповіді

1. В.
2. В.
3. В.
4. В.
5. Б.
6. Б.
7. Місцевий середній час гринвіцького меридіану.

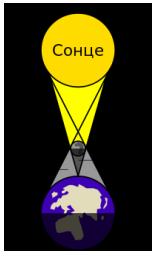
8. Тропічний.
9. В астрономії азимут рахується від точки півдня на захід (від 0° до 360°), в геодезії – від точки півночі на схід. Тому астрономічний азимут Сонця 0°, а геодезичний (географічний) – 180°.
10. Сонце не належить до жодного з сузір'їв.
11. Зоряна доба на 3 хв 56 с коротша за сонячну.
12. Тому, що два рази на рік Сонце і Земля знаходяться в такому взаємному розташуванні, при якому сонячне проміння рівномірно освітлює земні півкулі – день дорівнює ночі на всій планеті. Це дні весняного (21 березня) і осіннього (23 вересня) рівнодення.
13. Під час сонячного затемнення.
14. Головна відмінність в періодичності високосних років. Юліанський календар передбачає, що високосний рік повторюється через кожні 3 роки на четвертий. Але при цьому виходить, що календарний рік на 11 хв. довший за астрономічний. Тобто за кожні 128 років утворюється зайвий день. В Григоріанському календарі також кожен 4-тий рік високосний, за винятком років кратних 100 (100, 200, 300, 500, 700…), коли вони не діляться на 400. Таким чином зайва доба утворюється тільки за 3200 років.
15. Сузір'я, в яких перебуває Сонце, на небосхилі не видно, бо світло від них губиться у сонячному. У цей час опівночі кульмінують діаметрально протилежні зодіакальні сузір'я. Наприклад, у травні-червні сузір'я Тельця сходить разом із Сонцем і перебуває на небосхилі вдень. Опівночі в цей час кульмінує Скорпіон, тому за ним найкраще спостерігати у травні. Тривалість перебування Сонця в зодіакальних сузір'ях різна. Тому екліптику умовно поділили на 12 рівних частин по 30°, які і відповідають знакам зодіаку, і в кожній з яких Сонце перебуває близько місяця.
16. Визначаючи висоту Сонця у верхній кульмінації (у полудень), можна помітити, що вона змінюється з кожним днем приблизно на 15′ . Якби була можливість бачити, в оточенні яких зір на небесній сфері перебуває Сонце, то ми помітили б, що воно протягом року постійно змінює місцезнаходження. Причиною видимого руху Сонця серед зір є дійсний рух Землі навколо Сонця. За рік наша планета робить повний оберт навколо Сонця, а воно, відповідно, за цей час проходить через ряд сузір'їв небесної сфери.
17. При входженні Місяця у тінь Землі, край тіні Землі рухається по поверхні Місяця. Форма тіні відповідає формі тіні, яку відкидає об'єкт. Оскільки край тіні має округлу форму, то і об'єкт (Земля), який її відкидає, має вигляд округлої форми.
18. Місцевий час однаковий.
19. Через 12 год.
20. Місцевий час пов'язаний із географічною довготою. Знаючи різницю місцевого часу двох пунктів на земній поверхні, можна знайти різницю географічних довгот, і навпаки. Оскільки за 24 години Земля робить повний оберт, то за одну годину кут повороту становитиме 15^0 (360^0: 24 год). Звідси

можна встановити, що на 1^0 наша планета повертається за 4 хвилини (60 хв : 15^0). Отже, місцевий час на будь-якій довготі на захід від середини пояса відстає від поясного.

21. Період обертання Місяця навколо осі дорівнює періоду його обертання навколо Землі. І через це Місяць завжди повернутий до Землі одним боком. Обертання такого типу називається синхронним. Однак, хоча в кожний даний момент спостерігач на Землі бачить рівно половину поверхні Місяця, через особливості його руху по орбіті насправді можна бачити не 50 %, а 60 % поверхні.

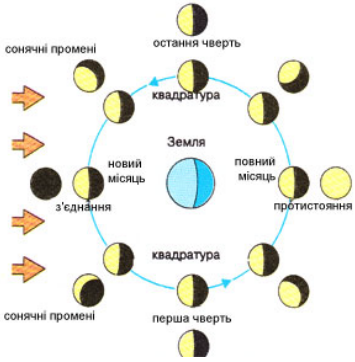
22. Ширина кожного часового поясу по довготі відповідає 15^0 – 1 год. Відповідно, для широти 50^0 східної довготи відповідатиме четвертий годинний пояс, але центральний меридіан цього поясу буде проходити східніше від потрібної нам широти, отже місцевий час у даному пункті буде менший, ніж поясний.

23. Сонячне затемнення – це коли Місяць стає на шляху сонячному світлу та частково або повністю закриває Сонце від земного спостерігача. Сонячне затемнення трапляється тільки у фазі нового Місяця. На відміну від сонячних, місячні затемнення можуть траплятися тільки при повному місяці – коли Сонце, Земля та Місяць знову вишикуються в одну лінію. Через те, що Земля має атмосферу, на Місяць усе ж таки попадають сонячні промені, що були розсіяні земним повітрям. Найкраще повітря пропускає червоні промені. З цієї самої причини під час повного затемнення Місяць набуває забарвлення різноманітних відтінків червоного.



24. Під час сонячного затемнення (див. малюнок).

25. Для спостерігача на Землі Сонце і Місяць знаходяться в квадратурі, бачити Місяць можна з півсфери Землі, оберненої до нього, а, з врахуванням напрямку обертання Землі, це можливо для територій, не дуже віддалених від вечірнього термінатора.



26. Покриття Сонця Місяцем називається сонячним затемненням. Для різних точок земної поверхні сонячне затемнення має різний вид. Диск Сонця буде повністю закритий для спостерігача який знаходиться всередині конуса тіні. Діаметр її на поверхні Землі не перевищує 270 км, а діаметр Місяця дорівнює 3482 км. Отже, розмір кругової тіні від Місяця на поверхні Землі буде менший майже у 13 разів.

27. Григоріанський календар буде точним ще кілька тисяч років, оскільки в ньому похибка на одну добу накопичується приблизно за 3200 років. Потреба внести в нього якісь корективи в найближчі кілька сотень років не виникне.
28. Зоряного, тому що зоряна доба коротша за сонячну приблизно на 3хв 56с.
29. За юліанським календарем в середньому кожний календарний рік був довший за тропічний на 11 хв 14 с. Григоріанський календар, що діє в наш час, виправив цю неточність. У ньому вилучили ті роки, які закінчуються двома нулями і число сотень яких не ділиться на чотири без остачі. Григоріанський календар теж не є ідеальним, але похибку на одну добу він дає приблизно через 32 століття.
30. Різниця місцевих часів дорівнює різниці довгот: $T_{1M}-T_{2M}=\lambda_1-\lambda_2$. Різниця місцевого і поясного часу становить: $T_{1M}-T_{1п}=\lambda_1-n_1$, де n_1 – номер пояса. З цих двох рівнянь $T_{2M}=T_{1п}+\lambda_2-n_1$. Враховуючи, що $\lambda_1=41^0$ належить до третього поясу $[37{,}5^0 - 52{,}5^0]$, і що 1 год = 15^0, одержимо, що $\lambda_2=86^0$= 5 год 44 хв і T_{2M}=6 год 40 хв+5 год 44 хв–3 год=9 год 24 хв.
31. Літак повинен летіти в напрямку добового обертання Землі зі швидкістю

$$\upsilon = \frac{2\pi \cdot R_3 \cos\varphi}{24год} \approx 0{,}5\cdot 10^3 \cdot \cos 50^0 = 0.6428 \cdot 0{,}5 \cdot 10^3 = 0{,}3214 \frac{км}{с}.$$

32. Високосний рік був введений разом з юліанським календарем в 46 році до н.е. Пізніше цей календар був уточнений за допомогою виключення з числа високосних тих років, які діляться на 100 (крім тих, які діляться на 400). Оскільки в Росії григоріанський календар був введений в 1918 році (на 336 років пізніше, ніж у Європі та Америці), то у нас було на 3 високосних роки більше. 1600-й був високосним для всіх, а вже 1700-й, 1800-й і 1900-й - тільки для нашої країни. Отже, людина була родом із Росії.

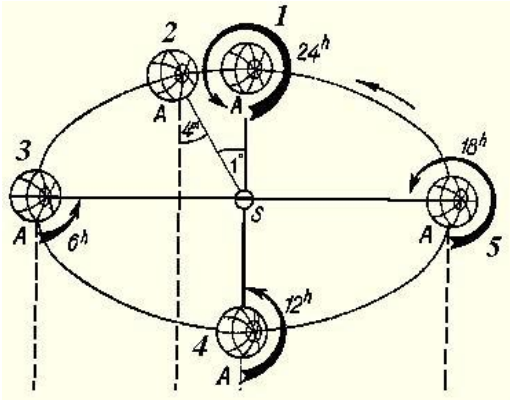
33. Відповідь: S= $17^h53{,}8^m$.
Розв`язок: Зоряний час (s) дорівнює сумі прямого сходження зорі (α) та годинникового кута зорі (t). Отже, $s=\alpha+t$, де α – пряме сходження, t – годинний кут. В момент нижньої кульмінації годинний кут $t=12^h$. S= $\alpha+12^h$.

Зоря Бетельгейзе має пряме сходження $\alpha = 5^h53{,}8^m$ (за таблицями). Отже s= $5^h53{,}8^m + 12^h = 17^h53{,}8^m$.

34. Проміжок часу між двома послідовними однойменними кульмінаціями точки весняного рівнодення на одному і тому ж географічному меридіані називається зоряною добою. Початок зоряної доби – момент верхньої кульмінації точки весняного рівнодення. Зоряна доба на 3 хв 56 с коротша за сонячну. Отже різниця в 2 години набіжить за 7200 с/236 с= 30, 5 діб. Весняне рівнодення – це 21 березня, отже на 2 години зоряний час випереджатиме місцевий сонячний приблизно 20 квітня.
35. Середнє Сонце, уявна точка небесної сфери, яка рівномірно рухається по екватору, здійснюючи один повний оберт відносно точки весняного

рівнодення протягом тропічного року і служить для виміру середнього сонячного часу. Поняття середнього сонця було введено в 18 ст. для уточнення виміру часу протягом доби.

36. Зоряна доба на 3 хв 56 с коротша за сонячну. Це становить 236 с. Отже за добу різниця між сонячним і зоряним часом змінюється з швидкістю 236 с/ 24 год ≈9,83 с/год. Припустимо, що середнє Сонце збігається із справжнім Сонцем S. Нехай у положенні 1 для спостерігача А середнє Сонце і точка γ одночасно проходять верхню кульмінацію. Якби Земля не переміщалася по орбіті, то після одного її оберту навколо осі середнє Сонце і точка γ були б у верхній кульмінації одночасно, а середня сонячна доба дорівнювала б зоряній. Але Земля за один оберт навколо осі перемістилася по орбіті на 0,986° (майже на 1°) у положення 2. Тоді для того самого спостерігача зоряна доба вже закінчилась, оскільки точка γ прийшла на меридіан (напрям на γ вказують пунктирні лінії), але Сонце ще не дійшло до меридіана пункту спостереження і утворюватиме з ним кут, теж близький до 1°. Кульмінація Сонця настане тоді, коли Земля повернеться навколо своєї осі на вказаний кут. Цей поворот вона закінчує в середньому за 3^m56^s .



ВИДИМІ РУХИ ПЛАНЕТ. ЗАКОНИ КЕПЛЕРА

1. Припливи у Світовому океані спричинені головним чином дією...

А) Сонця; Б) Місяця; В) Венери; Г) Юпітера.

2. Небесне тіло від афелію до перигелію рухається 3 роки. Який період обертання цього тіла навколо Сонця?

3. Небесне тіло від афелію до перигелію рухається 4 роки. За який час воно зробить повний оберт по орбіті?

4. Який закон визначає форму орбіт планет?

5. Яка з планет може підходити до Землі на найменшу відстань?

6. Якою має бути форма орбіти тіла, щоб воно мало сталу орбітальну швидкість руху?

7. У якій точці геліоцентричної еліптичної орбіти лінійна швидкість планети максимальна, а в якій – мінімальна?

8. Який із законів визначає залежність періоду обертання планет навколо Сонця від розміру орбіт?

9. Сформулюйте перший закон Кеплера.
10. Венера може наближатися до Землі ближче, ніж Марс. Чому поверхню Марса видно краще, ніж поверхню Венери?
11. Два тіла обертаються навколо Сонця по майже колових орбітах з істотно різними періодами. Яке із цих тіл рухається ближче до Сонця?
12. Відомо, що планети обертаються навколо Сонця по еліптичних орбітах. А по яких орбітах обертаються навколо планет їхні супутники?
13. Яка з планет Сонячної системи віддаляється на найменшу кутову відстань від Сонця при спостереженнях із Землі?
14.* За допомогою якого закону і як можна довести, що період обертання Венери навколо Сонця менший від періода обертання Марса?
15.*Поясніть, чи не суперечить першому закону Кеплера рух тіла навколо Сонця по коловій орбіті.
16.*Який із законів визначає зміну швидкості руху тіла по еліптичній орбіті на різних відстанях від Сонця?
17.*Як змінився б період обертання Землі навколо Сонця, коли б процеси всередині Сонця збільшили його розмір у 4 рази?
18.*Як зміниться період обертання тіла навколо Сонця, якщо його велика піввісь збільшиться вдвічі?
19.*У яку пору року лінійна швидкість Землі по орбіті максимальна?
20.*Два тіла з різними масами обертаються навколо Сонця по орбітах з однаковими за значеннями великими півосями. Період обертання якого з тіл більший? Чи, можливо, ці періоди однакові?
21.* Іноді ми можемо спостерігати проходження Меркурія по диску Сонця. Чому ми не можемо спостерігати проходження Марса по диску Сонця?
22.** Два тіла обертаються навколо Сонця по орбітах з однаковими періодами, але різними ексцентриситетами ($e_1 > e_2$). Поясніть, яке із цих тіл може наближатися ближче до Сонця?
23.** Спочатку визначили положення зорі, коли Земля була розташована на прямій між Сонцем та цією зорею. Через 3 місяці положення зорі на небесній сфері змістилося на певний кут. Поясніть, чому так сталося.
24.** У якому випадку ми можемо спостерігати без допомоги оптичних приладів рух планети Меркурій опівдні?
25.*** Відомо, що в річному русі Землі навколо Сонця її вісь обертання не змінює свого напряму в просторі. Якими спостереженнями це можна довести?
26.*** Поясніть, у яких точках геоцентричної орбіти Місяця покриття зір Місяцем триває максимальний час.
27.*** Космічний апарат стартував з поверхні Землі з другою космічною швидкістю. Яким має бути напрям цієї швидкості у просторі, щоб апарат зміг

вийти за межі Сонячної системи, якщо після старту і виходу в міжпланетний простір його двигуни будуть вимкнені? Відповідь поясніть.

28.*** П ід час великого протистояння Землі і Марса експедиція прибула на Марс у район екватора планети. Уночі два астронавти вийшли на поверхню. “Дивись, як сяє наша Земля, – сказав один. – Вона найяскравіша на марсіанському небі”. Чи відповідали б дійсності ці слова, якби така експедиція відбулася насправді? Відповідь поясніть.

29.*** У яких точках земної поверхні швидкість руху спостерігача відносно Сонця завжди дорівнює орбітальній швидкості Землі? Відповідь обґрунтуйте.

30.**** Поясніть за допомогою рисунка явище видимого петлеподібного руху планет.

31.**** Поясніть, у які періоди року частіше в середньому відбуваються не повні сонячні затемнення, а кільцеподібні.

32.**** Навколо Землі обертаються два штучних супутники. Мінімальна відстань від першого супутника до поверхні Землі становить 700 км, а максимальна – 2500 км. Для другого супутника – відповідно 2200 км та 5000 км. Знайдіть відношення періоду обертання навколо Землі другого супутника до періоду обертання першого супутника.

33.**** Підрахуйте, яку приблизно площу неба (у квадратних градусах) покриває Місяць під час руху відносно зір за один сидеричний період.

34.**** Вважаючи орбіти планет коловими, обчисліть, у скільки разів видимий кутовий розмір Юпітера більший (чи менший) за кутовий розмір Марса під час протистоянь цих планет із Землею.

35.**** Обчисліть, як змінився б період обертання Землі навколо Сонця, якби маса Землі була вдвічі більшою, ніж тепер, а середня відстань від Сонця – такою самою.

36.**** Астронавт із поверхні Місяця кілька земних діб спостерігає за рухом Землі на небесній сфері. Опишіть і поясніть, що він побачить.

37.**** Доведіть, що лінійна швидкість руху планети в перигелії її орбіти є максимальною, а в афелії – мінімальною.

38.**** Вважаючи орбіти планет коловими, обчисліть кут максимального віддалення Меркурія від Сонця при спостереженні із Землі.

39.**** Підкинутий угору камінь на Марсі буде опускатися на поверхню планети повільніше чи швидше, ніж на Землі з такої самої висоти? А порошинка? Відповідь поясніть.

40.**** Супутники Фобос і Деймос обертаються навколо Марса на середній відстані від поверхні планети відповідно 9400 км та 23 500 км, що становить 1,76 та 5,9 радіуса Марса. Обчисліть відношення періодів обертання цих супутників навколо Марса.

Відповіді

1. Б.

2. У два рази більше – 6 років.
3. 4 р. · 2 = 8 р.
4. Перший закон Кеплера визначає форму орбіти планети.
5. Венера.
6. Форма орбіти повинна бути коловою.
7. Згідно з другим законом Кеплера, радіус вектор планети за рівні проміжки часу описує рівні площі. Найбільшу швидкість планета має в перигелії, коли відстань до Сонця найменша, а найменшу – в афелії, коли відстань найбільша.
8. ІІІ закон Кеплера.
9. Перший закон Кеплера визначає форму орбіти планети. Кожна планета обертається по еліпсу, в одному з фокусів якого міститься Сонце.
10. Хмарний шар Венери, що ховає від нас її поверхню, розташовано на висоті 49-68 км над поверхнею. Велика товщина хмарного шару робить його зовсім непрозорим для земного спостерігача, тому вивчення планети ведеться в основному радіолокаційними методами.
11. Згідно з ІІІ законом Кеплера $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$, тобто чим більший період, тим більший радіус обертання, а відповідно і відстань до Сонця.
12. Супутники планет рухаються по еліптичних орбітах, причому у фокусі кожної орбіти розміщено центр відповідної планети.
13. Меркурій.
14. Це випливає із ІІІ закону Кеплера $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$. Оскільки велика піввісь орбіти Марса більша, ніж у Венери, то й період його обертання навколо Сонця більший.
15. Рух тіла навколо Сонця по коловій орбіті не суперечить першому закону Кеплера. Орбіти планет майже не відрізняються від кола, тому що вони мають невеликий ексцентриситет (e=c/a).
16. ІІ закон Кеплера. Лінійна швидкість руху планети неоднакова в різних точках її орбіти. Швидкість планети під час її руху по орбіті тим більша, чим ближче вона до Сонця. У перигелії швидкість планети найбільша, в афелії найменша. Таким чином, другий закон Кеплера кількісно визначає зміну швидкості руху планет по еліптичних орбітах.
17. Про зміну розмірів Сонця в задачі нічого не сказано. Розміщення центра мас Сонця і маса не зміниться,тому період обертання планети не зміниться.

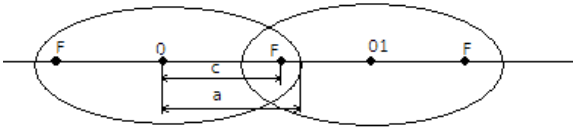
18. Сидеричні періоди T_1, T_2 і великі півосі еліпсів a_1, a_2 пов'язані між собою таким співвідношенням: $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$. $a_2 = 2a_1$, то $T_2 = 2\sqrt{2}\ \sqrt{2} T_1$. Отже, період збільшиться в $2\sqrt{2}\ \sqrt{2}$ раза.

19. Найбільшу швидкість Земля має взимку: 30,38 км/с. Це випливає з другого закону Кеплера. Радіус вектор планети за рівні проміжки часу описує рівні площі, отже в перигелії (взимку) швидкість найбільша, а в афелії (влітку) швидкість найменша.

20. Згідно уточненого закону Кеплера $\frac{T_1(M+m_1)}{T_2(M+m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$, чим більша маса, тим менший період. Враховуючи, що m_1 і $m_2 << M$, зміна періоду практично буде незначною.

21. Ми не можемо спостерігати проходження Марса по диску Сонця, бо він є зовнішньою планетою.

22. $e_1 > e_2$, $e=c/a$, c- відстань від фокуса до центра еліпса; a- довжина великої півосі. Чим більше e, тим більше c, а $x=a-c$ менше, де x – відстань тіла до Сонця (фокуса). Враховуючи, що $c=ea$, отримаємо:



$x=a-ea=a(1-e)$. За цих умов ближче біля Сонця буде тіло у якого e більше.

23. Ще в часи Коперника було зрозуміло, що коли Земля справді обертається навколо Сонця, то видимі положення зір на небі повинні змінюватися. Отже за 3 місяці Земля переміщується в іншу точку орбіти проходячи ¼ її довжини. Для спостерігача на Землі напрями на зорю з даних двох точок орбіти відрізняються. Чим більша відстань до зорі тим меншим буде цей кут (див. малюнок).



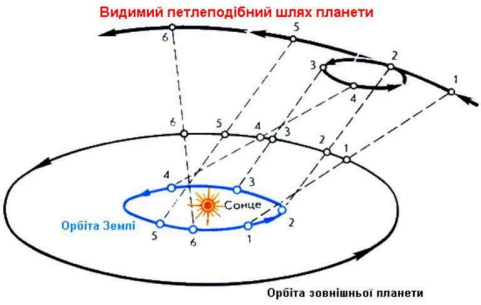
24. а) Під час проходження Меркурія по диску Сонця у вигляді чорної цяточки;
б) під час повного сонячного затемнення, коли на небі можуть з'явитися яскраві зорі і планети.

25. Спостереженнями Полярної зірки. Усі зорі описують колові траєкторії, а Полярна зірка майже нерухома. Про це свідчать зйомки за допомогою фотоапарата з багатогодинною витримкою.

26. Рух Місяця по геоцентричній орбіті біля перигею швидший, а біля апогею повільніший. Тому тривалість покриття зір Місяцем триватиме довше тоді, коли Місяць в апогеї.

28. Під час великого протистояння вночі із поверхні Марса побачити Землю неможливо, адже Земля знаходиться між Сонцем і Марсом, а нічна половина Марса повернута від Сонця.

29. Північний та південний полюс Землі. Земля бере участь в двох рухах: навколо своєї осі, а також навколо Сонця. Як відомо із курсу фізики найбільша швидкість навколо своєї осі буде на екваторі, а на полюсах фактично є нульовою, саме тому у цих місцях для спостерігача швидкість руху відносно Сонця завжди дорівнює орбітальній швидкості Землі.



30. Див. малюнок.

31. Взимку. Влітку в південній півкулі. Якщо кутовий діаметр диска Місяця виявляється трохи менше кутового діаметра диска Сонця, то в момент максимальної фази затемнення від Сонця залишається видимим яскраве вузьке кільце. Таке затемнення називається кільцеподібним. Кільцеподібне затемнення відбувається коли Місяць знаходиться в апогеї своєї орбіти, або на далекій відстані від Землі. Місяць навколо Землі як і Земля навколо Сонця рухаються по еліптичних орбітах, тому їх видимі кутові діаметри змінюються, оскільки в зимовий період Земля мінімально віддалена від Сонця, то кутовий діаметр Сонця взимку більший ніж літом, що призводить до більш імовірного кільцеподібного затемнення Сонця.

32. a_1=(5000+2200)/2=3600 км; a_2=(2500+700)/2=1600 км;

$$\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{a_1^3}{a_2^3}; \quad \frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{729}{64}; \quad \frac{T_1}{T_2}=\frac{27}{8}.$$

33. Видимий кутовий діаметр Місяця $\approx 0{,}5^0$. Синодичний період (29,5 доби) більший за сидеричний (27,3 доби) на $\approx$2,2 доби. За сидеричний період Місяць описує дугу 360^0. Тоді за одну добу він описує кут $\approx 13{,}2^0$. Оскільки за сидеричний місяць Земля зміститься, то відносно зір Місяць опише дугу $360^0 - 2{,}2 \cdot 13{,}2^0 \approx 330^0$.

Тоді площа, яку покриє Місяць $S=330^0 \cdot 0{,}5^0 = 165$ кв.градуси.

34. Кутова відстань до Марса $\phi_1=R_M/d_M$, де d_M – відстань від Землі до Марса, R_M – радіус Марса. Аналогічно для Юпітера $\phi_2=R_Ю/d_Ю$. d_M= 1,52 а.о – 1 а.о.=0,52 а.о., $d_Ю$= 5,2 а.о – 1 а.о.=4,2 а.о. R_M=0,532 $R_З$, $R_Ю$=11,19 $R_З$. Після підстановок ϕ_2/ϕ_1 = 2,6 раза.

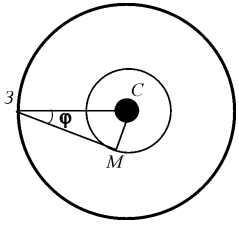
35. Період обертання визначається співвідношенням $T = \frac{2\pi R}{\upsilon}$, де R – радіус орбіти. Швидкість визначаємо із II закону Ньютона: $\frac{m\upsilon^2}{R} = G\frac{Mm}{R^2}$. Звідси $\upsilon = \sqrt{G\frac{M}{R}}$, де M - маса Сонця. Як бачимо період обертання не залежить від маси Землі. Отже, період обертання не зміниться.

36. Вигляд Землі для спостерігача на Місяці залежить від взаємного розташування Сонця, Землі і Місяця. Наприклад, якщо проекції цих трьох небесних тіл будуть на одній лінії, то спостерігач на Місяці побачить Землю в «повні», причому вигляд поверхні Землі за 24 години мінятиметься, внаслідок обертання Землі навколо осі. За кілька діб зміниться вигляд Землі, подібно до змін фаз Місяця і черех 15 діб Землі не буде видно (молодик).

37. Радіус-вектор планети за однакові інтервали часу описує рівновеликі площі.

З цього закону випливає важливий висновок: оскільки площі 1 і 2 рівні, то по дузі P_1P_2 планета рухається з більшою швидкістю ніж по дузі P_3 P_4 , тобто швидкість планети найбільша в перигелії і найменша в афелії

38. Найбільше кутове відхилення планети від Сонця називається елонгацією. З прямокутного трикутника ЗСМ синус кута СЗМ дорівнює відношенню відстані від Меркурія до Сонця до відстані від Землі до Сонця.



$Sin\varphi = \frac{0{,}39\ a.o.}{1\ a.o.}$ =0,39. $\phi \approx 23^0$.

39. І камінь, і порошинка опустяться на поверхню Марса одночасно (опір повітря відстутній). Оскільки $g_м$ =3,72м/с^2 , то $\upsilon_м$ менше $\upsilon_з$.

40. $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$; $\frac{T_Д^2}{T_Ф^2} = \frac{6{,}9 \cdot R_M^3}{2{,}76 \cdot R_M^3} = 15{,}625$; $\frac{T_Д}{T_Ф} = 3{,}95$.

(неточність в умові. В кілометрах дається відстань до центра Марса, а в марсіанських радіусах відстань до поверхні, тому $5{,}9R+R=6{,}9R$, $1{,}76R+R=2{,}76R$).

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АСТРОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Телескопічна ера в астрономії розпочалась у...

А) 1609 р.; Б) 1668 р.; В) 1781 р.; Г) 1924 р.

2. Г. Галілей за допомогою свого телескопа відкрив...

А) гори на Місяці; Б) планету Уран;
В) комету Галлея; Г) перший астероїд.

3. Як називається телескоп, об'єктивом якого є лінза?
4. Навіщо роблять телескопи з дуже великими діаметрами об'єктивів?
5. Яким був телескоп, створений Галілеєм: лінзовим чи дзеркальним?
6. Спостереженням на яких телескопах можуть заважати мережі стільникового зв'язку?
7. Чому в радіотелескопах не буває окуляра?
8. Чим відрізняються телескопи-рефлектори від телескопів-рефракторів?
9. Які телескопічні спостереження небесних об'єктів можна вести вдень у хмарну погоду?
10. Яка характеристика телескопа важливіша для спостережень слабких зір: діаметр окуляра чи діаметр об'єктива?
11. Як називається оптичний телескоп, у якому об'єктивом є дзеркало?
12. Для чого дзеркала телескопів-рефлекторів покривають шаром алюмінію?
13. На поверхні якої з планет можна розгледіти найдрібніші деталі під час спостережень із Землі в один і той самий оптичний телескоп?
14.* Поясніть, чому в оптичний телескоп можна бачити зорі, яких не видно неозброєним оком.
15.** Бінокль, як і телескоп, має об'єктив і окуляр. Чому ж тоді в біноклях зображення пряме, а в телескопах – перевернуте?
16.** Чому сучасні наземні астрономічні обсерваторії, як правило, розміщують високо в горах?
17.** Поясніть, які земні події чи процеси можна реєструвати за допомогою нейтринних телескопів.
18 .** Об'єктив одного оптичного телескопа – круг, діаметр якого 50 см, а об'єктив іншого – квадрат зі стороною 50 см. Інші параметри телескопів однакові. Як будуть відрізнятися між собою зображення однієї й тієї самої зорі в цих телескопах?
19.*** На сонячному телескопі Кримської астрофізичної обсерваторії зроблено низку знімків спектрів Сонця. Поясніть, як за допомогою таких знімків можна досліджувати земну атмосферу.
20.*** Під час спостережень на сучасних оптичних телескопах окуляра не використовують, а приймач встановлюють безпосередньо у фокальній площині. Поясніть чому
21.*** Як зміниться на фотографії вигляд повного Місяця, якщо закрити ліву половину об'єктива телескопа без зміни експозиції?
22.*** Два оптичних телескопи мають окуляри з однаковими характеристиками. У першого телескопа діаметр об'єктива – 30 см та фокальна відстань 300 см, а в другого – відповідно 30 см та 200 см. Поясніть, у який телескоп можна розгледіти найдрібніші деталі на поверхні Місяця в його повній фазі.

23.*** Під час візуальних спостережень молодого Місяця закрили праву половину об’єктива телескопа. Що при цьому зміниться в зображенні Місяця, яке розглядає спостерігач?
24.*** Опишіть ідеальне місце на поверхні Землі для виконання оптичних астрономічних спостережень
25.*** З якою кутовою швидкістю має рухатися небесне світило, щоб завжди перебувати в полі зору нерухомо встановленого телескопа, направленого в точку небесної сфери, що лежить на небесному екваторі?
26.**** Камера Шмідта, діаметр якої 1,2 м, реєструє на фотознімку ділянку неба розміром 7×7^0. Скільки експозицій потрібно зробити, щоб отримати фотографії всієї екваторіальної зони неба завширшки 14^0?
27.**** Поясніть, скільки приблизно зір від 1-ї до 6-ї зоряної величини можна побачити на всьому небі в гарну безхмарну, безмісячну ніч в оптичний телескоп з діаметром об’єктива 30 см та фокусною відстанню 200 см.
28.**** Оператор із Землі керує по радіо рухом марсохода, який демонструє йому телепанораму на відстані 30 м від себе. Яка при цьому безпечна швидкість марсохода, якщо відстань до Марса становить 0,8 а. о.?
29.**** Як відомо, навіть у найпотужніші оптичні телескопи дуже складно розгледіти диски далеких зір. Чому ж тоді на фотознімках зорі мають форму дисків?
30.**** Відомо, що однолінзові об'єктиви телескопів-рефракторів дають забарвлене (розмите) зображення. Для усунення цього недоліку використовують дво- та трилінзові об’єктиви. Поясніть, як такі недоліки усувають у телескопах-рефлекторах.

Відповіді

1. А.
2. А.
3. Рефрактор.
4. Телескопи роблять з дуже великими діаметрами об’єктивів, тому що під час розглядання предметів за допомогою телескопа в око попадає в стільки разів більше світла, у скільки разів площа об’єктива більша від площі зіниці. Об’єктив телескопа − це ніби гігантська зіниця, спрямована в небо. Чим більший діаметр об’єктива,тим більше світла він бере від зорі.
5. Лінзовий.
6. Радіотелескоп.
7. Тому що радіотелескоп − це антена, яка вловлює електромагнітні хвилі лише невидимого спектру, а тому й нема потреби встановлювати на ньому прилади візуального спостереження.
8. Телескопи-рефрактори − оптичні телескопи з лінзами. Телескопи-рефлектори − оптичні телескопи з дзеркалами спеціальної форми.

9. Так як радіохвилі хмарами не затримуються, спостереження на радіотелескопах ведуться і в хмарну погоду. Крім того, навіть найслабші космічні джерела радіовипромінювання можуть спостерігатися вдень так само добре, як і вночі, оскільки Сонце в радіодіапазоні "не підсвічує" земну атмосферу.
10. Одне з основних призначень телескопа – збирати випромінювання від небесних світил. Для цієї мети в оптичному телескопі слугує об'єктив. Що більший діаметр об'єктива, то більше світла він збере від слабкої зорі. Окуляр у телескопі використовують для того, щоб розглядати зображення небесного тіла, побудоване об'єктивом. На процес реєстрації світла від слабкої зорі окуляр не впливає. Отже, для спостереження слабких зір важливим є діаметр об'єктива телескопа.
11. Рефлектор.
12. У телескопах-рефлекторах світло збирається не опуклою лінзою, як у рефракторі, а увігнутим дзеркалом, поміщених у нижній кінець труби. Відбиваючись, світло збирається біля верхнього кінця труби і з допомогою додаткового маленького дзеркала відводиться в бік до спостерігача. Для кращого відбиття світла дзеркало покривають тонким шаром срібла або алюмінію.
13. Марс має розріджену атмосферу. Це дозволяє вивчати його поверхню безпосередньо з Землі.
14. Телескоп збільшує видиму яскравість світил, яка буде у стільки разів більша за ту, що сприймається неозброєним оком, у скільки площа об'єктива більша від площі зіниці ока.
15. Для того щоб отримати в телескопі пряме зображення потрібно ввести додаткові оптичні схеми. Кожен додатковий елемент це зайві втрати світла, а цього астрономи стараються уникати. До небесних об'єктів не приймається поняття верх – низ. Тому використання такої оптики відносно того зображення що ми бачимо неозброєним оком, не вносить незручності, а вигода пряма – менше втрат світла.
16. Астрономічна обсерваторія – це наукова установа, у якій виконують спостереження небесних світил за допомогою телескопів. Для якісних оптичних спостережень потрібні чиста (незабруднена) атмосфера і ясне (безхмарне) небо. Такі умови на нашій планеті найчастіше бувають високо в горах. Окрім цього, випромінювання, яке надходить до нашої планети від небесних тіл, може досягнути телескопа, установленого на поверхні Землі, лише за умови, що воно пройде крізь її атмосферу. Установлено, що атмосфера Землі істотно поглинає значну частину випромінювання електромагнітного спектра. Проте що вище від поверхні, то поглинання певних електромагнітних хвиль менше. Саме тому сучасні астрономічні обсерваторії зазвичай розміщують у гірській місцевості.

17. Нейтринні телескопи дають можливість фіксувати нейтрино, джерелом яких може бути Сонце, ядерні реакції або процеси в атмосфері. Отже за допомогою нейтринних телескопів можна краще вивчити земну атмосферу.
18. Лінійні розміри об'єктивів оптичних телескопів однакові, то однакові будуть за розмірами зображення однієї й тієї самої зорі. Але якість зображення повинна бути краща в телескопі з об'єктивом квадратної форми, бо світлової енергії пройде більше ($S_{кв}>S_{круга}$).
19. Досліджуються спектри поглинання сонячного проміння земною атмосферою і таким чином аналізується хімічний склад атмосфери.
20. Окуляр потрібний тоді, коли приймачем є око. При фотографічних, фотоелектричних, спектральних спостереженнях відповідні приймачі встановлюються безпосередньо у фокальній площині.
21. Зменшиться яскравість зображення внаслідок зменшення вдвічі світлового потоку, який потрапляє в телескоп і, зрештою в око спостерігача. В усьому іншому зображення залишиться практично незмінним.
22. Чим більша світлосила телескопа $A = \frac{D}{F}$, D – діаметр, тим більший кут зору, але менше збільшення при тому ж окулярі $W = \frac{F}{f}$. Вважаючи, що окуляри однакові, бачимо, що $A_1<A_2$, але $W_1>W_2$. Тому перший телескоп краще використовувати для детальнішого спостереження (гори, плями), другий для панорамного (туманності).
23. Див. відповідь до запитання 21.
24. Для якісних оптичних спостережень потрібна чиста атмосфера і ясне небо. Такі умови на нашій планеті найчастіше бувають високо в горах.
25. Рух має відбуватися з швидкістю обертання небесної сфери на екваторі, тобто $\omega=2\pi/T=6{,}28/86400=7{,}2\cdot10^{-5}$ рад/с.
26. Площа ділянки за одну експозицію 7×7=49. Загальна площа зйомок 14×360=5040. Кількість експозицій 5040/49=103.
28. L=30м; $a_м$= 0,8 а.о.; c= $3\cdot10^8$ м/с; 1 а.о.=$150\cdot10^6$ км.

Запишемо рівність: $\frac{L}{\upsilon} = \frac{a_м}{c}$, звідси $\upsilon = \frac{L\cdot c}{a_м}$. υ =0, 075 м/с= 0,27 км/год.

29. Основних причин дві: перша – дифракція світла – огинання світловими хвилями країв об'єктива; друга – атмосферне мерехтіння, тобто промені світла, проходячи крізь неоднорідності атмосфери, заломлюються, але напрям заломлення і його значення змінюються з часом, оскільки змінюється характер неоднорідностей. Тому, спостерігаючи точкові об'єкти, бачимо плями – диски.
30. Якість дзеркальних телескопів, якщо мати на увазі аберації, суттєво поліпшилася після того, як почали шліфувати параболічні дзеркала. Однак

тут була ще одна не менш важлива проблема. Спочатку дзеркала для телескопів виготовляли з дзеркальної бронзи, поверхня якої після свіжої відшліфовки відбивала до 90% світла. Однак вона дуже швидко тьмяніла (буквально через декілька місяців), і її коефіцієнт відбивання різко зменшувався. Телескоп-рефлектор ніби заново народився у другій половині 19-го століття, коли розробили метод зовнішнього сріблення скляних дзеркал. Свіжа срібна плівка відбивала до 96% видимого світла, її можна було відновлювати декілька разів. А у 1930 р. скляні дзеркала почали алюмінювати. Хороші показники по аберраціям мають телескопи змішаного типу, наприклад менісковий телескоп Максутова. Там головне зображення будується все-таки дзеркалом, але спочатку промені світла проходять через меніск, що усуває (в парі з дзеркалом) більшість оптичних аберацій.

СОНЯЧНА СИСТЕМА

1. Яка планета має найщільнішу атмосферу?

А) Меркурій; Б) Венера; В) Марс; Г) Земля.

2. Найбільша планета Сонячної системи...

А) Венера; Б) Уран; В) Юпітер; Г) Земля.

3. У якій зоні на Землі лінійна швидкість обертання точки на поверхні найбільша?

4. Яке походження кратерів на поверхні Місяця?

5. Як зміниться тиск в атмосфері Венери біля поверхні планети, якщо її перемістити на орбіту Землі?

6. Чому поверхня Марса має червонуватий колір?

7. Чому в Марса є полярні шапки, а у Венери немає?

8. Яка планета Сонячної системи має найвищу температуру поверхні?

9. У яких планет більші періоди обертання навколо осі: у планет земної групи чи у планет-гігантів?

10. Чому на видимій поверхні Юпітера не існує кратерів, як на Меркурії чи на Марсі?

11. Яка планета має кільце навколо і найбільший у Сонячній системі супутник?

12.*Назвіть два види тіл Сонячної системи, що мають атмосфери.

13.* За яких умов на планеті не відбуватиметься зміна дня і ночі?

14.** Як за допомогою спостережень сонячних затемнень зробити висновок про відсутність атмосфери на Місяці?

15.*** У яких фазах Місяця припливи у Світовому океані будуть максимальними? Відповідь поясніть.

16.*** Уявіть, що кільце Сатурна миттєво “розрізали” по радіусу від краю до краю. Що з ним буде відбуватися після цього?

17.*** Поясніть за допомогою малюнка, чому кільце Сатурна із Землі може бути практично невидимим.
18.*** Поясніть, чому смуги на диску Юпітера паралельні його екватору.

Відповіді

1. Б.
2. В.
3. Лінійна швидкість обертання на поверхні Землі найбільша на екваторі.
4. Місячний кратер – чашоподібне заглиблення в поверхні Місяця, зазвичай оточене кільцевим валом. Абсолютна більшість місячних кратерів є метеоритними. Невелика частина інтерпретується як вулканічні.
5. Не зміниться.
6. Марс червоний, тому що в його грунті багато окислів заліза, іншими словами, грунт Марса містить дуже багато іржі.
7. Полярні шапки, які змінюють свої розміри в залежності від марсіанської пори року, складаються з твердої вуглекислоти. Влітку вона випаровується, залишаючи невелику ділянку водяного льоду завтовшки в кілька сот метрів. Вважається, що вся вода на Марсі знаходиться у зв'язаному стані на полярних шапках і в шарі вічної мерзлоти. У зв'язку з високою температурою на Венері немає води. Більше того, конденсовані на великій висоті краплі дощу випаровуються, не досягаючи поверхні.
8. На Венері. Середня температура там становить 480 градусів за Цельсієм, чого достатньо, щоб розплавити свинець.
9. Більші періоди обертання навколо осі у планет земної групи.
10. Юпітер належить до планет гігантів, і відрізняється від Марса, що є планетою земної групи і має велику густину, а отже і тверду поверхню. Планети гіганти являють собою газоподібні кулі, які не мають твердої поверхні, тому кратери там утворитися не можуть.
11. Кільце навколо себе має планета Юпітер, вона має найбільший супутник у Сонячній системі. Назва цього супутника Ганімед.
12. Планети і їх супутники.
13. Якщо період добового обертання дорівнює періоду орбітального обертання, напрямки цих двох рухів збігаються і вісь обертання планети перпендикулярна до площини орбіти.
14. Під час сонячних затемнень видно чітко окреслений темний диск Місяця, що свідчить про відсутність атмосфери на Місяці.
15. Припливи в Світовому океані будуть максимальні, коли Місяць знаходиться у фазі «повного місяця» і «молодика». Це пояснюється тим, що у цих фазах Місяць розташовується на тій же прямій, яка проходить через центри Землі і Сонця. У повний місяць – позаду Землі, а в молодика – перед нею. В обох випадках Місячне тяжіння діє на різні точки Землі неоднаково і частинки води, найближчі до Місяця притягуються сильніше, а найвіддаленіші слабкіше.

16. Оскільки кільця Сатурна складаються із шматків льоду, то якщо розрізати кільця по радіусу внаслідок закону всесвітнього тяжіння ці шматки знову притягнуться один до одного і таким чином кільця знову відновляться.
17. Кілець не видно, коли площина кілець лежить у площині екліптики (див.малюнок).
18. Величезні смуги уздовж екватора планети відомі астрономам дуже давно. Однак дотепер не було єдиної теорії, яка б пояснювала їх походження. Одна з версій полягала в тому, що смуги утворюються через явище конвекції – підйому більш нагрітих газів й опускання більш холодних. Нова версія полягає в припливному впливі «місяців» газового гіганта, який певним чином організовує рух рідкого матеріалу гігантської планети (ближче до серцевини планети через величезний тиск гази, з яких вона складається, переходять у стан рідини). Гравітаційний вплив супутників Юпітера формує на планеті "стовпи", витягуючи на себе частину матеріалу планети. При обертанні таких "стовпів" і формуються смуги (тут можна провести аналогію з металевими циліндрами, які обертаються усередині краплі густої рідини).
Оскільки Юпітер швидко обертається навколо власної осі, то різні точки обертаються з різними швидкостями. Внаслідок цього хмари паралельні площині екватора.

МАЛІ ТІЛА СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ – АСТЕРОЇДИ, КОМЕТИ, МЕТЕОРИ

1. Пояс астероїдів міститься між орбітами...
   А) Землі і Марса; Б) Марса і Юпітера;
   В) Юпітера і Сатурна; Г) Сатурна й Урана.
2. Що досягає поверхні Землі?
   А) метеор; Б) болід; В) метеорит; Г) і метеор, і метеорит.
3. Що світиться найдалі від Землі?
   А) метеорити; Б) комети; В) метеори; Г) полярні сяйва.
4. На яку мінімальну відстань до Землі наближались астероїди за час існування нашої планети.
5. Між орбітами яких планет пролягають пояс астероїдів та пояс Койпера?
6. Які два пояси космічних тіл існують у Сонячній системі?
7. Що таке метеорний дощ?
8. У якій точці орбіти комети її хвіст довший: в афелії чи в перигелії?
9. Що із Землі спостерігаємо на більшій відстані: метеори чи астероїди?
10. Що пролягає ближче до Юпітера: пояс астероїдів чи пояс Койпера?
11. Чому хвіст комети у просторі направлений від Сонця?
12. Що має більший час існування: метеор чи комета?
13. Яке походження світла, що надходить до нас від астероїдів?
14. Що більше за розміром: ядро комети чи її голова?

15.* Чим відрізняються форми більшості орбіт комет від орбіт планет?
16.* На Землі метеори світяться на висотах 80 – 120 км. А на Меркурії? Поясніть якісно.
17.* У чому суть гіпотези Оорта стосовно походження комет?
18.* Астероїди – це зореподібні об'єкти. Як на фотографіях зображення астероїдів відрізняють від зображень зір.
19.** За яких спостережних обставин з поверхні Землі не можна бачити хвоста яскравої комети в безхмарну погоду протягом кількох діб підряд?
20.*** Під час дії метеорного потоку Персеїд з 10 по 15 серпня можна бачити неозброєним оком поблизу Києва в середньому 60 метеорів на годину. Скільки метеорів зміг бачити астронавт у той самий період над поверхнею Місяця? Відповідь обгрунтуйте.
21.*** О котрій годині за місцевим часом комета перебуватиме найвище над горизонтом, якщо у просторі хвіст комети направлений точно в бік Землі? Відповідь поясніть.
22.*** Метеорит великої маси та з великою швидкістю досягає поверхні Землі. У якому випадку він не утворить кратера?
23.*** Складовими комети є хвіст, голова, ядро. Що із цих складових є первинним, а що - вторинним.
24.**** Зобразіть траєкторії частинок кометного хвоста, починаючи від поверхні ядра, що не обертається навколо осі.

Відповіді

1. Б.
2. В.
3. Б.
4. Відкритий у 2012 році астероїд 2012DA14 пролетів у лютому 2013 року на найближчій відстані від Землі за всю історію спостережень – 27 тисяч кілометрів. Його діаметр 45 метрів, а орієнтовна маса 130 тисяч тонн.
5. Пояс астероїдів пролягає між орбітами Марса і Юпітера, а пояс Койпера за орбітою Нептуна.
6. Між Марсом і Юпітером існує пояс астероїдів, за орбітою Нептуна – кільце маленьких планетоподібних тіл (пояс Койпера).
7. Метеорний дощ – світлове явище, яке спостерігається при русі крізь атмосферу Землі маломасивних пилових частинок, яке виникає при зустрічі Землі з орбітою метеорного потоку.
8. В перигелії, тому що в перигелії комета наближається найближче до Сонця.
9. Астероїди – це небесні тіла, а метеори – це явище згоряння маленьких частинок в атмосфері, отже на більшій відстані видно астероїди.
10. Ближче до Юпітера пролягає пояс астероїдів.
11. Хвіст комети інколи простягається на сотні мільйонів кілометрів, причому напрям хвоста змінюється таким чином, що він весь час відхиляється у

протилежний від Сонця бік. Здається, що хвіст до Сонця не притягується, а навпаки, відштовхується, начебто від Сонця дує своєрідний вітер. Звичайно, хвіст комети притягується до Сонця, але для частинок з малим діаметром сила відштовхування стає більшою за силу притягання. Хвіст комет саме і складається з мікроскопічних частинок космічного пилу, на які діє відштовхувальна сила сонячного вітру

12. Комета.

13. Астероїди спостерігаються як точкові джерела світла, хоча, як інші планети, у видимому діапазоні самі нічого не випромінюють, а лише відбивають падаюче сонячне світло.

14. Голова. На великих відстанях від Сонця кометне ядро побачити неможливо. Адже розміри його, як правило, не перевищують 10-20 км, і світла воно відбиває дуже мало. Та з наближенням до Сонця, починаючи з відстані 6 а. о., кометний лід починає випаровуватись. Газ, що випаровується, тягне за собою пилинки. Продукти випаровування і пилинки навколо ядра утворюють кому або голову комети, яскравість якої швидко зменшується в напрямку до краю.

15. Комети рухаються, здебільшого витягнутими орбітами, що близькі до параболічних. Планетні орбіти майже кругові (еліптичні).

16. При потраплянні в атмосферу Землі дуже швидкої частинки (11-73 км/с) спостерігається короткочасний спалах – метеор (від грецького meteora – атмосферні і небесні явища). Переважна більшість метеорних частинок має дуже малу масу (0,01-0,001 г) і руйнується на висотах 80-110 км. Що більша маса і розміри метеорної частинки, то яскравішим є метеорний спалах. На Меркурії на відміну від Землі, атмосфера є дуже розрідженою. Саме тому, згоряння, а отже і спалаху, не відбуватиметься. Метеорити просто падають з великими швидкостями на поверхню планети.

17. Хмара Оорта – гіпотетична область Сонячної системи, що є джерелом комет. Інструментально існування хмари Оорта не підтверджено, однак численні непрямі факти вказують на її існування. У 1950-х ідея була висунута нідерландським астрофізиком Яном Оортом як засіб вирішення парадоксу: в історії існування Сонячної системи орбіти комет непостійні; в кінцевому рахунку, динаміка диктує або їх зіткнення з Сонцем чи планетою, або викид комет планетними збуреннями за межі Сонячної системи. Крім того, склад їх летких речовин означає, що, оскільки вони неодноразово наближаються до Сонця, випромінювання поступово випарює комети, поки вони не розпадаються або не розвивається ізолююча кірка, яка запобігає подальшому випарюванню. Таким чином, вважав Оорт, комети, можливо не сформувалися на їх поточних орбітах і, мабуть, провели майже весь час свого існування у зовнішній хмарі.

18. Астероїд на фотографії буде мати вигляд короткої риски за рахунок швидкого руху на небесній сфері, а зорі мають вигляд світної точки.

19. Хвіст комети виникає під дією тиску сонячних променів і сонячного вітру. По мірі наближення комети до Сонця посилюється виділення з ядра газів і пилу, які утворюють кому, зростає і тиск на неї, а тому збільшується довжина хвоста. Хвости комет направлені звичайно в сторону, протилежну Сонцю. Якщо комета буде знаходитися в перигелії своєї орбіти, а Земля буде розташовуватися на уявній лінії, яка проходить через Сонце та комету, то за таких обставин спостерігач на Землі не буде бачити газового хвоста комети.
20. Метеор (грец. μετέωρος, «небесний»), «зорепад» − явище, що виникає при згорянні в атмосфері Землі дрібних метеорних тіл (наприклад, уламків комет чи астероїдів). Оскільки на Місяці немає атмосфери, то астронавт не побачить жодного метеора.
21. Оскільки хвіст напрямлений від Сонця в бік Землі, то це можливо коли Сонце знаходиться у верхній кульмінації (дійсний полудень) - 12.00 год.
22. Метеорит не утворить кратера у таких випадках:
1) якщо він випарується не досягнувши поверхні Землі;
2) якщо він не витримує величезного тиску, який чинить на нього повітря, в результаті чого розпадеться у польоті на безліч дрібних уламків кінетична енергія яких недостатня для утворення кратера: метеоритний дощ);
3) коли метеорит впаде в океан;
23. Із цих складових первинним є ядро, а вторинним відповідно голова і хвіст, які з'являються лише з наближенням до Сонця, починаючи з відстані
6 а. о., коли кометний лід починає випаровуватись. Газ, що випаровується, тягне за собою пилинки. Продукти випаровування і пилинки навколо ядра утворюють кому або голову комети, яскравість якої швидко зменшується в напрямку до краю. Під дією тиску сонячного світла і сонячного вітру речовина голови комети відкидається у бік, протилежний від Сонця, утворюючи протяжний хвіст комети. От тоді, власне кажучи, комета і стає «кометою» – «довговолосою».
24. Хвости можуть мати різну форму, яка залежить від природи частинок, його складових: на частинки діє сила гравітаційного тяжіння, яка залежить від маси частинок, і сила тиску світла, яка залежить від площі поперечного перерізу частинок. Маленькі частинки легше відносяться світлом далі від Сонця, а великі будуть краще до нього притягуватися. Співвідношення двох сил і визначає ступінь зігнутості кометного хвоста. Газові хвости будуть направлені від Сонця, а корпускулярні, пилові, відхилятися від цього напряму. У комети може бути навіть декілька хвостів, що складаються з частинок різного роду. Бувають і зовсім аномальні випадки, коли хвіст взагалі направлений не від Сонця, а прямо до нього. Мабуть, такі хвости складаються з досить важких і великих пилових частинок. Густина кометного хвоста, що тягнеться іноді на десятки і навіть сотні мільйонів

кілометрів, мізерна, оскільки складається він тільки з розрідженого газу, що світиться, і пилу.

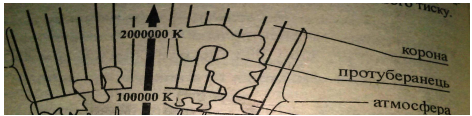
СОНЦЕ – НАЙБЛИЖЧА ЗОРЯ

1. Найвідоміший цикл сонячної активності триває...
А) 9 років; Б) 11 років; В) 13 років; Г) 18 років.
2. Хромосферу Сонця можна спостерігати під час...
А) місячного затемнення; Б) сонячного затемнення;
В) спалаху на Сонці; Г) проходження Венери по диску Сонця.
3. Найпомітнішим проявом сонячної активності на Землі є...
А) зміна магнітного поля; Б) зміна температури повітря;
В) зміна кількості опадів; Г) зміна пір року.
4. Температура в центрі Сонця приблизно становить...
А) $5 \cdot 10^6$ К; Б) $15 \cdot 10^6$ К; В) $25 \cdot 10^6$ К; Г) $35 \cdot 10^6$ К.
5. Полярні сяйва в атмосфері Землі є наслідком...
А) спалахів на Сонці; Б) еліптичності орбіти Землі;
В) сонячного затемнення; Г) виверженьвулканів на Землі.
6. Температура поверхні Сонця приблизно становить...
А) 4000 К; Б) 6000 К; В) 8000 К; Г) 10 000 К.
7. Сонячну корону з поверхні Землі без спеціальних приладів можна спостерігати...
А) під час затемнення Сонця; Б) під час затемнення Місяця;
В) під час затемнення як Сонця, так і Місяця; Г) будь-коли.
8. Скільки часу існує Сонце?
А) близько 1,5 млрд. р.; Б) близько 4,5 млрд. р.;
В) близько 7,5 млрд. р.; Г) близько 9,5 млрд. р.
9. Найпотужнішим проявом сонячної активності є...
А) факел; Б) пляма; В) спалах; Г) протуберанець.
10. Поясніть, за якими спостереженнями Сонця можна визначити період його обертання навколо власної осі.
11. Яка особливість в обертанні Сонця є характерною?
12. Чи обертається Сонце як тверде тіло?
13. Назвіть не менше двох активних утворень на поверхні Сонця.
14. Який хімічний елемент було знайдено на Сонці раніше, ніж на Землі?
15.* Чи можливо з поверхні Землі отримати зображення всієї “поверхні” Сонця? Якщо так, то в який спосіб?
16.* Зобразіть якісно хід температури різних зон Сонця від його ядра назовні включно із хромосферою та короною.
17.* Чим відрізняється поверхня Сонця в максимумі та мінімумі його активності?
18.* Як змінюється густина речовини Сонця від фотосфери до ядра? Відповідь проілюструйте малюнком.

19.* У яких шарах Сонця (включно з атмосферою) температура найвища, а в яких - найнижча.
20.** Уявіть, що вся поверхня Сонця вкрита темними сонячними плямами. Якого кольору Сонце ми будемо бачити? Відповідь поясніть.
21.*** Чому плями на диску Сонця мають чорне забарвлення, адже відомо, що температура в них сягає 4500 К?
22.*** Поясніть механізм утворення фраунгоферових ліній у спектрі Сонця.
23. *** Поясніть дію механізму, що приводить до зниження температури в сонячних плямах порівняно з температурою оточуючої фотосфери.
24.*** Поясніть, швидше чи повільніше ховалися б сонячні плями за край диска Сонця, якби орбітальний рух Землі відбувався в зворотному напрямі.
25.**** Чому коли на поверхні Сонця "темнішає", у полярних зонах Землі може "світлішати"?

Відповіді

1. Б.
2. Б.
3. А.
4. Б.
5. А.
6. Б.
7. А.
8. Б.
9. В.
10. Період обертання Сонця можна визначити за сонячними плямами, оскільки вони пересуваються вздовж видимого диска Сонця паралельно екватору. Сонце обертається навколо осі в напрямку руху планет навколо нього. Це відповідає руху проти годинникової стрілки, якщо дивиться з боку Північного полюса світу. Обертання Сонця призводить до переміщення плям від східного до західного краю, що збігається за напрямком з добовим рухом Сонця по небесній сфері.
11. Обертання Сонця володіє однією характерною особливістю – його кутова швидкість зменшується з віддаленням від екватора. Тобто різні пояси Сонця обертаються з різною швидкістю: найшвидше Сонце обертається біля екватора (один оберт за 27 діб), а найповільніше біля полюсів (один оберт за 32 доби). На екваторі лінійна швидкість обертання Сонця становить близько 2 км/с. Такий рух пояснюється тим, що Сонце обертається не як тверде тіло.
12. Ні. Див. завдання 11.
13. Плями, факели, протуберанці.
14. Гелій. Спостерігаючи 1868 р. спектр Сонця, англійський астроном Джозеф Лок'єр виявив у ньому яскраву жовту лінію поблизу лінії натрію D.

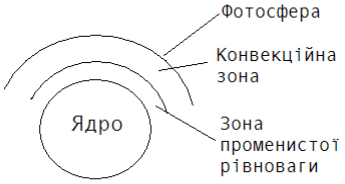


Невідомий елемент, якому належала ця лінія, отримав назву гелій, тобто «сонячний». І лише у 1895 р. гелій було знайдено на Землі при дослідженнях спектрів окремих мінералів.

15. З поверхні Землі – ні, з космічного простору – так. Зонди-близнята NASA STEREO-A і STEREO-B у неділю увечері, 6 лютого 2011 року, вийшли в протилежні точки земної орбіти і передали перше в історії повне тривимірне зображення Сонця. На сайті NASA оприлюднено короткий відеоролик, на якому видна вся поверхня Сонця. Кожен із зондів передав зображення своєї половини Сонця, які на Землі склеїли у єдиний сонячний глобус.

16. Температура зон Сонця:
ядро – $15 \cdot 10^6$ К;
зона променистої рівноваги – від $15 \cdot 10^6$ К до $7 \cdot 10^6$ К;
конвективна зона – від $7 \cdot 10^6$ К до $2 \cdot 10^6$ К;
фотосфера – 6000 К;
хромосфера – від 4500К до 100 000 К;
корона – від 10^5 К до $2 \cdot 10^6$ К .

17. В залежності від активності Сонця змінюється кількість плям на його поверхні. Максимуми і мінімуми числа плям на Сонці повторюються приблизно через кожні одинадцять років. На піку кожного циклу на поверхні світила можна спостерігати до сотні плям, в той час як в мінімумі їх буває всього кілька штук.



18. Густина речовини при наближенні до ядра збільшується. Густина речовини в центрі Сонця 150 г/см³. До зовнішньої межі густина зменшується і стає 20 г/см³. В зоні променистої рівноваги густина зменшується до 0,2 г/см³. Густина фотосфери ~10^{-9} г/см³.

19. Зона ядерних реакцій: температура найвища 15 000 000 К; фотосфера: температура найнижча 6 000 К.

20. У центрі плями можна бачити нижчі шари, які підігріваються значно менше, ніж на сусідніх із плямою ділянках, де добре розвинена сонячна грануляція. Тому температура в центрі плями є нижчою десь на 1000 чи 1500 К від температури поверхні Сонця за межами плями. Згідно із законом випромінювання чорного тіла потік випромінювання з центру плями значно менший і спостерігач бачить на тлі яскравої поверхні Сонця ділянку, яка виглядає вдвічі-вчетверо темнішою. Атмосфера Землі розсіює сонячне світло, вилучаючи більш короткі довжини хвиль – сині і фіолетові. Тому Сонце нам здається не білим, як в космосі, а жовтим. Наявність плям знизить температуру поверхні, але колір залишиться тим же – жовтим.

21. Температура плям приблизно на 1500 К нижча температури фотосфери. За контрастом пляма здається більш темною в порівнянні з навколишньою фотосферою.

22. Спектр Сонця неперервний, в ньому спостерігається безліч темних фраунгоферових ліній. Ці лінії у спектрі Сонця утворюються в результаті поглинання квантів світла в більш холодних шарах сонячної атмосфери. Найбільшу інтенсивність неперервний спектр має в області довжин хвиль 430-500 нм. У видимій та інфрачервоній областях спектр електромагнітного випромінювання Сонця близький до спектру випромінювання абсолютно чорного тіла з температурою 6000 К. Ця температура відповідає температурі видимої поверхні Сонця - фотосфери.
23. Сонячна пляма – це область фотосфери де знижується температура. Плями на Сонці можуть існувати протягом кількох місяців. Зараз доведено, що саме магнітне поле, яке утворюється в плямі, взаємодіє з електрично зарядженими частинками плазми і гальмує конвекційні процеси всередині плями, що й призводить до зниження температури.
24. Спостереження за положенням плям на поверхні Сонця показують, що плями зміщуються від східного краю до західного. Це є свідченням того, що Сонце обертається навколо своєї осі у напрямі руху планет навколо нього, тобто проти годинникової стрілки, якщо розглядати цей рух з боку Північного полюса світу. Тобто, якби орбітальний рух Землі відбувався в зворотному напрямку, то сонячні плями швидше ховалися б за край диска Сонця.
25. Досліджуючи Сонце за допомогою супутників та АМС, астрономи виявили його сильне корпускулярне випромінювання – потік елементарних частинок (протонів, нейтронів, електронів). Наприклад, під час так званих хромосферних спалахів, які вибухають поблизу плям, виділяється така величезна енергія, яку можна порівняти з випромінюванням всієї фотосфери Сонця. Спалах виникає між двома плямами з протилежною полярністю. Під час спалаху енергія випромінюється в основному в невидимій частині спектра (радіо, ультрафіолетовому та рентгенівському діапазоні). Під час спалахів у міжпланетний простір також викидаються потоки заряджених частинок, які летять зі швидкістю до 20000 км/с. Через кілька годин після спалаху корпускулярні потоки можуть долетіти до Землі й викликати збурення її магнітного поля та свічення іоносфери, що проявляється у вигляді інтенсивних полярних сяйв.

ЗОРІ. ЕВОЛЮЦІЯ ЗІР

1. За випромінюванням у якому діапазоні відкрили пульсари?
   А) в оптичному; Б) в інфрачервоному;
   В) у радіодіапазоні; Г) в ультрафіолетовому.
2. Яку характеристику зорі підкреслює термін "червоний гігант"?
   А) велику масу; Б) великий розмір;
   В) і велику масу, і великий розмір; Г) великий вік.
3. Якою буде кінцева стадія еволюції Сонця?
   А) білий карлик; Б) нейтронна зоря;
   В) чорна діра; Г) пульсар.

4. Температура зір від поверхні до центра...

А) збільшується; Б) знижується;

В) не змінюється; Г) змінюється періодично.

5. Які зорі ототожнюють з пульсарами?

А) білі карлики; Б) нейтронні зорі; В) чорні діри; Г) червоні гіганти.

6. Температура поверхонь яких зір вища: червоних чи блакитних?

7. Яку назву отримали групи зір, що обертаються не лише навколо центра Галактики, а й навколо спільного для них центра мас?

8. Яка зоря молодша: нова зоря чи протозоря?

9. Термін “нова” зоря означає молодий вік чи зростання блиску зорі?

10. Дві зорі однакового спектрального класу рухаються одна від спостерігача, а друга – до нього. Яка із цих зір буде здаватися більш червоною?

11. Які зорі змінюють кількість випромінюваного світла: фізично-подвійні чи фізично-змінні?

12. Що є основним джерелом енергії зір головної послідовності?

13. Як змінюється сумарний блиск подвійної зоряної системи, коли одна зоря закриває іншу: збільшується чи зменшується?

14. Зоря в процесі своєї еволюції проходить такі стадії: протозоря, звичайна зоря, наднова зоря, нейтронна зоря. У якій із цих стадій зоря має найбільшу яскравість?

15.* Поясніть, яка з планет Сонячної системи матиме найбільший граничний радіус, характерний для чорної діри (гравітаційний радіус).

16.* Розташуйте у порядку відповідно до еволюційного шляху зорі вказані об'єкти: стаціонарна зоря, наднова зоря, протозоря, нейтронна зоря.

17.* Залежність яких характеристик цефеїд є головною особливістю цих зір?

18.* Зобразіть розподіл зір на діаграмі Герцшпрунга-Рессела і вкажіть положення білих карликів та червоних гігантів.

19.* Чому в нейтронної зорі малий період обертання навколо осі?

20.* Чому нейтронна зоря має таку назву?

21.** Яке співвідношення між середніми масами білих карликів та червоних гігантів? Відповідь поясніть.

22.** Поясніть, чому в спектрі спектрально-подвійної зоряної системи спостерігається розщеплення ліній.

23.** У подвійної зоряної системи, компоненти якої не закривають один одного для земного спостерігача, ми можемо спостерігати лише одну із цих зір, а другої не видно через малу світність. Які спостереження видимої зорі можуть підтвердити її подвійність?

24.*** Поясніть, які ядерні реакції в зорях активно тривають протягом довшого періоду: ті, що відбуваються в ядрах, чи ті, що відбуваються далі від центра.

25.*** Відомо, що всередині білих карликів та нейтронних зір не відбуваються ядерні реакції. Поясніть, звідки такі зорі беруть енергію для світіння.

26.*** Поясніть, як за кольором зорі можна наближено визначити її температуру.
27.*** Поясніть, чому зорі більшої початкової маси менше часу перебувають у стадії звичайної зорі, ніж зорі з меншою початковою масою.
28.*** Відомо, що пульсари мають дуже малі періоди обертання навколо осі. Поясніть чому.
29.*** Як має бути розташована площина обертання подвійної зоряної системи відносно Землі, щоб ця система була затемнювано-подвійною? Відповідь поясніть.
30.*** Чи можуть мати однакові розміри дві зорі, які мають однакові температури поверхонь, але істотно різні світності? Відповідь поясніть.
31.*** Усі зорі якогось конкретного розсіяного чи кулястого скупчення мають приблизно один і той самий вік. Чому тоді ці зорі займають різні місця на діаграмі Герцшпрунга-Рессела
32.**** Поясніть, як змінився б орбітальний рух Місяця та Землі, якби Місяць перетворили на чорну діру, стиснувши його до розмірів сфери Шварцшильда.
33.**** Зобразіть графік якісної зміни блиску затемнювано-подвійної зоряної системи, якщо розміри зір близькі, а блиск різний. Поясніть зображене.
34. **** Зобразіть якісну картину зміни блиску затемнено-подвійної системи, коли одним з компонентів є чорна діра масою, що дорівнює 3 масам Сонця, а іншим – зоря типу Сонця.
35.**** Опишіть процес визначення відстаней до цефеїд за спостереженнями.
36.**** Підрахуйте, яким буде період обертання Сонця навколо осі, коли в кінці своєї еволюції воно стиснеться до розмірів Землі.
37.**** Існує звичайна (не тісна) подвійна зоряна система. Одна зоря – спектрального класу В, масою, що дорівнює 8 масам Сонця, інша зоря – спектрального класу О, масою, що дорівнює масі Сонця. Опишіть і поясніть, який вигляд матиме ця система через 1 млрд років.

Відповіді

1. В.
2. В.
3. А.
4. А.
5. Б.
6. Блакитних.
7. Фізично – подвійні або кратні.
8. Нова зоря не характеризується часом. Це зорі, які протягом кількох днів збільшують свою яскравість у сотні мільйонів разів. А протозорі – це початкова маса зародка зорі. Тому протозорі молодші.

9. Нова зоря – зоря, світність якої раптово збільшується в ~103–106 разів, а потім поступово зменшується (протягом місяців чи років). Отже, термін "нова" зоря означає зростання блиску зорі.
10. Для зорі, що рухається до спостерігача, спектральні лінії зміщуються до синього кінця спектра, а для зорі, що рухається від спостерігача – до червоного кінця спектра. Отже, вона буде більш червона.
11. Фізично-змінні зорі – зорі, зміна блиску яких зумовлена процесами, що відбуваються у їх надрах, тому саме фізично-змінні зорі змінюють кількість випромінюваного світла.
12. Джерелом енергії зір головної послідовності є термоядерні реакції, у яких водень перетворюється на гелій. За сучасною теорією зоряної еволюції, час «спалювання» водню у ядрі зорі порівняно великий.
13. Зменшується.
14. Через збільшення випромінюючої поверхні блиск зорі збільшується у сотні мільйонів і навіть мільярди разів, внаслідок чого ми спостерігаємо її як спалах наднової, отже найбільшу яскравість зоря має в стадії наднової.
15. Гравітаційний радіус тим більший, чим більша маса тіла. Як відомо найбільшу масу в Сонячній системі має планета Юпітер, отже Юпітер матиме найбільший граничний радіус.
16. Протозоря, стаціонарна зоря, наднова зоря, нейтронна зоря.
17. Ще 1908 р. було відкрито зележність між світністю (а отже, і абсолютною зоряною величиною) та періодом цефеїд. Таким чином, якщо відомо період цефеїди P, то за його величиною можна дізнатися про її світність L і абсолютну зоряну величину M. Ця залежність дала можливість легко обчислювати відстань до будь-якої цефеїди, якщо визначено її середній блиск і період.
18. Див. малюнок.
19. Радіус нейтронної зорі становить близько 10-20 км, він зменшується зі збільшенням її маси. Унаслідок збереження моменту кількості руху під час гравітаційного стиснення, нейтронна зоря дуже швидко обертається.

Період обертання обчислюється за формулою $T = \frac{2\pi R}{\upsilon}$ і становить секунди або навіть частки секунди.
20. Назва нейтронної зорі походить від того, що майже вся зоря складається з нейтронів, які настільки щільно притиснуті один до одного, що величезна зоряна маса зосереджується в дуже невеликій кулі радіусом кілька кілометрів і стиск припиняється. При утворенні нейтронної зорі в ядрі внаслідок гравітаційного стиснення тиск досягає таких значень, за якого електрони вдавлюються всередину ядра, об'єднуються з протонами і утворюються нейтрони.
21. Відношення середніх мас білих карликів і середніх мас червоних гігантів близьке до одиниці. Тобто середні маси представників цих зір приблизно

рівні. Зорі класу М (червоні гіганти) мають величезні розміри, але їх густина порівняно мала. Зорі класу А (білі карлики) хоч мають малі розміри, проте їх густина в сотні разів перевищує густину Сонця. Саме тому зорі, що мають розміри, які так суттєво відрізняються, приблизно рівні за масою.

22. Через ефект Доплера лінії в спектрах зір зміщуватимуться в протилежні боки (коли одна зоря віддаляється від нас, інша наближається). Зміщення ліній змінюється з періодом, що дорівнює періоду обертання пари. Якщо яскравості й спектри зір, які становлять пару, подібні, то в спектрі подвійної зорі спостерігається періодично повторюване роздвоювання спектральних ліній. У зорі, яка наближається, спектральні лінії зміщуються до синього кінця спектра, а в тієї, що віддаляється – до червоного. Якщо одна із зір світиться слабше, то буде видно лінії тільки другої зорі, що періодично зміщуються. Замість рівномірного прямолінійного руху небосхилом яскравий компонент подвійної зоряної системи буде періодично відхилятись від прямолінійної траєкторії то в один, то в інший бік, бо по прямій рухається тільки центр маси системи. Такі відхилення будуть тим більшими, чим більша маса невидимого супутника.

24. Ті що відбуваються далі від ядра (в периферії). Під час термоядерних реакцій, що протікають у ядрах зорі, відбувається перетворення Гідрогену на Гелій. Але "вигоряння" водню відбувається тільки в центральних областях зорі, тому що зоряна речовина перемішується тільки тут, при цьому в зовнішніх шарах відносний вміст водню зберігається незмінним. Згодом маса й радіус зорі в центральній частині, де відбуваються реакції, значно зменшаться. Це означає, що кількість водню в зоряній речовині стає усе меншою й меншою, і це триватиме доти, поки він весь не «вигорить». Коли він «вигорить», у центральних областях зорі знову почне стискатися ядро. При стисканні ядра підвищиться його температура, утворюється дуже щільна гаряча область, що складається з Гелію і невеликої кількості важких металів. У цій області не відбуватиметься жодних ядерних реакцій, зате в периферійних шарах зорі вони наберуть такої сили, що світність зорі та її розміри почнуть збільшуватися. Поступово з головної послідовності зоря перейде в область червоних гігантів.

25. Світіння білого карлика відбувається за рахунок повільного охолодження. Основний запас теплової енергії білого карлика міститься в коливальних рухах іонів. У нейтронних зірках під час стиснення виділяється енергія, що розігріває газ і пил і зумовлює їхнє світіння.

26. Зовнішній вигляд спектра залежить від температури на поверхні зорі, і при переході від пізніх спектральних класів до ранніх температури збільшуються. Водночас спектральна послідовність є і послідовністю кольору, адже різний колір зір також залежить від температури. За різних температур максимум інтенсивності неперервного спектра припадає на різні його ділянки. Якщо максимум випромінювання зорі знаходиться у червоній частині спектра, то її колір буде червоним, якщо у блакитній – блакитним. А

якщо зоря випромінює з однаковою інтенсивністю весь неперервний спектр, то її колір буде білим. Тому навіть без фотометричних вимірів, тільки за зовнішнім виглядом спектрограми зорі, як кажуть, «на око», можна оцінити її температуру.

27. Протозоря перетворюється у звичайну зорю і займає місце на головній послідовності діаграми Герцшпрунга – Рессела. Масивніші зорі випромінюють сильніше і належать до ранніх спектральних класів, а зорі малої маси, відповідно, розташовуються нижче від Сонця і належать до пізніх спектральних класів. Тривалість перебування зорі на головній послідовності залежить від запасів водню (термоядерного палива) у ядрі та інтенсивності його використання. Що легша зоря, то триваліший час вона перебуває на головній послідовності. Наприклад, блакитний гігант ($M = 20\,M_C$) використовує свій запас енергії за 1,25 млн років, а червоний карлик (M=0,5 M_C) – за 80 млрд. років.

28. Пульсари – це нейтронні зорі. Внаслідок стиснення нейтронної зорі має виконуватись закон збереження моменту імпульсу $\dot{I} \cdot \omega = \text{const}$. При зменшенні радіуса зорі зростає кутова швидкість обертання ω, а період обертання навколо осі зменшується: $T = 2\pi/\omega$. Наприклад, при ω=200рад/с, T=0,033 с.

29. Зорі при взаємному обертанні повинні по черзі заступати одна одну. Тому Земля повина перебувати у площині обертання подвійної зоряної системи або недалеко від неї.

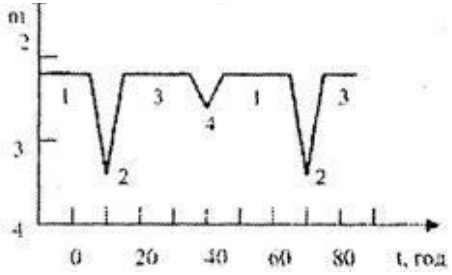
30. Можна порівняти розміри зір однакової температури, наприклад Сонця і Капелли (а Візничого). Ці зорі мають однакові спектри, колір і температуру, але світність Капелли в 120 раз перевищує світність Сонця. Оскільки при однаковій температурі яскравість одиниці поверхні зір теж однакова, то поверхня Капелли більша за поверхню Сонця в 120 разів, а діаметр і радіус її більші від сонячних у $\sqrt{120}$ ≈11 разів. Визначити розміри інших зір дає змогу знання законів випромінювання. При однаковій світності розміри зір тим менші, чим ці зорі гарячіші. Найменшими серед звичайних зір є червоні карлики, їхні маси й радіуси – десяті частки сонячних, а середня густина в 10–100 разів більша від густини води.

31. Тому що діаграма Герцшпрунга-Рессела показує залежність між виглядом спектра і світністю зір і не пов’язана з віком зорі, а оскільки в зоряних скупченнях є зорі різних спектральних класів, то й на діаграмі вони розміщені в різних місцях.

32. Сфера Шварцшильда – сфера такого радіуса, за якого Місяць є «чорною дірою», тобто утримує своїм полем тяжіння промені світла. Радіус цієї сфери $r = \dfrac{2Gm}{c^2}$ для Місяця становить ≈10^{-4} м. Тобто, Місяць став би матеріальною

точкою, яка має масу і рухається навколо Землі. У характері руху змін не відбулося б, але ми б втратили джерело відбитого світла на Землю.

33. На ділянці 1 і 3 – зоря з більшою світністю перебуває ближче до нас, ніж зоря з меншою світністю, тому видима зоряна величина даної системи в цей час найбільша. На ділянці 2 – ближче до нас перебуває зоря із меншою світністю, а тому видима зоряна величина системи в цей час зменшується.



34. Затемнено-подвійні зорі являють собою систему з двох зірок, що обертаються навколо одного центра мас. Спостерігаються завдяки коливанням блиску, зумовленим періодичними затемненнями однієї зірки іншою. Це відбувається в тих рідкісних випадках, коли Земля розташована в площині орбіти зір. Внаслідок цього спостерігається періодичне поперемінне затемнення одним компонентом іншого. Відповідно, спостерігається два зниження яскравості протягом одного циклу. Менше зниження, коли яскравіша зоря закриває від нас більш тьмяну і сильніше падіння видимої зоряної величини, коли відбувається навпаки. Якщо система складатиметься з чорної діри масою, що дорівнює 3 масам Сонця та зорі типу Сонце, спостерігатиметься періодичне затемнення зорі, тобто зменшення яскравості в момент коли чорна діра закриватиме від нас зорю. Підтвердженням даного висновку є те, що гравітаційний радіус даної чорної діри $r = \frac{2GM_C}{c^2} \approx 9 \cdot 10^3 м$ $r = \frac{2GM_c}{c^2} \approx 9 \cdot 10^3$ м, а радіус Сонця $6{,}96 \cdot 10^8$ м.

35. Всі цефеїди – гіганти великої світності, причому світність строго залежить від періоду за формулою: $M = -0{,}35 - 2{,}08 \lg T$. Для довгоперіодічних цефеїд (періоди коливань від 1 до 146 діб), що відносяться до зоряного населення I типу (плоскої складової Галактики), встановлена важлива залежність період – світність, згідно з якою, чим менший період коливань блиску, тим цефеїда слабша за абсолютною величиною. Знаючи із спостережень період T, можна знайти абсолютну зоряну величину M, а, знаючи абсолютну зоряну величину і знайшовши зі спостережень видиму зоряну величину m, можна знайти відстань. $\lg r = 0{,}1(m - M) + 1$.

36. Вважатимемо, що час життя зорі типу Сонце становить $t \approx 10^9$ років. Якщо щосекунди масса Сонця зменшується наближено на $\Delta m \approx 4 \cdot 10^9$ кг/с, то за цей час маса Сонця зменшиться на $m_1 = 1{,}3 \cdot 10^{26}$ кг. Оскільки маса Сонця $m_C \approx 2 \cdot 10^{30}$кг, бачимо, що $m_1 << m_C$.

Використовуючи закон збереження моменту імпульсу можна отримати співвідношення $\frac{R_C^2}{T_1} = \frac{R_З^2}{T_2}$. Враховуючи, що $R_C \approx R_З$, одержимо $\frac{T_1}{T_2} = 12000$. Якщо вважати Сонце як єдине ціле із сидеричним періодом екватора T_1=25 діб, то період T_2 становитиме 180 с.

37. За такий час зоря гігант класу В перетвориться у надгіганта. Зоря класу G стане субгігантом. Це пояснюється вигорянням водню з утворенням гелію. Під дією значного тиску зсередини оболонка зорі починає розбухати досягаючи сотень радіусів Сонця. Така зоряна система стане тісною, почнеться процес обміну речовиною між зорями.

НАША ГАЛАКТИКА

1. Перші дослідження Галактики як зоряної системи розпочав...

А) Г. Галілей; Б) В. Гершель; В) Е. Габбл; Г) А. Ейнштейн.

2. Тривалість (у земних роках) галактичного року становить...

А) 100 млн р.; Б) 200 млн р.; В) 400 млн р.; Г) 600 млн р.

3. У чому полягає відмінність між сузір'ям і зоряним скупченням?

4. До якого виду зоряних скупчень належать Плеяди?

5. Який рік більший: галактичний чи тропічний?

6.* Поясніть, чому зорі сферичної складової Галактики містять у середньому менше важких хімічних елементів, ніж зорі плоскої складової.

7.*** Що таке галактичний рік і який вік Сонця в галактичних роках?

8.*** У чому полягає відмінність у розташуванні кулястих та розсіяних зоряних скупчень у Галактиці.

9.*** На зоряному небі спостерігаємо темні туманності. Завдяки чому ми їх бачимо, адже такі туманності не випромінюють видимого світла?

10.*** У яких утвореннях Галактики значний відсоток зір мають близький вік та близький початковий хімічний склад? Чому? Чи й надалі хімічний склад цих зір буде близьким?

11. *** Чи маємо ми змогу спостерігати ядро нашої Галактики? Якщо так, то в який спосіб? Якщо ні, то чому?

12.*** Якщо порівняти фотографії неба в синіх і червоних променях, то виявиться, що плоска складова Галактики в синіх променях більш яскрава, ніж у червоних, а сферична складова – навпаки. Про які особливості Галактики свідчить цей факт?

13.*** Наведіть докази того, що Сонце розміщене близько до галактичної площини.

14.*** Маси яких газопилових комплексів більші: тих, з яких утворилися кулясті зоряні скупчення, чи тих, з яких утворилися розсіяні зоряні скупчення? Відповідь поясніть.

Відповіді

1. Б.
2. Б.
3. Сузір'я – ділянки небесної сфери, на які поділені окремі групи зір для зручності орієнтування. Зоряні скупчення – найчисельніші системи об'єднання зір (сотні тисяч об'єктів), які пов'язані взаємним тяжінням і рухаються в просторі як єдине ціле.
4. Плеяди належать до зоряного населення I типу – розсіяні зоряні скупчення.
5. Галактичний. Його тривалість понад 200 млн. р.
6. Як показали сучасні дослідження, два типи зоряного населення розрізняються не тільки просторовим розподілом, але й хімічним складом – зорі кулястих скупчень (населення II типу) містять приблизно у 100-300 разів менше металів, ніж зорі спіральних гілок (населення I типу). Мабуть, кулясті скупчення зберегли хімічний склад тієї бідної на важкі хімічні елементи догалактичної хмари (чи системи хмар), з якої вони формувалися разом з Галактикою. У подальшому розвитку догалактична хмара, яка займала сферичний об'єм, стискалась, утворюючи диск, що обертався. Газ, який одразу не сконденсувався у зорі, при обертанні Галактики поступово осідав до її площини. Водночас у ньому йшло формування зір, які також розташовувались у площині Галактики. Масивні зорі галактичного диска швидко проходили всі етапи свого еволюційного шляху, спалахували як наднові й поповнювали міжзоряне газово-пилове середовище важкими хімічними елементами. З нього формувалися нові зорі. Отже, кожне наступне покоління зір у спіральних рукавах ставало багатшим на важкі хімічні елементи, ніж попереднє.
7. Галактичний рік – період обертання Сонця навколо центра Галактики. Він становить 230 млн. років. Вік Сонця приблизно 20 Галактичних років.
8. Відмінність полягає в тому, що майже всі розсіяні зоряні скупчення знаходяться в районі Молочного Шляху або поблизу нього. А більшість кулястих зоряних скупчень знаходяться в одній частині неба в сузір'ї Стрільця. Американський астроном Х. Шеплі висловив гіпотезу, що вони згруповані навколо центра Галактики. Тобто, на відміну від розсіяних скупчень, усі кулясті скупчення розташовуються сферично-симетрично відносно центра Галактики, помітно концентруючись навколо нього.
9. Темна туманність – тип міжзоряної хмари, настільки щільної, що вона поглинає видиме світло, яке випромінюється емісійними або відбивними туманностями (як, наприклад, туманність Кінська Голова або зорями (наприклад, туманність Вугільний Мішок), що знаходяться за нею. Такі хмари

мають дуже неправильну форму: у них немає чітко обкреслених меж, інколи вони набувають закручених змієподібних обрисів. Найбільші темні туманності видно неозброєним оком, вони виступають як шматки чорноти на тлі яскравого Чумацького Шляху. Оскільки світла вони не випромінюють, вивчати їх можна тільки методами радіоастрономії, тобто шляхом дослідження їх електромагнітного випромінювання, а також з інфрачервоного випромінювання пилу.

10. У кульових скупченнях зір. Ці зорі утворилися з тієї самої газопилової хмари, що і Галактика в цілому. Оскільки ці зорі еволюціонують дуже повільно, то їх хімічний склад і надалі буде однаковим.

11. Центр нашої Галактики розташований у напрямку сузір'я Стрільця, але ця область захована від нас величезними хмарами пилу, який поглинає випромінювання у видимій частині спектра. Отже, використовуючи оптичний телескоп безпосередньо спостерігати її ядро ми не можемо. Тільки за допомогою радіотелескопів та телескопів інфрачервоного і рентгенівського діапазонів можна реєструвати випромінювання ядра Галактики.

12. Галактика відрізняється зоряним складом. У молодих скупченнях є багато блакитних гігантів (плоска складова показує молоді зорі) У «старому» центрі є червоні надгіганти (сферична складова).

13. Розподіл зірок в Галактиці має дві яскраво виражені тенденції: по-перше, дуже сильно концентруватися до галактичної площини; по-друге, концентруватися до центру Галактики. Остання тенденція посилюється у міру наближення до центральної частини Галактики, яка називається центральним згущенням Галактики або ядром. Визначаючи відстані, на яких відбувається істотне падіння зіркової щільності, отримуємо уявлення про розміри Галактики і про те місце, де приблизно знаходиться Сонце. Встановлено, що Сонце відалене від центра Галактики на відстань близько 10 000 пс, а її кордон у напрямку на антицентр знаходиться на відстані 5000 пс від Сонця.

14. Кулясте зоряне скупчення – зоряне скупчення, що відрізняється від розсіяного скупчення більшою кількістю зірок і чітко окресленою симетричною формою зі збільшенням концентрації зірок до центру скупчення. На відміну від розсіяних скупчень та зоряних асоціацій, міжзоряні середовища кулястих скупчень містять мало газу: цей факт пояснюється, з одного боку низькою параболічною швидкістю, що становить ≈10-30 км/с і, з іншого боку, їх більшим віком. Додатковим фактором, зважаючи на все, є періодичне проходження через галактичний диск, у якому концентруються газові хмари, що сприяє «вимітанню» газу зі скупчень у результаті таких проходжень.

БУДОВА Й ЕВОЛЮЦІЯ ВСЕСВІТУ

1. Найближчою до нас галактикою у північній півсфері неба є...

А) Туманність Андромеди; Б) Мала Магелланова Хмара;
В) Велика Магелланова Хмара; Г) Туманність в Оріоні.

2. У переважної більшості галактик спектральні лінії зміщені в ділянку спектра...

А) червону; Б) синю;
В) не зміщені; Г) у спектрах галактик ліній не видно.

3. Найближчу до Землі галактику можна спостерігати...

А) з Північного полюса; Б) з Південного полюса;
В) з території України; Г) з Гринвіча.

4. Те, що наш Всесвіт розширюється, установив зі спостережень...

А) М. Коперник; Б) Г. Галілей;
В) Е. Габбл; Г) Дж. Бруно.

5. Чим пояснюють велику яскравість ядер більшості галактик?

6. Чи існує центр розширення Всесвіту?

7. Назвіть три можливі варіанти розвитку Всесвіту згідно з теорією О. Фрідмана.

8.* З якою характеристикою галактики пов'язане явище фіолетового зміщення ліній у її спектрі?

9.* Який спостережний факт є підтвердженням розширення Всесвіту?

10.** Три галактики (А, В і С) у наш час розташовані у просторі на одній прямій так, що галактика В міститься на однаковій відстані від двох інших. Зобразіть на схематичному малюнку розташування цих галактик через кілька мільйонів років.

11.** Галактика А на небесній сфері розташована поблизу Північного полюса світу, а галактика В – на екваторі. Відстань від Сонця до галактики А така сама, як і до галактики В. Користуючися законом Габбла, поясніть, з більшою чи меншою швидкістю ці дві галактики віддаляються одна від одної, ніж вони віддаляються від Сонця.

12.*** Поясніть, що мають на увазі, коли говорять про абсолютний горизонт Всесвіту.

13.*** Поясніть суть методу визначення відстаней до галактик за спектральними спостереженнями.

14.*** У спектрі дуже віддаленої галактики спостерігають яскраві лінії в синьому діапазоні електромагнітного спектра, які в земних лабораторіях у цьому діапазоні довжин хвиль не спостерігаються. Поясніть, про що це свідчить.

15.*** Назвіть хімічні елементи, що за поширеністю у Всесвіті займають перші три місця. Розставте ці елементи в порядку зменшення кількості у Всесвіті.

16.*** Опишіть, яким був би Всесвіт, якби на ранньому етапі його розвитку не виникла асиметрія частинок і античастинок.

17.**** За спостереженнями встановлено, що всі галактики віддаляються від Сонця. Водночас учені вважають, що Сонце (чи Галактика) не міститься в центрі Всесвіту. Як це пояснити? Де ж тоді розташований центр Всесвіту?
18.**** Нині наслідком Великого Вибуху є спостережний факт – розбігання галактик. Чому не розбігаються також зорі в межах однієї, цілком конкретної галактики?
19.**** Спостереженнями встановлено, що найближча до нас спіральна галактика (Туманність Андромеди) наближається до Галактики зі швидкістю близько 100 км/с. Чи означає це, що ці дві галактики колись зіткнуться? Якщо так, то коли? Якщо ні, то чому?
20.**** Фіолетові зміщення в спектрах, отриманих із різних частин не дуже віддалених галактик, можуть дещо відрізнятися між собою, а для дуже далеких галактик цього не спостерігається. Поясніть чому.

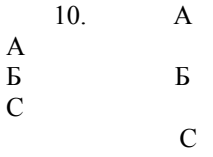
Відповіді

1. А.
2. А.
3. Б.
4. В.
5. У звичайних галактиках велика яскравість ядра пояснюється високою концентрацією зір. Але зустрічаються галактики, що мають яскраві ядра, з яких виривається світний газ, що рухається з величезною швидкістю – тисячі кілометрів за секунду, або потужне випромінювання в оптичному, рентгенівському чи радіодіапазоні.
6. Центр розширення відсутній.
7. За теорією Фрідмана можливі три варіанти розвитку Всесвіту: Всесвіт закритий, відкритий і пульсуючий. Всі ці варіанти мають те спільне, що в якийсь момент часу в минулому (10 чи 20 млрд років тому) відстань між сусідніми об'єктами Всесвіту мусила бути рівною нулю. В цей момент, який називається Великим Вибухом, густина Всесвіту і кривизна простору мали бути нескінченно великими, тобто Всесвіт мав бути точкою, яку математики називають сингулярною. У сингулярній точці всі сучасні закони фізики втрачають свою дію, а тому цю точку можна розглядати як математичний образ нової фізичної реальності. Процес переходу космічної матерії з цього «точкового» стану на стадію розширення і є Великим Вибухом. Від цієї часової межі починається історія нашого Всесвіту.
8. Згідно з теорією ізотропного розширення Всесвіту галактики віддаляються одна від одної, внаслідок чого ефект Допплера-Фізо призводить до червоного зміщення їх спектральних ліній, причому тим більшого, чим далі від нас знаходиться галактика (закон Габбла). Отже, для близьких галактик цей ефект виражений слабо (швидкість “розбігання” невелика). Разом з тим, незалежно від ефекту розбігання, кожна галактика має також власний просторовий рух і швидкість цього руху (т.з. пекулярна швидкість) може бути спрямована у

просторі як завгодно, в т.ч. й до нас як спостерігачів, та мати числове значення, яке перевищує швидкість “розбігання”. Тоді внаслідок накладання обох рухів у спектрі такої галактики земний спостерігач фіксуватиме фіолетове зміщення. Наприклад, галактика Туманність Андромеди. Отже фіолетове зміщення ліній у спектрі близьких галактик пов’язане з власним рухом галактик.

9. Червоне зміщення спектральних ліній.

10.



11. Напрями з Сонця на галактику А і галактику В утворюють прямий кут. Тоді САВ прямокутний рівнобедрений трикутник. Відстань між галактиками більша за відстань від галактик до Сонця, а швидкість розбігання галактик тим більша, чим більша відстань між галактиками. Отже галактики між собою віддаляються з більшою швидкістю, ніж кожна з них віддаляється від Сонця.

12. Спостережуваний Всесвіт має вигляд сфери скінченного радіуса $r_в$, з-за меж якої ніяка інформація не може дійти до нас у принципі. І ніяке вдосконалення техніки не дозволить зазирнути ще далі. На честь Габбла її називають габблівським радіусом, а поверхня, яку він описує, називається абсолютним горизонтом.

13. Е. Габбл з’ясував, що лінії у спектрах відомих галактик зміщені у червоний бік порівняно з тими ж лініями у спектрі нерухомого об’єкта. Із спостережень було встановлено, що швидкість віддалення галактик пропорційна відстані до них: $\upsilon = Hr$, де H=75 км/с·Мпс – стала Габбла. Разом

$$\frac{c \cdot \Delta\lambda}{\lambda}$$

з тим $\upsilon = \frac{c \cdot \Delta\lambda}{\lambda}$, де Δλ – зміщення довжини світлової хвилі λ у спектрі, c – швидкість світла у вакуумі.

Тоді $r = \frac{\upsilon}{H} = \frac{c\Delta\lambda}{H\lambda}$.

14. Це означає, що у складі віддаленої галактики існує хімічний елемент, який відсутній у земних умовах.

15. Найпоширенішими хімічними елементами у Всесвіті є гідроген, йому поступаються по черзі: гелій, оксиген, карбон, нітроген.
16. На ранньому етапі формування Всесвіту виникла асиметрія у кількості частинок і античастинок. В момент 10^{10} с за температури 10^{15} К почали утворюватись важкі елементарні частинки, такі як протони і нейтрони. При цьому антипротонів і антинейтронів у ранньому Всесвіті виявилось менше, ніж протонів і нейтронів. Це й мало дуже важливе значення, бо, як відомо, важкі частинки входять до складу атомних ядер хімічних елементів. І якби всіх частинок було порівну, то після їхньої анігіляції жодного атомного ядра не змогло б утворитися, і той Всесвіт, який ми знаємо, не існував би. Отож, якби у Всесвіті була би симетрія частинок і античастинок, то відбулася б їх анігіляція і матерія у звичному для нас виді не існувала б. Тому асиметрія мала вирішальне значення у формуванні матерії.
17. Однією з характерних рис розподілу галактик у просторі є те, що вони розміщені у Всесвіті у великому масштабі не хаотично, а утворюють дуже дивні структури, які нагадують величезні сітки з волокон. Просторова модель Всесвіту нагадує шматок пемзи, який у цілому має однорідну структуру, але окремі об'єкти мають порожнини. Дивний процес розширення Всесвіту, який супроводжується збільшенням відстаней між галактиками розпочався, коли ще не було не тільки нашої Землі та Сонця але не існувало навіть нашої Галактики. На перший погляд здається, що наша Галактика в центрі цього розширення, але виявляється, що ніякого центра у Всесвіті не існує. Мешканець будь-якої іншої галактики буде спостерігати таке саме розширення, тому він вважатиме, що його галактика розташована в центрі Всесвіту.
18. Зорі в межах однієї галактики пов'язані гравітаційними силами, тому в межах самої галактики зорі не розбігаються.
19. В даний момент точно не відомо, відбудеться зіткнення чи ні. Радіальна швидкість галактики Андромеди щодо Чумацького Шляху може бути виміряна за допомогою вивчення доплерівського зсуву спектральних ліній від зірок галактики, але поперечна швидкість (або «власний рух») не може бути прямо виміряна. Таким чином, відомо що галактика Андромеди наближається до Чумацького Шляху зі швидкістю близько 120 км/с, але чи відбудеться зіткнення або галактики просто розійдуться, з'ясувати поки не можна. На даний момент, найбільш точні непрямі вимірювання поперечної швидкості показують, що вона не перевищує 100 км/с. Це передбачає, що принаймні гало темної матерії двох галактик зіткнуться, навіть якщо не відбудеться зіткнення самих дисків. Запущений Європейським космічним агентством у 2013 році космічний телескоп Gaia виміряє місця розташування зірок галактики Андромеди з достатньою точністю для встановлення поперечної швидкості. Відстань до галактики Андромеди

2,5 млн св.років=$23{,}65\cdot10^{21}$ м. Швидкість наближення 100 км/с. За незмінної швидкості значення часу становить: $t=\frac{S}{\upsilon}=24\cdot10^{16}$ с.

20. Фіолетове зміщення ліній у спектрі близьких галактик пов'язане з власним рухом галактик. Для далеких галактик таке зміщення не спостерігається. Згідно з теорією ізотропного розширення Всесвіту галактики віддаляються одна від одної, внаслідок чого ефект Допплера-Фізо призводить до червоного зміщення їх спектральних ліній, причому тим більшого, чим далі від нас знаходиться галактика (закон Габбла).

ЖИТТЯ У ВСЕСВІТІ

1.*** Поясніть, чому в астрономії з'явилася гіпотеза про існування інших всесвітів?

2. *** Біля зір яких спектральних класів з найбільшою імовірністю може виникнути і розвинутись життя? Відповідь поясніть.

3.*** Що можна сказати про існування життя поблизу зір, навколо яких спостерігаються планетарні туманності? Відповідь поясніть.

Відповіді

1. На даному етапі вивчення розвитку і еволюції Весвіту, можна зробити висновок, що у нашій Галактиці, за наявності у ній 400 млрд. зір, 28 млн. таких як Сонце, існування життя на нашій планеті є унікальним, але не єдино можливим. Космологи, вивчаючи карту Всесвіту з даних, зібраних з корабля «Planck», дійшли висновку, що в космосі є аномалії, які можуть виникати тільки внаслідок гравітаційного тяжіння інших Всесвітів. Великий Вибух стався 13,8 мільярдів років тому, і його наслідки все ще спостерігаються у вигляді космічного мікрохвильового випромінювання. Вчені передбачали, що він повинен бути рівномірно розподілений, однак карта показує більш високу концентрацію в Південній частині неба, а також пляму холоду, яку неможливо пояснити за допомогою сучасного пізнання фізики. Вчені з Університету Північної Кароліни раніше передбачили ці аномалії випромінювання і вважають, що вони були викликані іншими Всесвітами. Тепер ця гіпотеза підтвердилася. Отже, очевидно, що є нескінченне число Всесвітів за межами нашого власного.

2. Для еволюції життя від найпростіших до найвищих форм потрібні величезні проміжки часу (3 – 4 млрд. років). Тому для гарячих білих та блакитних зір, які не здатні прожити більше 4 млрд. років, навіть якщо у них є планетні системи, майбутнього не існує. Зорі набагато меншої маси, ніж Сонце, також погані кандидати. Щоб отримати потрібну кількість тепла від такої зорі, планета повинна знаходитись до неї набагато ближче, ніж Земля до

Сонця. Вона буде обернена до свого Сонця одним боком. Це значно уповільнювало б утворення складних хімічних сполук. Крім того, треба відкинути ті зорі, які знаходяться в центральних районах зоряної системи, оскільки смертоносний рівень радіації, який там панує, знищить життя в самому зародку. Тому життя може виникнути і розвинутись біля зір пізніх спектральних класів, тобто зір, схожих на Сонце, бо час життя цих зір достатній для розвитку життя.

3. Під час утворення планетарної туманності відбувається скидання зорею зовнішньої оболонки температура якої сягає 8000-12000 К. Рух біля планети плазми за такої температури стерилізує її поверхню, якщо не знищує її взагалі. Переживши такий катаклізм зоря перетворюється у білого карлика або нейтрону зорю. Світність об'єкта і температура зменшуються, що знижує у значній мірі зародження життя.

Зміст

Предмет астрономії. Її розвиток і значення в житті суспільства.
Короткий огляд об'єктів дослідження в астрономії ……....1
Основи практичної астрономії……1
Видимий рух Сонця. Видимий рух Місяця. Астрономія та
визначення часу. Типи календарів……..4
Видимі рухи планет. Закони Кеплера…….10
Методи та засоби астрономічних досліджень……16
Сонячна система……21
Малі тіла Сонячної системи – астероїди, комети, метеори……..23
Сонце – найближча зоря……...26
Зорі. Еволюція зір……...30
Наша Галактика……....37
Будова й еволюція Всесвіту…….....39
Життя у Всесвіті……44

Здано до набору 19.06.2015 р. Підп.до друку 02.07.2015 р. Формат 60 84/16. Папір газетний. Офсетний друк. Тираж 500 пр. Ціна договірна. Віддруковано в ПП “Прінт-Експрес”. 33000, м. Рівне, вул. Петлюри, 7, тел./факс 63-38-90.