

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**



В.В. Фурман, Ю.М. Віхоть, О.М. Павлюк

ОСНОВИ ГЕОФІЗИКИ

Методичні вказівки

до самостійної роботи студентів
напряму підготовки 6.040103 – геологія та 6.040106 –
екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування

ЛЬВІВ – 2016

Основи геофізики: методичні вказівки до самостійної роботи студентів напряму підготовки 6.040103 – геологія та 6.040106 – екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування / Укл. : В.В. Фурман, Ю.М. Віхоть, О.М. Павлюк. – Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2016. – 60 с.

Укладачі: кандидат фізико-математичних наук, доцент
В.В. Фурман
кандидат геологічних наук, асистент
Ю.М. Віхоть
асистент ***О.М. Павлюк***

Рецензент: доктор фізико-математичних наук, професор
Д.В. Малицький

Відповідальний за випуск: доктор геологічних наук, професор
М.М. Павлунь

Редактор: *Лариса Сідлович*

Відповідальний за друк: *Олена Старунько*

*Затверджено
на засіданні Вченої ради
геологічного факультету
(протокол № 29/2 від 17.02.2016 р.)*

© В.В. Фурман, Ю.М. Віхоть, О.М. Павлюк, 2016

ВСТУП

Курс «**Основи геофізики**» є лекційно-практичним курсом для студентів другого і третього курсів бакалаврського рівня геологічного факультету ЛНУ імені Івана Франка, що навчаються за напрямками 6.040103 – геологія та 6.040106 – екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування денної та заочної форми навчання. В основі курсу лежить вчення про фізичні процеси в Землі, у Всесвіті, про взаємодію структурних оболонок між собою, їхні компоненти, вплив і закономірності взаємодії космічних оболонок і космічних об'єктів із Землею та її структурними оболонками. Фізика Землі як складова геофізики є однією із фундаментальних наук про Землю, оскільки в основі її вивчення лежать фізичні закони і фізичні уявлення про структуру природи Землі та Всесвіту загалом, а також про співвідношення між масою й енергією речовини, якими є геологічні тіла.

Основне завдання курсу «**Основи геофізики**», програма якого розроблена на кафедрі фізики Землі геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, – показати студентам, що будь-які типи взаємодії у земних оболонках чи у структурах різного виду чітко узгоджуються між собою на основі фізичних уявлень і принципів. Крім того, у цьому курсі подаються знання й уявлення про фізичні поля Землі, їхні прояви у властивостях оболонок Землі та природу їхнього виникнення, що потім значно допомагає у розумінні та засвоєнні таких суміжних курсів як «**Методи геофізичних досліджень у геології**», «**Геологічна інтерпретація геофізичних даних**», «**Пошукова геофізика**», «**Комплексування пошукових геофізичних методів**», «**Геофізика в гідрогеології**» та ін.

Курс «**Основи геофізики**» є обов'язковим навчальним курсом, який вивчають студенти другого і третього курсу денної та заочної форм навчання. Для студентів денної форми навчання курс містить 288 годин і викладається упродовж двох семестрів, із яких лекційна частина та лабораторні заняття налічують по 64 години. Значна увага приділена самостійній підготовці з цього курсу, на яку припадає 160 годин.

У методичних вказівках подано загальні рекомендації для виконання самостійних робіт, деяких практичних задач і підготовки до іспиту, показано джерела друкованої, електронної, методичної та іншої літератури, з якою необхідно працювати під час виконання самостійних завдань, а також наведено приклади тестових завдань для самоперевірки тощо.

1. СПИСОК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНИХ РОБІТ

Завдання зі самостійної роботи перегукуються з практичними завданнями і включають багато питань, які не розглянуті на лекціях або практичних роботах. Зміст цих питань має бути ґрунтовніше переосмислений студентами самостійно, а у результаті пошуку відповідей повинні бути зроблені певні логічні висновки, що є важливим етапом для ефективного закріплення студентами знань, отриманих із різних джерел.

У табл. 1.1 показана тематична структура завдань, що стосуватимуться як практичних, так і самостійних робіт для студентів другого та третього курсів геологічного факультету напрямів підготовки 6.040103 – геологія та 6.040106 – екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування.

Таблиця 1.1

Тематична структура завдань для самостійних робіт

| |
|--|
| 1. ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ |
| ОСНОВНІ ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕМЛІ, МІСЯЦЯ, СОНЦЯ ТА ІНШИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ |
| ГЛОБАЛЬНІ ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ЗЕМЛІ |
| ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЗАЄМОДІЇ ТА ФІЗИЧНІ ПОЛЯ ЗЕМЛІ |
| 2. ГЕОФІЗИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ЗЕМНОЇ КОРИ |
| ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБОЛОНОК ЗЕМЛІ |
| ТЕРМОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОЛОНОК ЗЕМЛІ |
| СЕЙСМІЧНІСТЬ І БУДОВА ЗЕМЛІ. СЕЙСМОРОЗВІДКА |
| МАГНЕТНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ ТА ПЛАНЕТ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ. МЕГНЕТОРОЗВІДКА |
| ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ. ЕЛЕКТРОРОЗВІДКА |

2. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНИХ ЗАВДАНЬ

1. Запорукою успішного розв'язання завдань, незалежно від того, чи це практичні задачі, чи теоретичні завдання зі самостійної роботи, має бути передусім розуміння відповідного теоретичного матеріалу, отриманого найперше із лекцій і практичних робіт.
2. Крім лекційного матеріалу, студент має використовувати інші літературні джерела, додатки, а також, при потребі, відповідні інтернет-сайти, програми-додатки для сучасних девайсів (планшетів, смартфонів, айфонів, айпадів тощо), що наведені у розділі 6 цього видання.
3. Першим кроком до розв'язання практичних задач є з'ясування їхнього фізичного змісту, тобто виявлення домінуючих фізичних процесів і явищ, які могли би стати причиною виникнення геологічних процесів, та здійснення постановки питання.
4. Другим кроком є запис умови та вихідних даних у скороченому вигляді з урахуванням усіх інформативних слів, що є в умові, оскільки вони, як правило, не є зайвими. Значення величин необхідно виражати в одиницях Міжнародної системи SI.
5. Рисунок або схема є невід'ємними під час розв'язання будь-яких завдань, оскільки пояснюють суть задач і полегшують пошук розв'язку.
6. Найпоширенішим методом розв'язання самостійних практичних задач є виокремлення домінуючого фізичного процесу та визначення основної формули, що містить величину, яку необхідно знайти, й інші величини, вказані в умові. Невідомі величини у цій формулі знаходять за допоміжними формулами, виражаючи їх через уже відомі. У результаті заміни в основній формулі невідомих величин за допомогою відомих через допоміжні формули одержуємо формулу загального розв'язку практичної задачі.
7. Отриманий результат необхідно перевірити на правильність одержання одиниці вимірювання невідомої величини (якщо є така необхідність) і оцінити правдоподібність (порівняно з подібними відомими значеннями).
8. Основою для формулювання відповідей на теоретичні завдання має бути добре та відмінне розуміння, порівняння теоретичного матеріалу, отриманого з різних джерел. Обов'язково до кожного теоретичного питання має бути додана ілюстрація або схема.

9. Відповіді на теоретичні питання на іспиті слід формулювати послідовно з використанням рисунків, схем, пояснень до них, а після цього – написання формул та основних законів.
10. Формули й основні закони з курсу *«Основи геофізики»* студент зобов'язаний не тільки механічно «заучувати», а й розуміти найперше їхній фізичний зміст і чітко розрізняти взаємозв'язок їх із будь-яким конкретним геологічним процесом чи екологічними явищами. Перед написанням на іспиті (або під час здавання самостійної роботи) будь-яких основних формул він обов'язково повинен пояснити фізичні процеси, що мають відбуватися та відображають наслідки геологічних процесів чи явищ, або формування певних геологічних структур, і аж після того записувати формули. На такому принципі побудоване кожне практичне заняття, і таким чином повинна бути побудована самостійна робота студента. Така послідовність відповіді на теоретичні запитання вирізняє, насамперед, здібніших і кращих студентів, а такий спосіб викладання пар розвиває логічне мислення, сприяє кращому розумінню та запам'ятовуванню студентами навчального матеріалу, отриманого з інших курсів, таких як *«Фізика»*, *«Загальна геологія»*, *«Геологія та геоморфологія»* тощо.

3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ І САМОКОНТРОЛЮ

Наведений перелік завдань для виконання самостійної роботи і приблизний перелік теоретичних питань на іспити для студентів другого і третього курсу стаціонарної та заочної форми навчання (III – IV семестри) з напрямку підготовки 6.040103 – геологія та 6.040106 – екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування, що можуть бути питаннями для самоконтролю; слугують критерієм засвоєння студентами лекційного та практичного матеріалу й оволодіння навиками самостійного користування інформацією з будь-яких додаткових літературних джерел.

3.1. Перелік завдань для самостійної роботи

1. Закон Архімеда в геології. Означення та виведення закону.
2. Що таке ізостазія? Зобразіть схему з усіма позначеннями.
3. Що таке лінія ізостазії?
4. Які ви знаєте ізостатичні моделі? Зобразіть їхні схеми та поясніть. Яка модель є найбільш придатною для того, щоб пояснити залягання різних типів земної кори? Чому?
5. Знайдіть рівень занурення багат шарових структур у геологічному середовищі (виведіть формулу).
6. Як зледеніння впливає на товщину земної кори? Наведіть приклади ділянок, де танення льодовика призводило до зміни товщини кори.
7. Обчисліть різницю у товщині кори до і після зледеніння на континенті.
8. Що таке сила Коріоліса (дайте означення і запишіть формулу)? Який напрям вона має у різних півкулях і як його визначають?
9. Яка сила зумовлює підмивання берегів у річках різних півкуль? Зобразіть загальну схему річкової ерозії та вплив цієї сили.
10. Які береги річок підмиваються у північній півкулі, що течуть у меридіональному напрямку? Покажіть на прикладі будь-якої річки.
11. Що таке циклони й антициклони?
12. Куди закручуються циклони й антициклони у північній і південній півкулях? Чому? Намалюйте схеми.
13. Які річки найбільш інтенсивно утворюють каньйоноподібні долини? Де на території України вони трапляються? Назвіть фізичні та геологічні аспекти?

14. Назвіть види ерозії, які найбільш інтенсивно проявляються у річках, що течуть на різних ділянках земної кори. Чому (поясніть з фізичної точки зору)?
15. Що таке меандри і чому вони утворюються та з часом змінюють свою форму (поясніть з фізичної точки зору)?
16. Петрофізичні властивості порід.
17. Сила тертя в геології. У яких геологічних процесах вона відіграє ключову роль?
18. Гравітаційна сила в геології та її вплив на геологічні процеси.
19. Як видобували граніт і базальт давні єгиптяни? Яку фізичну властивість використовували?
20. Яким способом давні єгиптяни шліфували брили каміння?
21. Що таке діапіризм і які фізичні передумови його виникнення?
22. Яка максимально можлива висота гори H_{max} , що складена магматичними гірськими породами, густиною $\rho_{e.n.}$, з позиції плавлення порід (відомою є питома теплота плавлення, наприклад, базальту $\lambda_{пл}$).
23. З позиції міцності гірських порід визначте на Землі максимально можливу висоту гори H_{max} , що складена магматичними гірськими породами (наприклад, гранітами) за відомими густиною ρ , межею міцності σ_{max} та прискоренням вільного падіння на планеті g .
24. Дайте загальні характеристики об'ємним і поверхневим хвилям. Як їх фіксують?
25. Чому поверхневі хвилі є найбільш руйнівними? Зобразіть і покажіть механізм утворення поверхневих хвиль.
26. Що таке хвилі Релея і Лява? Знайдіть інформацію, коли і де ці поверхневі хвилі були найбільш руйнівними під час проходження землетрусів.
27. Зобразіть схему поширення об'ємних хвиль на прикладі земної кори від природного або штучного сейсмічного джерела.
28. Зобразіть схему поширення поверхневих хвиль на прикладі земної кори від природного або штучного сейсмічного джерела.
29. У яких середовищах сейсмічні Р-, S-хвилі прискорюються, сповільнюються, а у яких зовсім не проходять. Чому?
30. Що таке сейсмічна тінь і як вона допомогла під час дослідження внутрішньої будови Землі?
31. Схематично зобразіть сейсмічну тінь і поясніть причину її виникнення.
32. Які хвилі утворюють сейсмічну тінь? Поясніть чому?

33. Зобразіть шари земної кори та значення швидкостей проходження поперечних і поздовжніх хвиль у них.
34. Що таке полярне сьйво і де воно найчастіше спостерігається?
35. Чому полярне сьйво буває різних кольорів?
36. Назвіть основні сейсмічні регіони у світі.
37. Які сейсмічні зони впливають на виникнення землетрусів на території України?
38. Що таке магнітосфера Землі та яка її роль?
39. Як, на вашу думку, інверсія магнітного поля впливає на еволюцію всього живого?
40. Що таке палеомагнетизм і яке його значення при вивченні еволюції Землі?
41. Дайте характеристику магнітних полів планет Сонячної системи. У яких планет магнітне поле найсильніше, а у яких – найслабше?
42. Порівняйте магнітне поле Землі, Сонця та Місяця. У кого воно сильніше, слабше?
43. Яка з планет Сонячної системи не має магнітного поля?
44. Що таке сонячний вітер, зобразіть схему його поширення?
45. Що таке пояси Ван Аллена?
46. У якому напрямку в магнітному полі Землі летять позитивно та негативно заряджені частинки?
47. Принцип дії геологічного компаса при визначенні напрямку у просторі.
48. Де розташований північний магнітний полюс?
49. Чи збігається вісь дипольного магнітного поля Землі із віссю її обертання? Поясніть чому. Назвіть цю величину і середнє її значення.
50. Для чого на картах вказують значення магнітного схилення?
51. Де є максимальне значення магнітного поля: на полюсі чи на екваторі? Яке середнє значення магнітного поля Землі?
52. Що таке магнітна сприйнятливість середовища?
53. Що таке точка Кюрі?
54. Що таке діамагнетики, парамагнетики, феромагнетики? Виберіть їх з уже відомих вам мінералів і порід за їхніми фізичними властивостями.
55. Що таке феромагнетики, антиферомагнетики, феримагнетики, антиферимагнетики?
56. Що таке залишкова намагнетованість порід і яку цінну інформацію вона несе?
57. Що таке магнітні бурі та чому ми їх відчуваємо?
58. Механізм і причини утворення полярного сьйва.

59. Що таке неодимові магніти? У яких сучасних приладах їх можна побачити?
60. Чим неодимові магніти відрізняються від звичайних?
61. Які мінерали та породи мають магнітні властивості? Як це використовують у геології?
62. Де у природі помітними є магнітні взаємодії та як їх можна використовувати в геологічних дослідженнях?
63. Дати характеристику провідників, напівпровідників, діелектриків і навести приклади серед відомих вам мінералів.
64. Які породи є діелектриками, а які є найкращими провідниками?
65. Які максимальні значення напруженості електричного поля в атмосфері?
66. Чому не можна на автомобільних заправних станціях заправляти бензин у пластикову тару?
67. Чому взимку немає гроз?
68. Чому грози починаються наприкінці весни?
69. Де на земній поверхні відбувається найбільше гроз?
70. Чому взимку блискавку спостерігаємо між хмарами, а влітку – між хмарами та землею?
71. Назвіть види атмосферних розрядів.
72. Чому світяться неонові лампи та чому різними кольорами?
73. Яка порода утворюється при ударі блискавки?
74. Види блискавок і умови їхнього виникнення.
75. Що таке гравітаційні аномалії?
76. Що таке поправка Фая?
77. Що таке поправка Буге?
78. У якому місці на Землі та чому спостерігаються найбільші припливні хвилі?
79. Що таке модуль зсуву, модуль Юнга, модуль пружності?
80. Які ізотопи відіграють ключову роль у природі?
81. Виберіть відомі вам геологічні процеси і проаналізуйте їх з фізичної точки зору.
82. Проаналізуйте, які відомі вам геологічні процеси відбуваються з виділенням і поглинанням енергії?
83. Особливості перетворення енергії під час геологічних процесів.
84. Механічна, теплова енергія для геологічних середовищ.
85. Процеси енергетичного розвантаження геологічних структур.
86. Енергетика геологічних процесів в оболонках Землі. Приклади процесів: землетруси, цунамі, осув, підводний осув.
87. Які фізичні процеси характерні для взаємодії гідросфери і земної кори?

88. Які процеси можна відзначити при вулканічних виверженнях і землетрусах?
89. Назвіть зони найактивніших землетрусів. Які енергетичні процеси там відбуваються?
90. Звідки береться енергія землетрусів?
91. Поясніть динаміку руху плит. Як пов'язані ці рухи з розміщенням сейсмічних зон на планеті?
92. Що таке дивергенція, конвергенція?
93. Наведіть приклади зон колізії, зон субдукції, спредингу, рифтової зони на Землі.
94. Чому Галапагоси та Гавайї утворюють лійку островів? З чим це пов'язано?
95. Чому на найстаріших островах немає вулканів?
96. Що таке плюми?
97. Що таке гаряче Тихоокеанське кільце? Як воно впливає на геологію всієї планети?
98. Що таке епіцентр і гіпоцентр землетрусу?
99. Вулкани та супервулкани. Наведіть кілька прикладів найвідоміших типів вулканів.
100. Чому відбувається виверження вулканів з фізичної точки зору? Зобразіть схему утворення вулкану та вкажіть фізичні процеси, що спричиняють його виникнення.
101. Чи всі вулкани під час виверження мають попіл однакового кольору? Чому?
102. Який вулкан у Центральній Африці під час виверження викидає в атмосферу вулканічний попіл рідкісного забарвлення? Яке це забарвлення? Поясніть чому.
103. Що таке ядерна або вулканічна зима? Коли вона може виникнути?
104. Типи виверження вулканів (пояснити з фізичної точки зору, вказати перетворення енергії та маси).
105. Чому виникає блискавка під час виверження вулканів і якого вона кольору?
106. Модель цунамі. Причини його виникнення.
107. Утворення цунамі при підводному осуві, ударі астероїда об землю та водну поверхню.
108. Що таке торнадо з фізичної точки зору?
109. Що таке Ель-Ніньйо та Ла-Нінья?
110. Що таке шеврон? Геологічна суть.
111. Які родовища корисних копалин утворюються внаслідок процесів у гідросфері або внаслідок взаємодії атмосфери та гідросфери?

3.2. Перелік теоретичних питань на іспит

1. Призначення курсу «Основи геофізики».
2. Мета і завдання геофізики.
3. Основні об'єкти досліджень для курсу «Основи геофізики».
4. Предмет геофізики. Що вивчає геофізика і яка її роль.
5. Види геофізичних досліджень.
6. Методи геофізики.
7. Класифікація геофізичних методів за фізичними основами, об'єктами досліджень, за рівнями спостереження полів Землі.
8. Геофізика в науках геологічного профілю (геології, геохімії, екології тощо).
9. Геофізичні методи досліджень геологічної будови земної кори.
10. Фізичні погляди на природу та явища.
11. Поняття основних фундаментальних взаємодій та фізичних полів.
12. Характеристика фізичних полів Землі.
13. Гравітаційні взаємодії.
14. Електричні взаємодії
15. Магнітні взаємодії.
16. Електромагнітні взаємодії.
17. Ядерні взаємодії у природі.
18. Фізичні характеристики фундаментальних взаємодій – напруженість і потенціал поля.
19. Напруженість будь-якого фізичного поля.
20. Потенціал будь-якого фізичного поля.
21. Зв'язок між потенціалом і напруженістю поля.
22. Порівняйте поля фундаментальних взаємодій.
23. Використання фізичних понять про гравітаційне поле Землі в геології / екології.
24. Використання фізичних понять про магнітне поле Землі в геології / екології.
25. Структурні одиниці природи і деякі фізичні константи.
26. Глобальні фізичні процеси.
27. Характеристика Землі як планети.
28. Фізичні властивості Землі.
29. Форма і фігура Землі.
30. Геометричні розміри Землі.
31. Визначення розмірів Землі методами Біруні й Ератосфена.
32. Визначення радіуса Землі за допомогою карти України.
33. Максимальна відстань, на яку можемо бачити у будь-якій точці на земній поверхні.

34. Максимальна висота гори на планеті, способи її знаходження.
35. Визначення максимальної висоти гори за плавленням порід.
36. Визначення максимальної висоти гори за міцністю порід.
37. Масові характеристики космічних об'єктів.
38. Способи знаходження мас космічних тіл.
39. Знаходження мас об'єктів, що близько розміщені в космосі.
40. Способи визначення маси Землі.
41. Як за допомогою позначень на карті України знайти масу Землі?
42. Визначити масу Землі за даними про Місяць.
43. Визначити масу Сонця за масою Землі.
44. Визначити масу Місяця за масою Землі.
45. Яке співвідношення між масами Землі та Сонця?
46. Яке співвідношення між масами Місяця та Сонця?
47. Визначити масу атмосфери Землі за допомогою позначень на карті України.
48. Зв'язок між масою атмосфери і масою Землі.
49. Визначення мас оболонок Землі та моментів інерції.
50. Обчислити маси оболонок Землі та визначити, яка оболонка становить найбільший відсоток у масі Землі.
51. Визначення тиску всередині однорідних космічних тіл.
52. Тиск усередині будь-якої планети.
53. Тиск усередині Землі.
54. Залежність тиску від глибини.
55. Порівняння літостатичного тиску зі справжнім.
56. Тіла на межі середовищ (складнощі діапїризму всередині Землі).
57. Елементи теорії твердого тіла.
58. Механічні властивості гірських порід.
59. Механічна взаємодія тіл.
60. Рух геологічного тіла по похилій площині. Осувні процеси.
61. Закон Архімеда та його використання в геології.
62. Рівні занурення геологічних тіл.
63. Поняття ізостазії, лінії ізостазії.
64. Приклади використання ізостазії в геології.
65. Визначення потужності гірського масиву.
66. Знаходження рівня занурення багат шарової структури.
67. Гравітаційні поля Всесвіту.
68. Гравітаційне поле космічних тіл.
69. Гравітаційне поле на поверхні будь-якого космічного тіла.
70. Поведінка гравітаційного поля всередині планет.
71. Поле земного тяжіння Землі та його складові.

72. Компоненти поля земного тяжіння.
73. Поправки до сили земного тяжіння.
74. Поправка Фая. Аномалія Буге.
75. Нормальне значення напруженості поля земного тяжіння та поправки, які беруться до уваги під час геологічних і геофізичних досліджень.
76. Характеристика гравітаційного поля Землі.
77. Гравітаційне поле у центрі й оболонках Землі.
78. Сумарне гравітаційне поле на поверхні Землі.
79. Як за допомогою потенціалу поля описувати гравітаційні аномалії?
80. У чому полягає особливість процесу гравітаційної диференціації?
81. Напруженість гравітаційного поля Землі.
82. Потенціал гравітаційного поля Землі.
83. Напруженість поля всередині планети.
84. Вплив розподілу густини на розподіл напруженості гравітаційного поля у середовищі.
85. Розподіл напруження гравітаційного поля всередині середовищ і поза ними.
86. Залежність напруженості гравітаційного поля Землі від висоти над рівнем моря.
87. Залежність напруженості гравітаційного поля всередині оболонок від глибини.
88. Визначення напруженості гравітаційного поля всередині та поза полем.
89. Флуктуації напруженості гравітаційного поля.
90. Потенціал гравітаційного поля всередині планети.
91. Визначення гравітаційного потенціалу всередині та поза полем.
92. Потенціал гравітаційного поля для одного чи системи тіл.
93. Особливості визначення потенціалів гравітаційного поля у середовищі.
94. Залежність потенціалу гравітаційного поля від глибини.
95. Зв'язок між потенціалом і напруженістю гравітаційного поля Землі.
96. Використання властивостей гравітаційного поля в геології.
97. Вплив Сонця на гравітаційні взаємодії.
98. Варіації гравітаційного поля.
99. Варіації напруженості гравітаційних полів-сусідів у різних точках Землі.
100. Сукупний вплив Місяця та Сонця на варіації гравітаційного поля Землі.

101. Що є основою методу гравітаційної розвідки (гравірозувідки)?
102. Як використовують значення характеристик гравітаційного поля в геології?
103. Вплив варіацій густини на перебіг геологічних процесів.
104. Прояви гравітаційних взаємодій в оболонках Землі та під час геологічних процесів.
105. Припливні взаємодії, припливні деформації.
106. Схема та механізм формування припливів і відпливів.
107. Вплив Місяця на об'єкти на поверхні Землі та на Землю.
108. Внесок Місяця і Сонця у явище припливів і відпливів.
109. Порівняння припливів і відпливів, створених Сонцем і Місяцем.
110. Механізми формування припливної хвилі на різних широтах.
111. Вплив космічних сусідів на припливні процеси в оболонках Землі.
112. Припливи та відпливи океану Землі.
113. Вплив гравітаційного поля Сонця та Місяця на обертання Землі.
114. Наслідки взаємодії Сонця та Місяця на перебіг обертання Землі.
115. Взаємозв'язок Сонця та Місяця з обертовим полем Землі.
116. Вплив обертання Землі на геологічні процеси та взаємодія з припливами і відпливами.
117. Особливості взаємодії обертового моменту Землі з гравітаційними полями сусідів.
118. Вплив теплового балансу на обертання Землі.
119. Вільна та вимушена нутація земної осі.
120. Процеси нутації та їх вплив на геологічні процеси.
121. Прецесія земної осі.
122. Цикли Міланковича.
123. Зледеніння й обертання Землі.
124. Зміна періоду обертання Землі під час зледенінь.
125. Як впливає глобальне потепління на період обертання Землі?
126. Вплив зледеніння та глобального потепління на обертання Землі.
127. Сила Коріоліса в геології.
128. Електричне поле Землі та його характеристика.
129. Закон Кулона.
130. Потенціал і напруженість електричного поля.
131. Сила Лоренца.
132. Електричні поля в оболонках Землі.
133. Електричні характеристики середовища.

134. Що таке п'єзо- і сигнетоелектрика?
135. Електричне поле атмосфери.
136. Електричні явища в корі та мантії Землі.
137. Поняття про телуричні струми.
138. Високочастотні електричні поля в атмосфері.
139. Електричні поля в іоносфері.
140. Електропровідність іоносфери.
141. Причина іонізації атмосфери.
142. Атмосферна електрика в тропосфері й іоносфері.
143. Грози та блискавки.
144. Електричні явища у природі.
145. Електричні явища у хмарах.
146. Електричні властивості оболонок Землі.
147. Електророзвідка.
148. Використання властивостей електричного поля для електророзвідки.
149. Методи електророзвідки.
150. Магнітне поле Землі.
151. Походження магнітних полів Землі та небесних тіл.
152. Характеристика магнітного поля.
153. Факти або явища, які підтверджують наявність магнітного поля Землі.
154. Ядро Землі як джерело магнітного поля.
155. Теорія гідромагнітного динамо та земний магнетизм.
156. Елементи земного магнетизму.
157. Палеомагнетизм.
158. Природа земного магнетизму. Фізичні теорії головного магнітного поля Землі.
159. Перші та сучасні гіпотези походження головного магнітного поля.
160. Компоненти магнітного поля.
161. Вимірювання горизонтальної та вертикальної компоненти магнітного поля.
162. Магнітні поля небесних тіл.
163. Власне магнітне поле Землі та магнітні поля космічних тіл.
164. Вимірювання магнітного поля Землі.
165. Що таке магнітні аномалії та як їх використовують у геології?
166. Магнітні карти.
167. Магнітні характеристики середовища.
168. Магнітосфера та її значення для Землі, роль для еволюції.
169. Рух магнітного полюса.
170. Магнітні властивості середовищ Землі.

171. Полярні сьйва та магнітосфера Землі.
172. Що таке магнітні бурі та звідки вони беруться?
173. Інверсія магнітного поля.
174. Палеомагнетизм.
175. Роль магнітного поля для збереження життя на Землі.
176. Прояви магнітного поля у природі.
177. Які фізичні природні явища пов'язані з магнітним полем Землі?
178. Поняття про магнетики та використання їх у геологічних і екологічних цілях.
179. Магнітні властивості речовин і поділ речовини за магнітною сприйнятливістю (діамагнетики, парамагнетики, феромагнетики, феримагнетики, антиферомагнетики).
180. Використання характеристик магнітного поля для досліджень у магніторозвідці.
181. Напруженість магнітного поля на поверхні космічних тіл.
182. Чим схожі знання про електричні та магнітні властивості середовищ?
183. Характеристика електромагнітних полів.
184. Джерела та носії електромагнітних полів.
185. Електромагнітні поля Землі.
186. Електромагнітні явища в різних оболонках Землі.
187. Електромагнітні взаємодії в корі та мантія.
188. Електромагнітний спектр.
189. Іоносфера. Які електромагнітні процеси у ній відбуваються?
190. Теплове поле Землі.
191. Тепловий баланс в оболонках на прикладі атмосфери.
192. Вплив зледенінь на тепловий баланс Землі.
193. Енергетика Землі.
194. Джерела внутрішньої енергії Землі.
195. Аналіз передачі енергії в середовищі Землі.
196. Види енергії в геологічних середовищах і їхні джерела.
197. Передача енергії в земних процесах.
198. Енергетичні перетворення в середовищі.
199. Співвідношення Майера.
200. Калоричне рівняння для ентальпії.
201. Ентропія, її використання в геології.
202. Перетворення енергії в земному середовищі.
203. Фізичні явища, які відповідають енергетичним переходам.
204. Поняття про фазові переходи.
205. Параметри середовища, що визначають їхню енергетику.
206. Вплив температурного стану Землі на її енергетичні характеристики.

207. Температура Землі в докембрії.
208. Температура на поверхні планети.
209. Енергетичні перетворення в оболонках Землі.
210. Наслідки енергетичних перетворень в атмосфері.
211. Основні принципи вивчення енергетичних перетворень у Землі.
212. Перетворення енергії в геологічних процесах у різних оболонках Землі.
213. Специфіка енергетичних перетворень у геологічному середовищі.
214. Використання енергії геологічних процесів людством.
215. Які характеристики геологічних середовищ ми отримуємо з даних про енергетичні перетворення?
216. Енергетичні зміни за рахунок теплового режиму.
217. Енергетична характеристика процесів в оболонках Землі у полі земного тяжіння.
218. Елементи термодинаміки.
219. Параметри і характеристики термодинаміки.
220. Зв'язок термодинамічних параметрів між собою.
221. Термодинамічні функції.
222. Зв'язок між термодинамічними параметрами і функціями.
223. Де і як у геології використовують термодинамічні функції?
224. Термодинамічні потенціали.
225. Параметри термодинамічних систем.
226. Поняття про закриті й відкриті термодинамічні системи.
227. Особливості обміну енергією у відкритих і закритих системах.
228. Похідні від термодинамічних систем.
229. Профільна залежність похідних і параметрів середовища.
230. Основи термодинаміки глибинних фізичних середовищ.
231. Термодинамічні співвідношення та зв'язок термодинамічних параметрів для різних глибин.
232. Особливості використання рівнянь стану для аналізу термодинаміки глибинних процесів.
233. Термодинамічні параметри для глибинних структур.
234. Особливості зміни параметрів геологічних середовищ із глибиною.
235. Особливості поведінки петрофізичних характеристик геологічного середовища у глибинних структурах.
236. Розподіл характеристик середовища по глибині.
237. Термодинамічні характеристики Землі.
238. Основні термодинамічні співвідношення для Землі.
239. Основні термодинамічні характеристики середовища.

240. Параметри середовищ, які можна визначити з термодинамічних функцій.
241. Головні термодинамічні параметри середовищ.
242. Визначення основних констант середовищ із термодинаміки середовища.
243. Взаємозв'язок між параметрами середовища.
244. Які параметри середовища є визначальними у глибинних дослідженнях?
245. Зв'язок термодинамічних властивостей середовища між собою.
246. Особливості термодинамічних властивостей суцільних середовищ.
247. Механічні й термодинамічні характеристики середовищ, їхній взаємозв'язок.
248. Поняття про термодинамічний стан фізичної системи.
249. Термодинамічні параметри геологічного середовища.
250. Основні термодинамічні співвідношення для геологічного середовища.
251. Термодинаміка середовищ Землі: як її можна використати в екології?
252. Термодинамічне співвідношення Максвелла для геологічного середовища.
253. Геологічне середовище як фізична система.
254. Термодинаміка глибинних процесів.
255. Термодинамічні характеристики оболонок Землі.
256. Особливості термодинамічних властивостей на прикладі опадів.
257. До якого класу термодинамічних систем належить Земля?
258. Аналіз характеристики середовищ на прикладі термодинамічного аналізу Землі.
259. Для чого геологу необхідно знати термодинаміку глибинних середовищ?
260. Термодинамічні процеси в геологічних середовищах.
261. Термодинамічні співвідношення для енергетичних перетворень в оболонках Землі.
262. Наслідки термодинамічних характеристик для геологічних середовищ.
263. Рівняння, що пов'язує температуру, тиск і густину середовищ (рівняння Вільямсона–Адамса).
264. Енергетичні, механічні й теплові перетворення в геологічному середовищі.
265. Через яке рівняння пов'язані між собою термодинамічні характеристики із пружними властивостями земних середовищ.

266. Основи механіки суцільних середовищ.
267. Механічні властивості гірських порід і масивів.
268. Де в геології використовується теорія механіки суцільних середовищ?
269. Характеристики механічних властивостей середовищ.
270. Деякі основні факти з механіки середовищ.
271. Коливальні процеси в механічних середовищах.
272. Механічне напруження і деформації.
273. Деформаційні процеси в середовищах, їхня механічна і термодинамічна природа.
274. Види деформацій у середовищах.
275. Джерела деформаційних процесів, їхній вплив на структуру геологічних середовищ і Землі.
276. Основи сейсмології.
277. Сейсмічність Землі.
278. Основи сейсмічних досліджень.
279. Особливості енергетичного аналізу сейсмічних процесів.
280. Особливості проходження сейсмічних хвиль у середовищі та їхні наслідки.
281. Види сейсмічних хвиль.
282. Об'ємні сейсмічні хвилі.
283. Поверхневі сейсмічні хвилі.
284. Взаємозв'язок швидкостей сейсмічних хвиль із механічними властивостями в середовищі.
285. Як за допомогою сейсмічних даних визначити температуру на глибині?
286. Поширення сейсмічних хвиль у земному середовищі.
287. Годографи. Що це таке і як із ними працювати?
288. Будова Землі за сейсмічними даними.
289. Властивості земних оболонок, їхні характерні особливості.
290. Проходження сейсмічних хвиль у різних середовищах.
291. Особливості поширення сейсмічних хвиль у рідинах.
292. Сейсмічна тінь Землі.
293. Енергетика сильних збурень в оболонках Землі.
294. Енергетика землетрусів і особливості наслідків у різних середовищах.
295. Фізичні основи вулканізму.
296. Вулканічна діяльність Землі.
297. Супроводжуючі явища при вулканізмі.
298. Елементи мантійної конвекції.
299. Земний магнетизм.
300. Фізична природа явищ при землетрусах.

301. Причини та чинники виникнення землетрусів.
302. Енергія землетрусів.
303. Наслідки, спричинені землетрусами.
304. Цунамі та механізм його утворення.
305. Які фізичні явища в еволюції Землі викликали землетруси і цунамі?
306. Фізика тектонічних процесів.
307. Теорія катастроф.
308. Взаємодія глибинних оболонок Землі та процеси, що з ними пов'язані.
309. У чому схожі методи гравірозвідки і сейсмозвідки, який параметр є спільним для них?
310. Предмет і методи досліджень ядерної геофізики.
311. Класифікація та завдання методів ядерної геофізики і її зв'язок з ядерною фізикою.
312. Природна та штучна радіоактивність.
313. Основні закони радіоактивних перетворень.
314. Радіометричні методи пошуків і розвідки родовищ радіоактивних руд при вирішенні геоекологічних задач.

4. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Показані приклади розв'язування деяких теоретичних і практичних завдань під час самостійного виконання студентами індивідуальних завдань. Без сумніву, усі геологічні процеси описуються певними фізичними законами. Проте слід зауважити, що такі процеси відбуваються з низкою взаємопов'язаних змінних фізичних параметрів, головні з яких ми враховуємо, а натомість другорядними умовно нехтуємо. Тому геологічні процеси, що є наслідками сукупної дії певних фізичних процесів і явищ, не можна описати ідеальним числовим виразом. Таким чином, кінцевим розв'язком практичних задач умовно вважається формула, яка і відображає *основний домінуючий фізичний процес*, що спричинив виникнення певних геологічних явищ і процесів.

1. Яка максимально можлива висота гори H_{max} , що складена магматичними гірськими породами, густиною $\rho_{г.п.}$, з позиції плавлення порід (відомою є питома теплота плавлення, наприклад, базальту $\lambda_{пл}$).

Вихідні дані:

$\lambda_{пл}$ – питома теплота плавлення базальту;

$\rho_{г.п.}$ – густина базальту.

Знайти: $H_{max} - ?$

Розв'язок:

Збільшення висоти гори на Δx викличе збільшення її потенціальної енергії на величину, що дорівнює $M_г g \Delta x$ (рис. 4.1):

$$\Delta E_n = M_г g (H_{max} + \Delta x) - M_г g H_{max} = M_г g \Delta x$$

Ця енергія витратиться на розплавлення частини гори в її основі з такою ж потужністю Δx , що матиме масу Δm .

Тобто зміна потенціальної енергії буде дорівнювати теплоті, що піде на плавлення порід, масою Δm (маса надлишкової частини гори з потужністю Δx).

$$Q_{пл} = \Delta m \lambda_{пл} \quad (\Delta m - \text{маса порід, що плавляться}).$$

$$\text{Оскільки } \Delta E_n = Q_{пл}, \text{ то } M_г g \Delta x = \Delta m \lambda_{пл}.$$

Оскільки масу гори можна виразити через рівняння: $M_г = \rho_{г.п.} V_г = \rho_{г.п.} S H_{max}$, а масу надлишкової гори: $\Delta m = \rho_{г.п.} \Delta V = \rho_{г.п.} S \Delta x$, то отримаємо: $\rho S H_{max} \rho_{г.п.} \Delta x = \rho_{г.п.} S \Delta x \lambda_{пл}$.

Отже, максимальна висота гори з позиції плавлення порід визначатиметься за формулою:

$$H_{max} = \lambda_{пл} / g$$

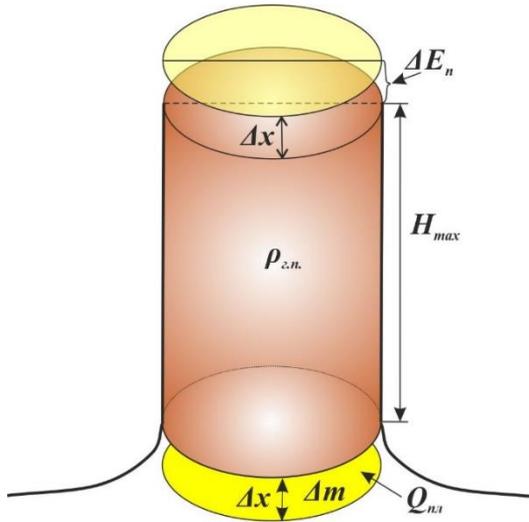


Рис. 4.1. Висота гори з позиції плавлення гірських порід

2.3 позиції міцності гірських порід визначте на Землі максимально можливу висоту гори H_{max} , що складена магматичними гірськими породами (наприклад, гранітами) за відомими густиною ρ , межею міцності σ_{max} та прискоренням вільного падіння на планеті g .

Вихідні дані:

- σ_{max} – межа міцності граніту, $200 \cdot 10^6$ Па;
- ρ – густина граніту, $2,64 \cdot 10^3$ кг/м³;
- g – прискорення вільного падіння на Землі, 9,8 м/с².

Знайти: H_{max} – ?

Розв’язок: будь-який підйом гори призводить до руйнування (розтікання або плавлення) цього шару під дією сили тиску гори, що відповідає межі текучості матеріалу, з якого складена гора, із затратою на це роботи тиску гірських порід – літостатичного тиску гори (рис. 4.2). Межа текучості гірських порід приблизно становить 90 % від межі міцності порід, тому за межу текучості можна брати такий параметр як межа міцності порід на стиснення. Чим нижче породи залягають на глибині, тим вони пластичніше поведуться: висока температура порід і тиск сприяють переходу з крихкого стану у пластичний.

$$p = \rho g H_{max}$$

Тому можемо припустити, що, ймовірно, висота гір на планеті зростає до межі, зумовленої міцністю, тобто межею міцності гірських порід на стиснення:

$$P = \sigma_{max} \text{ (межа міцності порід на стиснення).}$$

$$\text{Тоді } \sigma_{max} = \rho g H_{max}.$$

Отже, висота гори з позиції міцності порід дорівнюватиме (формула ідеалізована): $H_{max} = \sigma_{max} / \rho g$.

Якщо гора на Землі, наприклад, складена магматичною породою – гранітом, то:

$$H_{max} = 200 \cdot 10^6 / (2,64 \cdot 10^3 \cdot 9,8) = 7\,600 \text{ м (а висота г. Еверест – 8\,848 м).}$$

Наприклад, якщо гори розташовані на Марсі, на якому прискорення вільного падіння $3,7 \text{ м/с}^2$, а густина і межа міцності граніту такі ж, як і на Землі, то висота гір на планеті Марс буде дорівнювати:

$$H_{max} = 200 \cdot 10^6 / (2,64 \cdot 10^3 \cdot 3,7) = 20\,500 \text{ м.}$$

Відомо, що висота г. Олімп на планеті Марс становить близько 25 км. Загалом висота гір на Землі майже утричі менша за висоту гір на Марсі.

Отримане значення висоти гір на планетах трохи відрізняється від реальних, оскільки на глибині внаслідок підвищення температури і тиску породи швидше стають пластичнішими та руйнуються швидше: для прикладу, межа міцності граніту на стиснення змінюється від 100 до 300 МПа.

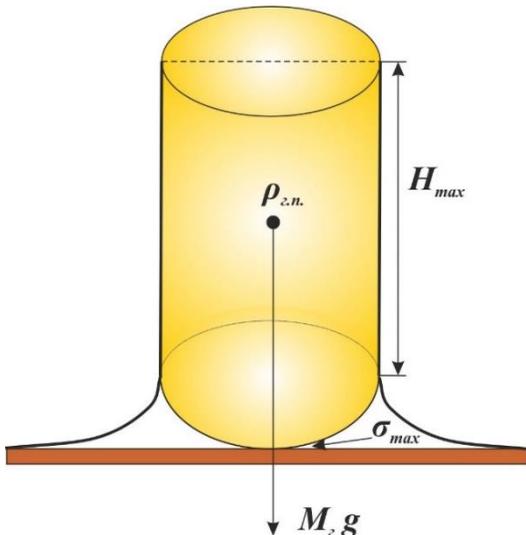


Рис. 4.2. Висота гори (за межею міцності гірських порід)

3. Що таке «сейсмічна тінь Землі»? Чому вона виникає?

Орієнтовна відповідь. Сейсмічна тінь Землі – це зона, у якій не реєструються сейсмічні хвилі. Виникнення ефекту «сейсмічної тіні» є результатом існування рідкого зовнішнього ядра Землі, через яке не проходять поперечні S-хвилі, зате проходять поздовжні P-хвилі (рис. 4.3). Але сейсмічну тінь утворюють як поперечні, так і поздовжні сейсмічні хвилі (див. рис. 4.3, б; 4.3, в). Для S-хвиль ця зона починається з кута 105° між променем із центру Землі до гіпоцентру землетрусу та кутом до точки на поверхні, що пов'язано із входженням їх у рідке середовище – рідке зовнішнє ядро, через яке вони не проходять. Для P-хвиль ця зона розміщена між кутами 105° і 140° та пов'язана зі значним заломленням хвиль на границі з ядром.

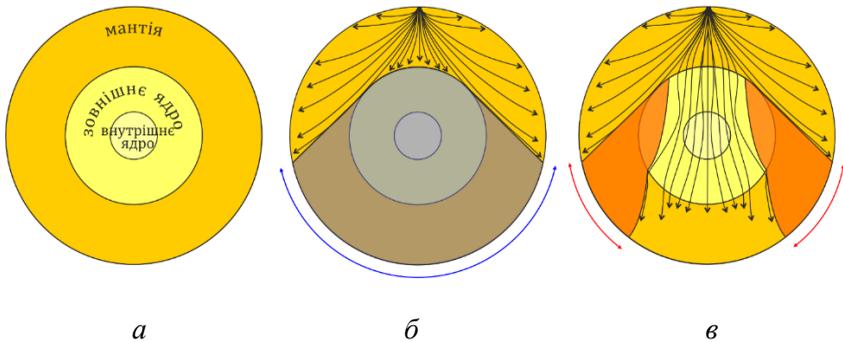


Рис. 4.3. «Сейсмічна тінь» Землі (а – розріз Землі; б – траєкторії S-хвиль і сейсмічна тінь; в – траєкторії P-хвиль і сейсмічна тінь)

4. Зобразіть схеми поширення об'ємних і поверхневих сейсмічних хвиль на прикладі земної кори від природного або штучного сейсмічного джерела.

Орієнтовна відповідь. Сейсмічні хвилі (рис. 4.4) з'являються від землетрусів або викликаються штучно внаслідок вибухів чи ударів. Об'ємні хвилі (P- і S-хвилі) випромінюються сферично від фокуса землетрусу та проходить через усю Землю у майже всіх напрямках. Поверхневі хвилі (хвилі Релея і Лява) поширюються уздовж земної поверхні або паралельно до неї та не проникають глибше 80–160 км. Коли об'ємні та поверхневі хвилі повертаються на поверхню, рух реєструється сейсмічними станціями.

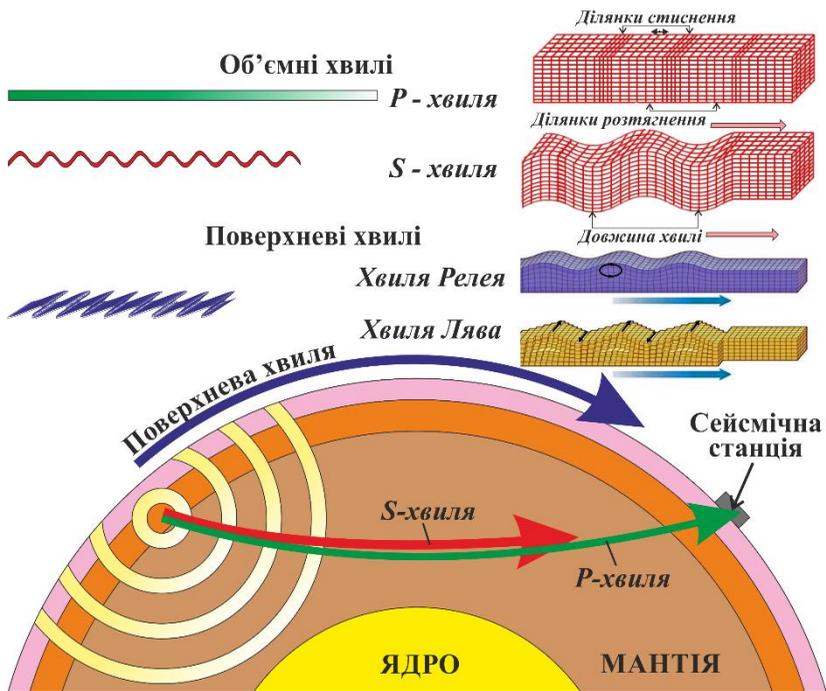


Рис. 4.4. Схема поширення об'ємних і поверхневих хвиль

5. Що таке сонячний вітер? Зобразіть схему його поширення.

Орієнтовна відповідь. Сонячний вітер – це потік радіоактивних заряджених часток, зокрема протонів (ядер атомів водню) і електронів, які випромінюються зі швидкістю від 300 до 1 800 км/с (рис. 4.5). Джерелом інтенсивного потоку частинок є дірки у зовнішній оболонці Сонця – короні. Із цих дірок у простір поширюються магнітні силові лінії. Тобто сонячний вітер – це витікання плазми сонячної корони в міжпланетний простір. При спалахах на Сонці сонячний вітер посилюється, прискорюється і може завдати помітної шкоди на Землі. Це наденергійне космічне випромінювання не проникає крізь земну атмосферу завдяки наявності магнітного поля Землі, яке відхиляє його на полюси. При цьому на полюсах сонячний вітер, взаємодіючи з атмосферою, викликає явища північного полярного сяйва. Залежно від швидкості вторгнення вітру ми можемо відчувати сильні та слабкі магнітні бурі, які виникають унаслідок взаємодії сонячного вітру з магнітним полем Землі.

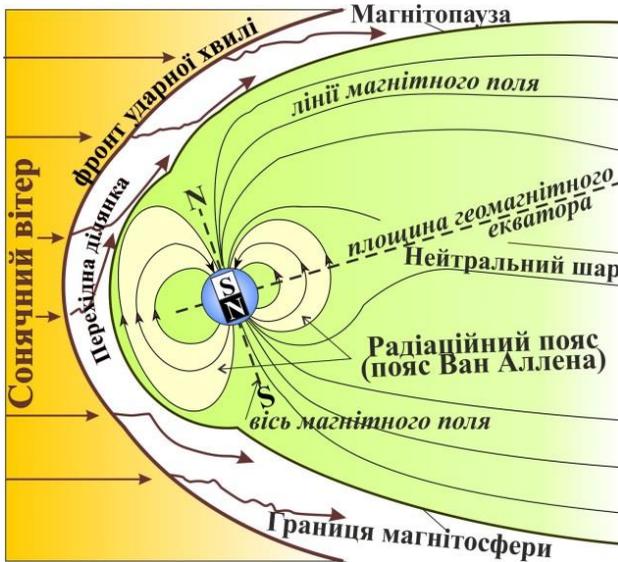


Рис. 4.5. Сонячний вітер і магнітне поле Землі

6. Закон Архімеда в геології.

Означення та виведення закону. На будь-яке тіло густиною ρ_m , занурене в середовище густиною ρ_c , діє виштовхувальна сила F_a , яка спрямована вертикально вгору і чисельно дорівнює вазі об'єму V_m речовини середовища ρ_c , витісненого цим тілом (рис. 4.6). Сила Архімеда виражається формулою $F_a = \rho_c g V_m$.

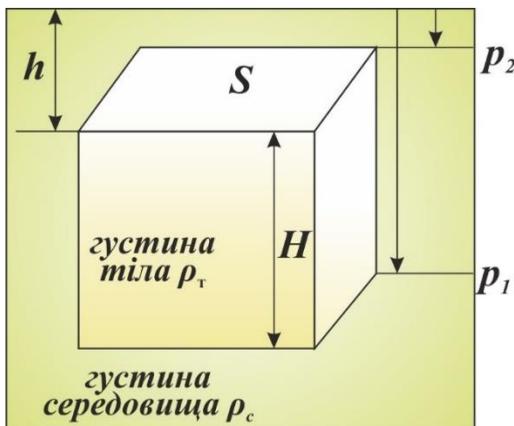


Рис. 4.6. Закон Архімеда для геологічного тіла

Виведення закону. На занурене у середовище геологічне тіло діятиме сила F_a , що чисельно дорівнюватиме добутку різниці двох гідростатичних тисків p_1 і p_2 на площу S цього тіла (див. рис. 4.6).

$$p_1 = \rho_c g(H+h)$$

$$p_2 = \rho_c gh$$

$$\Delta p = \rho_c gH$$

$$F_a = \Delta p S = \rho_c gHS = \rho_c gV_m$$

$$\text{Отже, } F_a = \rho_c gV_m$$

6.1. Що таке ізостазія? Ізостатичні моделі.

Орієнтовна відповідь. Ізостазія є важливим процесом, який вивчають у науках про Землю, і пов'язана, головню, з густиною гірських порід. Вона залежить від таких властивостей об'єкта як товщина, густина тіла (земної кори, гірських порід тощо) та густина середовища, у якому це тіло «плаває» (мантія; океанічна, морська або озерна вода). Концепція ізостазії в загальному пояснює, чому континентальна кора розташована набагато вище, ніж океанічна. Вона також пояснює, чому лише частину айсберга видно над водою. Нижче подано рівняння для розрахунку висоти («верхівки») зануреного тіла над «середовищем-рідиною», в якому він «плаває»:

$$T = H \left(1 - \frac{\rho_r}{\rho_c} \right),$$

де ρ_r – густина тіла (земної кори, айсберга); ρ_c – густина середовища; H – товщина цього тіла; T – висота тіла («верхівка») над рівнем моря (або води).

Поняття «ізостазія» найчастіше використовується як геологічний процес, що демонструє врівноваження мас гірських порід земної кори на поверхні астеносфери: земна кора з меншою густиною ($2,8 \text{ г/см}^3$) ніби «плаває» у більш густому шарі верхньої мантії ($3,3 \text{ г/см}^3$) та перебуває у стані гідростатичної рівноваги згідно із законом Архімеда.

Є кілька ізостатичних моделей, які пояснюють важливі геологічні процеси на Землі, пов'язані із зануренням. Лише дві із них – модель Ейрі та Пратта – є найбільш придатними і доповнюють одна одну та, згідно з сучасними уявленнями, найчастіше трапляються у природі (рис. 4.7).

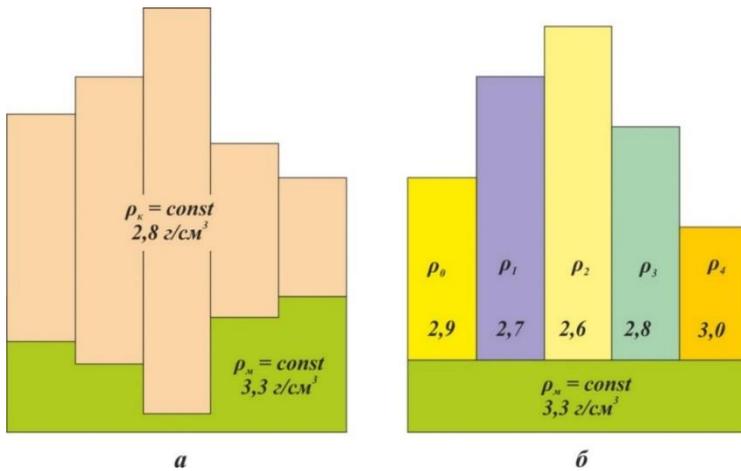


Рис. 4.7. Ізостатичні моделі: *a* – модель Ейрі; *б* – модель Пратта

Модель Дж. Ейрі (рис. 4.7, *a*). Основою цієї моделі є припущення про сталу густину земної кори. Чим вищі гори, тим на більшу глибину повинна зануритися подошва («корінь гори») кристалічного фундаменту земної кори у мантию. Глибина занурення у кілька разів має перевищувати висоту гірського хребта над рівнем моря. Модель Ейрі показує взаємозв'язок рельєфу земної поверхні та **маси** гірських порід, що містяться під нею, і є найбільш реальною для використання.

Модель Ф. Пратта (рис. 4.7, *б*). Подошва земної кори («корінь гори») у цій моделі є плоскою, а компенсація піднятих рельєфу здійснюється за рахунок різних густин блоків земної кори. Тому густина у блоках низовин, западин має бути більша, ніж у блоках, що формують гірські хребти. Модель Пратта демонструє залежність форм рельєфу земної кори від **густини** гірських порід.

6.2. Рівень занурення багат шарових структур у геологічному середовищі.

Визначення рівня T занурення багат шарових структур. Багат шарові структури складаються з кількох шарів, кожен із яких характеризується своєю висотою $\{h_i\}_{i=1}^N$ та властивою йому густиною $\{\rho_i\}_{i=1}^N$ (рис. 4.8).

Умова плавання багат шарових структур така: $P = F_a$

Вагу тіла можна виразити формулою:

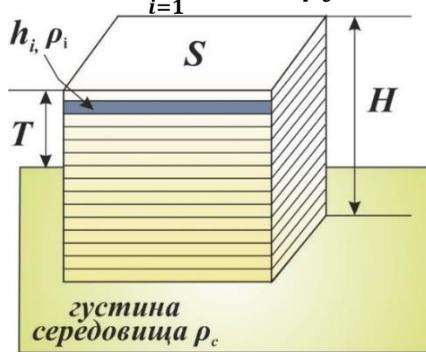
$$P = \sum_{i=1}^N m_i g = g \sum_{i=1}^N \rho_i h_i S$$

Сила Архімеда дорівнюватиме:

$$F_a = g \rho_c S \left(\sum_{i=1}^N h_i - T \right)$$

$$g \sum_{i=1}^N \rho_i h_i S = g \rho_c S \left(\sum_{i=1}^N h_i - T \right)$$

Отже, рівень занурення багат шарових структур у геологічному середовищі можна виразити формулою:

$$T = \sum_{i=1}^N h_i \left(1 - \frac{\rho_i}{\rho_c} \right)$$


густина середовища ρ_c

Рис. 4.8. Рівень занурення багат шарових структур

Усі геологічні структури згідно з наближенням ізоσταзії мають ізоповерхню занурення, яка означає змінне значення T -рівня занурення щодо цієї поверхні для кожної структури, що відображає рельєф. Відповідно така схема корелює з ізоσταстичною моделлю Ейрі.

5. ЗРАЗКИ ТЕСТІВ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Нижче подано приклади тестів для перевірки засвоєння навчального (лекційного, практичного) матеріалу та розуміння завдань для самостійної роботи.

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|---------------------------------------|
| <p>1. У яких одиницях вимірюється напруженість гравітаційного поля?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ом/с; 2. Ом/м; 3. м/с; 4. Гал; 5. Н/м; | <p>4 (для прикладу)</p> |
| <p>2. Як називається поправка на варіацію гравітаційного поля?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Баха; 2. Буша; 3. Буге; 4. Бетховена; 5. Баля. | <p>3 (для прикладу)</p> |
| <p>3. Що таке тиск у конкретній точці земної кори?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Тиск стовпчика рідини в шахті; 2. Тиск, створений усією товщею порід кори Землі; 3. Тиск, створений усією товщею порід мантії і кори Землі; 4. Тиск газів у товщі порід; 5. Тиск атмосфери. | |
| <p>4. Вкажіть методи, за допомогою яких можна знайти радіус Землі:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нернста–Етінхаузена; 2. Ератосфена; 3. Барона; 4. Бірона; 5. Біруні. | <p>2, 5 (для прикладу)</p> |
| <p>5. Що примушує циклони рухатися по круговій траєкторії?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила Лоренца; 2. Сила тертя повітря; 3. Сила Коріоліса; 4. Відцентрова сила; 5. Сила тиску в атмосфері. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|----------------------------------|
| <p>6. Яка причина різного підмивання берегів річок, що течуть у меридіальному напрямі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила Лоренца; 2. Сила тертя повітря; 3. Сила Коріоліса; 4. Відцентрова сила; 5. Сила тиску в атмосфері. | |
| <p>7. Завдяки якій силі хмари не падають на Землю?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила Лоренца; 2. Сила тертя повітря; 3. Сила Архімеда; 4. Відцентрова сила; 5. Сила тиску в атмосфері. | |
| <p>8. Складові сили земного тяжіння:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила Лоренца + сила Архімеда; 2. Сила тертя повітря + сила Архімеда; 3. Сила Архімеда + сила тиску в атмосфері; 4. Гравітаційне притягання – відцентрова сила; 5. Сила тертя повітря + відцентрова сила. | |
| <p>9. Що є причиною припливів і відпливів у гідросфері Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Гравітаційне поле Місяця і Сонця; 2. Гравітаційне поле Місяця; 3. Гравітаційне поле Сонця; 4. Гравітаційне притягання материків; 5. Сила тертя повітря + відцентрова сила. | |
| <p>10. Як з карти України знайти масу Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $M_{\oplus} = g \left(\frac{180L\varphi}{4\pi} \right);$ 2. $M_{\oplus} = \frac{g}{\gamma} \left(\frac{180L\varphi}{\pi} \right)^2;$ 3. $M_{\oplus} = \frac{g \left(\frac{180L\varphi}{4\pi} \right)^2}{\gamma}.$ | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|----------------------------------|
| <p>11. Уявіть собі, що ми маємо соляний діяпір у вигляді циліндра, висота діяпіру H, густина ρ_c. Яка його частина буде наверху:</p> <ol style="list-style-type: none"> $h = \frac{H\rho_{\text{діан}}}{\rho_c}$; $h = \frac{H\rho_c - \rho_{\text{діан}}g}{\rho_c}$; $h = H\left(1 - \frac{\rho_{\text{діан}}}{\rho_c}\right)$. | |
| <p>12. Оцініть, на яких глибинах речовина кори починає бути пластичною:</p> <ol style="list-style-type: none"> $h = \frac{H\rho_{\text{діан}}}{\rho_c}$; $H_{\text{II}} = \frac{\sigma_T}{\rho g} \frac{H\rho_c - \rho_{\text{діан}}g}{\rho_c}$; $H_{\text{II}} = \frac{\sigma_T}{\rho g}$. | |
| <p>13. Знайдіть корінь підводної гори:</p> <ol style="list-style-type: none"> $\Delta h = \frac{h_g(\rho_{\text{ок}} - \rho_g)}{\rho_m - \rho_{\text{ок}}}$; $\Delta h = \frac{h(\rho_{\text{ок}} - \rho_g)}{\rho_m - \rho_{\text{ок}}}$; $\Delta h = \frac{(h_g - h)(\rho_{\text{ок}} - \rho_g)}{\rho_m - \rho_{\text{ок}}}$. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|--|
| <p>14. Як градієнти тисків і температури всередині Землі впливають на зміну густини речовини Землі?</p> <p>1. $p(r) = \gamma \frac{4\pi}{3} \left(\frac{3M_{\text{землі}}}{4\pi R_{\text{землі}}^3} \right)^2 \int_r^{R_0} r dr$;</p> <p>2. $p(r) = \frac{2\pi}{3} \rho^2 (R_{\oplus}^2 - r^2)$;</p> <p>3. $p(r) = \rho g R$;</p> <p>4. $\delta\rho(r) = \frac{\partial\rho}{\partial h} \left[\frac{\delta T}{\partial T} + \frac{\delta P}{\partial P} \right]$</p> | <p style="text-align: center;">4 (для прикладу)</p> |
| <p>15. Яке космічне тіло створює найбільші припливні взаємодії в оболонках Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Гравітаційне поле Юпітера; 2. Гравітаційне поле Місяця; 3. Гравітаційне поле Сонця; 4. Гравітаційне притягання материків; 5. Льодові шапки планети. | |
| <p>16. Що є причиною теплової конвекції в атмосфері Землі:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила тертя повітря + сила Архімеда; 2. Сила Архімеда + сила тиску в атмосфері; 3. Сонячна радіація + сила Архімеда; 4. Гравітаційне притягання Сонця; 5. Сила тертя повітря + відцентрова сила. | |
| <p>17. Що таке землетруси в Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила тертя повітря + сила Архімеда; 2. Сила Архімеда + сила тиску в атмосфері; 3. Процеси енергетичного розвантаження геологічних структур; 4. Гравітаційне притягання Сонця; 5. Сила тертя повітря + відцентрова сила. | |
| <p>18. Умова плавання однорідної структури:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила тертя повітря = сила Архімеда; 2. Сила Архімеда = сила тиску в атмосфері; 3. Сила Архімеда = вага структури; 4. Гравітаційне притягання Сонця; 5. Сила тертя повітря = відцентрова сила. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|---|
| <p>19. Умова плавання багатшарової структури:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила тертя повітря = сила Архімеда; 2. Сила Архімеда = сила тиску в атмосфері; 3. Гравітаційне притягання Сонця = вага тіла; 4. Сила Архімеда = вага тіла; 5. Сила тертя повітря = відцентрова сила. | |
| <p>20. У якій воді айсберг небезпечніший (той, що менше виступає над поверхнею)?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Прісній; 2. Солоній; 3. Теплій; 4. Холодній; 5. Морській. | |
| <p>21. Чим визначається максимальна висота гори на планеті?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Силою тертя основи гори; 2. Силою Архімеда; 3. Міцністю порід основи гори; 4. Напруженістю гравітаційного поля планети; 5. Міцністю порід основи гори та напруженістю гравітаційного поля планети. | |
| <p>22. Напруженість гравітаційного поля на поверхні однієї з планет у вибраній кількості сусідів визначається:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Векторною сумою напруженостей гравітаційного поля по вибраній кількості сусідів і планети; 2. Напруженістю гравітаційного поля планети; 3. Сумою напруженостей гравітаційного поля по вибраній кількості сусідів і планети; 4. Напруженістю гравітаційного поля планети; 5. Породами планети. | <p>5 (для прикладу)</p> |
| <p>23. Потенціал гравітаційного поля на поверхні однієї з планет у вибраній кількості сусідів визначається:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вектором по вибраній кількості сусідів і планети; 2. Напруженістю гравітаційного поля планети; 3. Сумою потенціалів гравітаційного поля сусідів і планети; 4. Напруженістю гравітаційного поля планети; 5. Породами планети. | <p>3 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|----------------------------------|
| <p>24. Потенціал гравітаційного поля визначається:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Роботою на переміщення маси у гравітаційному полі; 2. Роботою на переміщення одиничної маси у гравітаційному полі; 3. Енергією на переміщення маси у гравітаційному полі; 4. Енергією на переміщення одиничної маси у гравітаційному полі; 5. Масами порід планети. | <p>2, 4 (для прикладу)</p> |
| <p>25. Напруженість гравітаційного поля визначається:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Силою, з якою поле діє на всі маси; 2. Потенціалом гравітаційного поля планети; 3. Силою, з якою поле діє на всю одиничну масу; 4. Напруженістю гравітаційного поля континентів; 5. Силою, з якою поле діє на всі породи планети. | <p>3 (для прикладу)</p> |
| <p>26. Визначити максимальну висоту гори, яка б складалася із граніту на Землі:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $H = \frac{\sigma}{\rho \times g}$; 2. $H = \sigma \rho \times g$; 3. $H = \frac{\sigma \lambda}{g}$; 4. $H = \frac{\lambda}{g}$; 5. $H = \frac{\lambda}{\rho}$. | <p>1, 4 (для прикладу)</p> |
| <p>27. Яку роботу потрібно виконати, щоби підняти тіло з водоїми глибиною H?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $A = \rho_c g \frac{4}{3} \pi R^3 H - m \times g \times h$; 2. $A = hSHg(\rho_{\text{тіла}} - \rho_{\text{води}})$; 3. mgH ; 4. $A = hg(\rho_{\text{тіла}} - \rho_{\text{води}})h$; 5. $A = -mgH$. | <p>2 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|---|
| <p>28. Яку роботу треба виконати, щоб занурити на дно водойми глибиною H тіло кулястої форми?</p> <p>1. $A = \rho_c g \frac{4}{3} \pi R^3 H - m \times g \times h$;</p> <p>2. $A = -mgH$;</p> <p>3. mgH ;</p> <p>4. $A = hg(\rho_{\text{тіла}} - \rho_{\text{води}})h$;</p> <p>5. $A = hSHg(\rho_{\text{тіла}} - \rho_{\text{води}})h$.</p> | <p style="text-align: center;">5 (для прикладу)</p> |
| <p>29. Яке зусилля треба прикласти, щоби втримати на глибині водойми H тіло кулястої форми?</p> <p>1. $F = \rho_c g \frac{4}{3} \pi R^3 H$; 2. $F = (\rho_6 - \rho_T)gV_T$;</p> <p>3. $F = mgH$; 4. $F = hg(\rho_{\text{тіла}})$; 5. $F = -mgH$.</p> | <p style="text-align: center;">2 (для прикладу)</p> |
| <p>30. Які із вказаних фізичних величин знаходять шляхом скалярного добутку:</p> <p>1. Сила Кориоліса; 2. Сила; 3. Робота.</p> | |
| <p>31. Які із вказаних фізичних величин знаходять шляхом векторного добутку?</p> <p>1. Сила Кориоліса; 2. Градієнт тиску;</p> <p>3. Робота; 4. Сила Лоренца.</p> | |
| <p>32. Знайдіть рівень занурення багатошарової структури:</p> <p>1. $T = \sum_{i=1}^N h_i \times (1 - \frac{\rho_i}{\rho_c})$; 2. $T = h_i (1 - \frac{\rho_i}{\rho_c})$;</p> <p>3. $T = (1 - \frac{\rho_i}{\rho_c})$; 4. $T = h_i \frac{\rho_i}{\rho_c}$; 5. $T = \sum_{i=1}^N \frac{\rho_i}{\rho_c}$.</p> | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|---|---|
| <p>33. Обчислити тиск усередині Землі на глибині $r = (R_{\oplus} - h)$ за припущенням однорідності:</p> <p>1. $p(r) = G \frac{4\pi}{3} \left(\frac{3M_{\text{землі}}}{4\pi R_{\text{землі}}^3} \right)^2 \int_r^{R_{\oplus}} r dr$;</p> <p>2. $p(r) = \frac{2\pi}{3} \rho^2 (R_{\oplus}^2 - r^2)$;</p> <p>3. $p(r) = \rho g R$; 4. $p(r) = \rho g R$;</p> <p>5. $p(r) = G \frac{4\pi}{3} \left(\frac{3M_{\text{землі}}}{4\pi R_{\text{землі}}^3} \right)$.</p> | <p style="text-align: center;">2 (для прикладу)</p> |
| <p>34. Знайти товщину океанічної кори за даними континентальної кори:</p> <p>1. $H_{\text{ок}} = H_{\text{к}} - h_{\text{ок}} \frac{\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{ок}}}{\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{к}}}$;</p> <p>2. $H_{\text{ок}} = H_{\text{к}} - \frac{h_{\text{р.м}} \cdot \rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{к}}} - h_{\text{ок}} \frac{\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{ок}}}{\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{к}}}$;</p> <p>3. $H_{\text{ок}} = H_{\text{к}} - \frac{h_{\text{р.м}} \cdot \rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{к}}}$.</p> | <p style="text-align: center;">2 (для прикладу)</p> |
| <p>35. Розрахувати, який максимальний тиск повинна витримати опора, щоб забезпечити схил (кут нахилу α) від осуви для гори із півосною a:</p> <p>1. $P = \frac{ag}{(\sin \alpha - k \cos \alpha)}$;</p> <p>2. $P = \frac{g}{(\sin \alpha - k \cos \alpha)}$;</p> <p>3. $P = ag (tg \alpha - k)$.</p> | <p style="text-align: center;">3 (для прикладу)</p> |
| <p>36. На яку максимальну відстань ми бачимо з Говерли?</p> <p>1. $L = \sqrt{2R_{\oplus}h}$; 2. $L = 2R_{\oplus}h$; 3. $L = (2R_{\oplus}h)^3$.</p> | |
| <p>37. Визначити масу атмосфери Землі:</p> <p>1. $m_{\text{А}}^{\oplus} = \frac{4\pi R_{\oplus}^2 P_0}{g}$; 2. $m_{\text{А}}^{\oplus} = \frac{4\pi R_{\oplus}^4 P_0}{GM_{\oplus}}$;</p> <p>3. $m_{\text{А}}^{\oplus} = \frac{4\pi}{G} \cdot P_0 \cdot \frac{R_{\oplus}^4}{(M_{\oplus} + m_{\text{А}}^{\oplus})}$.</p> | <p style="text-align: center;">1, 2 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|---|------------------------------------|
| <p>38. Яку силу треба прикласти, щоби підняти тіло, яке лежить на дні?</p> <ol style="list-style-type: none"> $g(\rho_T Sh + \rho_b S(H - h)) \leq F$; $g(\rho_T Sh + \rho_b S(H - h)) \geq F$; $F = g(\text{tg}\alpha - k)$. | <p>1 (для прикладу)</p> |
| <p>39. Знайти масу Сонця з даних про Землю:</p> <ol style="list-style-type: none"> $M_\odot = \frac{(R_\oplus^\oplus)^3}{(T_\oplus^\oplus)^2} \cdot \frac{(2\pi)^2}{G}$; $M_\odot = \frac{M_\oplus R_\oplus^\oplus}{G} = \frac{(2\pi)^2 \cdot (R_\oplus^\oplus)^2 \cdot R_\oplus^\oplus}{(T_\oplus^\oplus)^2 \cdot G}$; $M_\odot = \frac{(R_\oplus^\oplus)^3}{(T_\oplus^\oplus)^2} \cdot \frac{(2\pi)^2}{G} - M_\oplus$. | <p>3 (для прикладу)</p> |
| <p>40. Знайти масу Землі з даних про Місяць:</p> <ol style="list-style-type: none"> $M_\oplus = \frac{(2\pi)^2 \cdot M_M}{(T_M^\oplus)^2 \cdot G}$; $M_\oplus = \frac{(R_M^\oplus)^3}{(T_M^\oplus)^2} \cdot M_M$; $M_\oplus = \frac{(R_M^\oplus)^3}{(T_M^\oplus)^2} \cdot \frac{(2\pi)^2}{G} - M_M$. | <p>1 (для прикладу)</p> |
| <p>41. Знайти потоншення кори під підводною западиною завглибшки $H_{\text{мар}}$:</p> <ol style="list-style-type: none"> $\Delta H = (1 - \frac{\rho_g}{\rho_M}) \cdot H_{\text{мар}}$; $\Delta H = (1 - \frac{\rho_k}{\rho_M}) \cdot (H_k - H_{\text{ок}}) - (1 - \frac{\rho_g}{\rho_M}) \cdot H_{\text{мар}}$; $\Delta H = (1 - \frac{\rho_k}{\rho_M}) \cdot (H_k - H_{\text{ок}})$. | <p>2 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|----------------------------------|
| <p>42. Знайти потовщення кори під горою висоти H_r:</p> <p>1. $\Delta h = \frac{H_r \rho_M}{\rho_M - \rho_K}$; 2. $\Delta h = H_r$;</p> <p>3. $\Delta H = (1 - \frac{\rho_k}{\rho_m}) \cdot (H_k - H_{ок})$.</p> | |
| <p>43. Знайти момент інерції Землі:</p> <p>1. $I_{\oplus} = \frac{5}{7} M_{\oplus} \cdot R_{\oplus r}^2$;</p> <p>2. $I_{\oplus} = \frac{2}{5} M_{\oplus} \cdot R_{\oplus r}^2$;</p> <p>3. $I_{\oplus} = \frac{1}{5} M_{\oplus} \cdot R_{\oplus r}^2$.</p> | <p>2 (для прикладу)</p> |
| <p>44. Який мінімальний кусок льоду може зруйнувати гірська порода?</p> <p>1. $V_{\text{льоду}} = V_{\text{пор}} + \frac{\lambda_{\text{льоду}} \cdot \rho \cdot V_{\text{пор}}}{\sigma_{\text{міцності}}} = (1 + \frac{\lambda_{\text{л}} \rho}{\sigma_m}) \cdot V_{\text{пор}}$;</p> <p>2. $V_{\text{льоду}} = \frac{\lambda_{\text{льоду}} \cdot \rho \cdot V_{\text{пор}}}{\sigma_{\text{міцності}}}$;</p> <p>3. $V_{\text{льоду}} = (1 + \frac{\lambda_{\text{л}} \rho}{\sigma_m}) \cdot V_{\text{пор}}$.</p> | <p>2 (для прикладу)</p> |
| <p>45. Наскільки має змінитися різниця температур, щоб весь лід на Землі розтанув?</p> <p>1. $\Delta T = \lambda \cdot \frac{M_{\text{л}}}{M_{\oplus}}$;</p> <p>2. $\Delta T = \frac{\lambda}{C_v} \cdot M_{\text{л}}$;</p> <p>3. $\Delta T = \frac{\lambda}{C_v} \cdot \frac{M_{\text{л}}}{M_{\oplus}}$.</p> | <p>3 (для прикладу)</p> |
| <p>46. Мінімальна енергія для руйнування гірських порід льодом:</p> <p>1. $dE = \sigma_{\text{міцностіграніту}} (V_{\text{льоду}} - V_{\text{пор}})$;</p> <p>2. $dE = -\lambda_{\text{льоду}} \cdot \rho \cdot V + \sigma_{\text{міцностіграніту}} (V_{\text{льоду}} - V_{\text{пор}})$;</p> <p>3. $dE = -\lambda_{\text{льоду}} \cdot \rho \cdot V$.</p> | <p>2 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|---|------------------------------------|
| <p>47. Знайти температуру атмосфери Землі в докембрії:</p> <p>1. $T_{\oplus}^A = \frac{gh\mu_{CO_2}}{R}$; 2. $T_{\oplus}^A = gRh$; 3. $T_{\oplus}^A = gh\mu_{CO_2}$.</p> | <p>1 (для прикладу)</p> |
| <p>48. Вимушена нутація земної осі виникає:</p> <p>1. Через нахил осі обертання Землі; 2. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо Сонця; 3. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо осі; 4. Через момент інерції Землі й обертання Землі навколо Сонця; 5. Через прецесію земної осі.</p> | |
| <p>49. Причини циклів Міланковича:</p> <p>1. Через нахил осі обертання Землі; 2. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо Сонця; 3. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо осі; 4. Через момент інерції Землі й обертання Землі навколо Сонця; 5. Через обертання Землі навколо Сонця.</p> | |
| <p>50. Знайти корінь гори, що має висоту H_r:</p> <p>1. $\Delta H = (1 - \frac{\rho_k}{\rho_m}) \cdot (H_k - H_{ок})$; 2. $\Delta h = H_r$; 3. $\Delta h = \frac{H_r \rho_M}{\rho_M - \rho_K}$.</p> | |
| <p>51. Що є співвідношенням Майєра для твердих тіл?</p> <p>1. $C_p = C_v + VT \alpha^2 K_T$; 2. $K_s = K_t + \frac{VT}{C_v} (\alpha K_t)$; 3. $\frac{C_p}{C_v} = \frac{K_s}{K_T}$</p> | <p>3 (для прикладу)</p> |
| <p>52. Напруженість гравітаційного поля Землі в середовищі поза Землею:</p> <p>1. $g(r) = \gamma \frac{M_{\oplus}}{r^2}$; 2. $g(r) = \gamma \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2}$; 3. $g(r) = \gamma \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} \cdot \frac{r}{R_{\oplus}}$.</p> | <p>1 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|--|
| <p>53. Напруженість гравітаційного поля Землі на її поверхні:</p> <p>1. $g(r) = \gamma \frac{M_{\oplus}}{r^2}$; 2. $g(r) = \gamma \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2}$;</p> <p>3. $g(r) = \gamma \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} \cdot \frac{r}{R_{\oplus}}$.</p> | <p>2 (для прикладу)</p> |
| <p>54. Напруженість гравітаційного поля Землі в середовищі Землі $r \leq R_{\oplus}$:</p> <p>1. $g(r) = G \frac{m(r)}{r^2}$; 2. $g(r) = g_0 \frac{r}{R_{\oplus}}$;</p> <p>3. $g(r) = G \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} \cdot \frac{r}{R_{\oplus}}$.</p> | <p>1, 2, 3 (для прикладу)</p> |
| <p>55. Скільки часу треба, щоб лід масою M_1 розтанув, якщо Сонце постійно зріє?</p> <p>1. $t = \lambda M_1$; 2. $t = \frac{\lambda M_1}{j_{\oplus} S_{\oplus} (1 \text{ рік})}$; 3. $t = \frac{\lambda M_1}{j_{\oplus}}$.</p> | |
| <p>56. Знайти момент інерції для оболонок Землі:</p> <p>1. $I = \frac{8}{15} \pi \rho_{\text{об}} (R_2^5 - R_1^5)$;</p> <p>2. $I = \int_{R_1}^{R_2} \frac{8}{3} \pi \rho(r) r^4 dr$;</p> <p>3. $I = \frac{2}{5} m (R_2^5 - R_1^5)$.</p> | <p>1, 2 (для прикладу)</p> |
| <p>57. Знайти кінетичну енергію для оболонок Землі:</p> <p>1. $E_K = \frac{4}{15} \pi \rho (R_2^5) \cdot$;</p> <p>2. $E_K = \frac{4}{15} \pi \rho (R_2^5 - R_1^5) \cdot \frac{4\pi^2}{T^2}$;</p> <p>3. $E_K = \frac{16}{15} \cdot \frac{\pi^3}{T^2} \rho (R_2^5 - R_1^5)$.</p> | <p>2, 3 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|--|
| <p>58. Потенціал гравітаційного поля Землі в середовищі поза Землю:</p> <p>1. $\varphi(r) = -\gamma \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2}$;</p> <p>2. $\varphi(r) = -\gamma \frac{M_{\oplus}}{r}$;</p> <p>3. $\varphi(r) = -\gamma \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} \cdot \frac{r}{R_{\oplus}}$.</p> | <p>2 (для прикладу)</p> |
| <p>59. Потенціал гравітаційного поля Землі на її поверхні:</p> <p>1. $\varphi(r) = -\gamma \frac{M_{\oplus}}{r}$;</p> <p>2. $\varphi(r) = -\gamma \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} \cdot \frac{r}{R_{\oplus}}$;</p> <p>3. $\varphi(r) = -\gamma \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2}$.</p> | <p>3 (для прикладу)</p> |
| <p>60. Інтегральний зв'язок між потенціалом гравітаційного поля і напруженістю:</p> <p>1. $\varphi(r) = -\int_r^{\infty} g(r) dr$;</p> <p>2. $\varphi(r) = -\int_0^{\infty} g(r) dr$;</p> <p>3. $\varphi(r) = \int_0^{\infty} g(r) dr$.</p> | <p>1 (для прикладу)</p> |
| <p>61. Диференціальний зв'язок між потенціалом гравітаційного поля і напруженістю:</p> <p>1. $\vec{g}(r) = -\Delta[\varphi(r)]$; 2. $g(r) = -grad[\varphi(r)]$;</p> <p>3. $\vec{g}(r) = -\vec{\nabla}\varphi(r)$.</p> | <p>1 (для прикладу)</p> |
| <p>62. Які співвідношення для потенціалу гравітаційного поля є основними для гравірозвідки?</p> <p>1. $div\vec{g}(r) = -4\pi\rho$; 2. $\Delta\varphi(r) = -4\pi\rho$;</p> <p>3. $\nabla^2\varphi(r) = -4\pi\rho$.</p> | <p>1, 2, 3 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|---|--|
| <p>63. Зміни періоду обертання Землі залежать від:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зміни режимів зледенінь Землі; 2. Зміни режимів глобальних потеплінь Землі; 3. Не залежать ні від чого; 4. Припливів і відпливів океану; 5. Зміни режиму магнітного поля Землі. | <p>1, 2, 4 (для прикладу)</p> |
| <p>64. Як зміни моменту інерції Землі ΔI пов'язані зі зміною ΔT у періоді обертання Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\Delta T = \frac{\Delta I}{I} T$; 2. Не пов'язані жодним чином; 3. Не сильно. | <p>1 (для прикладу)</p> |
| <p>65. Як зі зміною режимів рівня Світового океану на ΔR пов'язані зміни ΔT у періоді обертання Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\Delta T = \frac{\pi \rho R_{\oplus}^2}{M_{\oplus}} T_{\oplus} \Delta R$; 2. $\Delta T = \frac{8}{3} \frac{\pi \rho R_{\oplus}^4}{I_{\oplus}} T_{\oplus} \Delta R$; 3. $\Delta T = \frac{20}{3} \frac{\pi \rho R_{\oplus}^2}{M_{\oplus}} T_{\oplus} \Delta R$; | <p>2, 3 (для прикладу)</p> |
| <p>66. Вільна нутація земної осі виникає:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Через нахил осі обертання Землі внаслідок внутрішніх процесів; 2. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо Сонця; 3. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо осі; 4. Через момент інерції Землі й обертання Землі навколо Сонця; 5. Через прецесію земної осі. | |
| <p>67. Прецесія земної осі виникає:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Через нахил осі обертання Землі; 2. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо Сонця; 3. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо осі; 4. Через момент інерції Землі й обертання Землі навколо Сонця; 5. Через обертання Землі навколо Сонця. | <p>2 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|----------------------------------|
| <p>68. Чому гори на Марсі вищі, ніж гори на Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Через нахил осі обертання Землі; 2. Вага тіл на Марсі менша, ніж на Землі, приблизно в 2,5 рази; 3. Через нахил осі обертання Землі й обертання Землі навколо осі; 4. Вага тіл на Марсі більша, ніж на Землі, приблизно в 2,5 рази; 5. Через обертання Землі навколо Сонця. | |
| <p>69. За яким законом заряди взаємодіють між собою:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Лоренца; 2. Ньютона; 3. Віо–Савара–Лапласа; 4. Кулона; 5. Архімеда. | |
| <p>70. Де електрони є вільними носіями провідності?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. У провідниках; 2. У напівпровідниках; 3. У напівпровідниках і провідниках; 3. У діелектриках; 5. У електролітах. | |
| <p>71. Що таке блискавка?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Світло; 2. Звук; 3. Електричний пробій повітря; 4. Грім; 5. Страх. | |
| <p>72. Де виникають телуричні струми Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. У земній корі; 2. У повітрі; 3. У металі; 4. У мантиї Землі; 5. У хімічних елементах. | |
| <p>73. Співвідношення між напруженістю і потенціалом поля:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Градієнт потенціалу = – напруженість; 2. Градієнт потенціалу – це потенціал поля; 3. Градієнт потенціалу = напруженість; 4. Градієнт потенціалу = напруженість × маса; 5. Потенціал – це інтеграл від напруженості поля. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|----------------------------------|
| <p>74. Фізичний зміст дивергенції та її знака:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наявність джерела поля в середовищі; 2. Наявність джерела поля поза середовищем; 3. Наявність джерела поля в середовищі у мантиї Землі; 4. Наявність джерела поля у вакуумі; 5. Наявність джерела поля в хімічних елементах. | |
| <p>75. Фізичний зміст знака «+» дивергенції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наявність джерела поля в середовищі; 2. Наявність джерела поля поза середовищем; 3. Наявність джерела поля в середовищі у мантиї Землі; 4. Наявність джерела поля у вакуумі; 5. Наявність джерела поля у хімічних елементах. | |
| <p>76. Фізичний зміст знака «-» дивергенції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наявність джерела поля в середовищі; 2. Наявність джерела поля поза середовищем; 3. Наявність джерела поля в середовищі в мантиї Землі; 4. Наявність джерела поля у вакуумі; 5. Наявність джерела поля в хімічних елементах. | |
| <p>77. Найменший електричний заряд частинки – це заряд:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Протона; 2. Електрона; 3. Нейтрона; 4. Ядра водню; 5. Ядра гелію. | |
| <p>78. Стабільні хімічні елементи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кількість протонів дорівнює кількості електронів; 2. Кількість нуклонів дорівнює кількості електронів; 3. Кількість протонів дорівнює кількості нейтронів; 4. Кількість протонів дорівнює кількості нейтронів і електронів; 5. Кількість електронів дорівнює кількості нейтронів. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|---|----------------------------------|
| <p>79. Ізотопи хімічних елементів:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кількість протонів не дорівнює кількості електронів; 2. Кількість нуклонів дорівнює кількості електронів; 3. Кількість протонів не дорівнює кількості нейтронів; 4. Кількість протонів дорівнює кількості нейтронів та електронів; 5. Кількість електронів дорівнює кількості нейтронів. | |
| <p>80. П'єзоелектрики – це:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Речовини, які намагнічуються під дією температури; 2. Речовини, які нагріваються під дією температури; 3. Речовини, які електризуються під дією температури; 4. Речовини, які електризуються під дією тиску; 5. Речовини, які електризуються під дією магнітного поля. | |
| <p>81. Який електричний заряд Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 0,08 Кл; 2. 2,08 Кл; 3. 588 000 Кл; 4. 5,08 Кл; 5. 6,08 Кл. | |
| <p>82. Який електричний заряд Сонця?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2,08 Кл; 2. 0,08 Кл; 3. 588 000 Кл; 4. 5,08 Кл; 5. 6,08 Кл. | |
| <p>83. Яка напруженість електричного поля біля поверхні Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 230 В/м; 2. 130 В/м; 3. 630 В/м; 4. 930 В/м; 5. 30 В/м. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|---|----------------------------------|
| <p>84. Що таке струм?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Потік; 2. Спрямований рух заряджених частинок у просторі; 3. Річка; 4. Струмінь частинок; 5. Витік газів. | |
| <p>85. Що означає σ у формулі $j = \sigma E$?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Опір; 2. Електропровідність; 3. Теплопровідність; 4. Потік частинок; 5. Витік газів. | |
| <p>86. У рівняннях Максвелла що означає E у формулі $\text{rot } \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Напруженість електричного поля; 2. Провідність; 3. Теплопровідність; 4. Індукція магнітного поля; 5. Витік газів. | |
| <p>87. У рівняннях Максвелла що означає j у формулі $\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{d\vec{D}}{dt}$?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Опір; 2. Провідність; 3. Теплопровідність; 4. Потік частинок; 5. Густина електричного струму. | |
| <p>88. У рівняннях Максвелла що означає $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\rho q}{\epsilon_0}$?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наявність джерела поля в середовищі; 2. Провідність; 3. Теплопровідність; 4. Потік частинок; 5. Густина електричного струму. | |
| <p>89. Що є причиною появи полярних сьвів?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сила Лоренца; 2. Сила тертя повітря; 3. Сила Коріоліса; 4. Відцентрова сила; 5. Сила тиску в атмосфері. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|---|---------------------------------------|
| <p>90. Де розміщений південний магнітний полюс Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Карпати; 2. Канада; 3. США; 4. Антарктида; 5. Австралія. | <p>2 (для прикладу)</p> |
| <p>91. Де розміщений північний магнітний полюс Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Карпати; 2. Канада; 3. США; 4. Антарктида; 5. Австралія. | <p>4 (для прикладу)</p> |
| <p>92. Де розміщена аномалія магнітного поля Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Карпати; 2. Канада; 3. Курськ; 4. Антарктида; 5. Австралія. | <p>3 (для прикладу)</p> |
| <p>93. Де розміщена найбільша аномалія магнітного поля Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Північна Атлантика; 2. Канада; 3. Антарктида; 4. Південна Атлантика; 5. Австралія. | <p>4 (для прикладу)</p> |
| <p>94. Де найбільш яскраво проявляються дані про палеомагнетизм Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Північна Атлантика; 2. Серединно-Атлантичний хребет; 3. Антарктида; 4. Південна Атлантика; 5. Австралія. | <p>2 (для прикладу)</p> |
| <p>95. Де є максимальне значення напруженості магнітного поля Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Північна Атлантика; 2. Серединно-Атлантичний хребет; 3. Антарктида; 4. Канада; 5. Австралія. | <p>3, 4 (для прикладу)</p> |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|----------------------------------|
| <p>96. Де є мінімальне значення напруженості магнітного поля Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Північна Атлантика; 2. Екватор; 3. Антарктида; 4. Південна Атлантика; 5. Австралія. | |
| <p>97. Де є індукція напруженості магнітного поля Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Атмосфера; 2. Екватор; 3. Вакуум; 4. Південна Атлантика; 5. Океан. | |
| <p>98. Що таке індукція магнітного поля?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Напруженість магнітного поля у вакуумі; 2. Напруженість магнітного поля на екваторі; 3. Напруженість магнітного поля в атмосфері; 4. Напруженість магнітного поля в Канаді; 5. Напруженість магнітного поля в Австралії. | |
| <p>99. Діамагнетики – це речовини:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Які намагнічуються під дією магнітного поля; 2. Які нагріваються під дією температури; 3. Які електризуються під дією температури; 4. Які намагнічуються у магнітному полі проти-лежно до його напрямку; 5. Які електризуються під дією магнітного поля. | |
| <p>100. Парамагнетики – це речовини:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Які намагнічуються під дією магнітного поля; 2. Які нагріваються під дією температури; 3. Які електризуються під дією температури; 4. Які електризуються під дією магнітного поля; 5. Які намагнічуються у магнітному полі за його напрямом. | |
| <p>101. Антиферомагнетики – це речовини:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Які намагнічуються під дією магнітного поля; 2. Які нагріваються під дією температури; 3. Які електризуються під дією температури; 4. Які намагнічуються проти магнітного поля і «пам'ятають» напрям; 5. Які електризуються під дією магнітного поля. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|----------------------------------|
| <p>102. Феромагнетики – це речовини:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Які намагнічуються під дією магнітного поля; 2. Які нагріваються під дією температури; 3. Які електризуються під дією температури; 4. Які електризуються під дією магнітного поля; 5. Які намагнічуються за магнітним полем і «пам'ятають» його напрям. | |
| <p>103. Де є джерело магнітного поля Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Північна Атлантика; 2. Екватор; 3. Зовнішнє ядро Землі; 4. Південна Атлантика; 5. Внутрішнє ядро Землі. | |
| <p>104. Яка модель описує теорію магнітного поля Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнітного аеродинамо; 2. Конвекції атмосфери; 3. Зовнішнього ядра Землі; 4. Магнітного гідродинамо; 5. Внутрішнього ядра Землі. | |
| <p>105. Де є магнітосфера Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. У Північній Атлантиці; 2. На екваторі; 3. У зовнішньому ядрі Землі; 4. Навколо Землі в космосі; 5. У внутрішньому ядрі Землі. | |
| <p>106. У якій планеті полярність магнітосфери періодично змінюється?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сатурн; 2. Венера; 3. Земля; 4. Юпітер; 5. Уран. | |
| <p>107. Де є свідчення інверсій магнітного поля Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Північна Атлантика; 2. Серединно-Атлантичний хребет; 3. Антарктида; 4. Канада; 5. Австралія. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|---|------------------------------------|
| <p>108. Напруженість магнітного поля Землі на магнітному екваторі становить:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 4,34 е; 2. 10,34 е; 3. 333,34 е; 4. 0,34 е; 5. 0,435 е. | |
| <p>109. По якій траєкторії рухаються заряди у магнітному полі Землі?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Гіпоциклоїда; 2. Геоциклоїда; 3. Равлик Архімеда; 4. Епіциклоїда; 5. Парабола. | |
| <p>110. У рівняннях Максвелла що означає \vec{V} у формулі $\nabla \times \vec{B} = \mu_0(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt})$?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Індукція магнітного поля; 2. Провідність; 3. Теплопровідність; 4. Напруженість електричного поля; 5. Витік газів. | <p>1 (для прикладу)</p> |
| <p>111. У рівняннях Максвелла що означає $\text{div } \vec{B} = 0$?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Опір; 2. Провідність; 3. Теплопровідність; 4. Відсутність магнітних зарядів; 5. Густина електричного струму. | <p>4 (для прикладу)</p> |
| <p>112. Які планети мають помітні магнітні поля?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Земля, Юпітер, Сатурн і Уран; 2. Земля, Меркурій, Сатурн і Нептун; 3. Земля, Юпітер, Сатурн і Марс; 4. Земля, Юпітер, Сатурн і Нептун; 5. Земля, Плутон, Сатурн і Нептун. | |

| Завдання | Відповідь (для самоперевірки) |
|--|--|
| <p><i>113. Напруженість магнітного поля Землі на магнітних полюсах становить:</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. 3,08 е;2. 2,66 е;3. 0,66 е;4. 6,66 е;5. 5,66 е. | |

6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

6.1. Основна література

1. *Абрамов В.Ю.* Основы геофизики и интерпретации геофизических методов / В.Ю. Абрамов, В.И. Бровкин. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 204 с.
2. *Браун Д.* Недоступная Земля / Д. Браун, А. Массет; пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 262 с.
3. *Викулин А.В.* Физика Земли и геодинамика: учеб. пособие для геофиз. специальностей вузов / А.В. Викулин. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2008. – 463 с.
4. Геофизика: учебник / В. Богословский, Ю. Горбачев, А. Жигалин [и др.]; под ред. В.К. Хмелевского. – М.: КДУ, 2007. – 320 с.
5. *Клос С.С.* Малий фізичний довідник / С.С. Клос, Ю.В. Караван. – Львів: Світ, 1997. – 270 с.
6. *Кузьменко Е.Д.* Основы геофизики: метод. вказівки / Е.Д. Кузьменко, С.М. Багрій. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. – 50 с.
7. *Літнарлович Р.М.* Фізика з основами геофизики: курс лекцій / Р.М. Літнарлович. – Рівне: МЕРУ, 2007. – 74 с.
8. *Магницкий В.А.* Внутреннее строение и физика Земли / В.А. Магницкий [ред. А.О. Глико]. – М.: Наука, 2006. – 390 с.
9. *Никитин А.А.* Комплексирование геофизических методов: учеб. для вузов / А.А. Никитин, В.К. Хмелевской. – Тверь: ГЕРС, 2004. – 294 с.
10. *Орленок В.В.* Основы геофизики: учеб. пособие / В.В. Орленок. – Калининград, 2000. – 446 с.
11. Основы геофизики (методи розвідувальної геофизики): підруч. для студ. геол. спец. вузів / М.І. Толстой, А.П. Гожи́к, М.В. Рева [та ін.]. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2006. – 446 с.
12. *Павлов А.Н.* Геофизика. Общий курс о природе Земли: учебник / А.Н. Павлов. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2006. – 454 с.
13. *Тарасов Л.В.* Физика в природе: книга для учащихся / Л.В. Тарасов. – М.: Просвещение, 1988. – 351 с.
14. *Тяпкін К.Ф.* Основы геофизики: підручник / К.Ф. Тяпкін, О.К. Тяпкін, М.А. Якимчук. – К.: Карбон Лтд, 2000. – 248 с.
15. *Хмелевской В.К.* Основы геофизических методов: учеб. для вузов / В.К. Хмелевской, В.И. Костицын. – Пермь: Перм. ун-т, 2010. – 400 с.

6.2. Додаткова література

1. *Болт Б.* В глубинах Земли. О чем рассказывают землетрясения / Б. Болт. – М.: Мир, 1984. – 374 с.
2. *Бондарев В.И.* Сейсморазведка: учеб. для вузов / В.И. Бондарев. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 690 с.

3. *Бондарев В.И.* Сейсморазведка: учеб. для вузов. Т. 1 / В.И. Бондарев, С.М. Крылатков. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2011. – 402 с.

4. *Бондарев В.И.*, Сейсморазведка: учеб. для вузов. Т. 2 / В.И. Бондарев, С.М. Крылатков. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2011. – 408 с.

5. *Бондаренко В.М.* Общий курс геофизических методов разведки: учеб. пособие / В.М. Бондаренко, Г.В. Демура, А.М. Ларионов. – М. : Недра, 1986. – 452 с.

6. *Ботт М.* Внутреннее строение Земли / М. Ботт. – М. : Мир, 1974. – 376 с.

7. *Викулин А.В.* Введение в физику Земли: учеб. пособие для геофиз. специальностей вузов. – Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. – 240 с.

8. Геофизические методы исследований: учеб. пособие / В.К. Хмелевской, Ю.И. Горбачев, А.В. Калинин [и др.]. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2004. – 232 с.

9. *Гершанок Л.А.* Магниторазведка: учебник / Л.А. Гершанок. – Пермь : Перм. ун-т, 2009. – 420 с.

10. *Девис П.* Случайная Вселенная / П. Девис. – М.: Мир, 1985. – 160 с.

11. *Жарков В.Н.* Физика Земли и планет. Фигуры и внутреннее строение / В.Н. Жарков, В.П. Трубицын, Л.В. Самсоненко. – М. : Наука, 1971. – 384 с.

12. *Жарков В.Н.* Внутреннее строение Земли и планет / В.Н. Жарков. – М. : Наука, 1983. – 416 с.

13. *Жданов М.С.* Электроразведка: учеб. для вузов / М.С. Жданов. – М. : Недра, 1986. – 316 с.

14. *Захаров В.С.* Лекции по физике Земли: учеб. пособие / В.С. Захаров, В.Б. Смирнов. – М.: ООО «ИПЦ Маска», 2010. – 264 с.

15. *Знаменский В.В.* Общий курс полевой геофизики: учеб. для геофиз. специальностей / В.В. Знаменский. – М. : Недра, 1989. – 519 с.

16. *Козырев А.А.* Введение в геофизику: учеб. пособие / А.А. Козырев, Я.А. Сахаров, Н.В. Шаров. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. – 116 с.

17. *Кузьмичев В.Е.* Законы и формулы физики / В.Е. Кузьмичев [отв. ред. В.К. Тартаковский]. – К. : Наук. думка, 1989. – 864 с.

18. *Кухлинг Х.* Справочник по физике / Х. Кухлинг [под. ред. Е.М. Лейкина]; пер. с нем. – М. : Мир, 1982. – 520 с.

19. *Магницкий В.А.* Внутреннее строение и физика Земли / В.А. Магницкий. – М. : Недра, 1965. – 380 с.

20. *Магницкий В.А.* Общая геофизика: учеб. пособие / В.А. Магницкий. – М. : МГУ, 1995. – 317 с.

21. *Маловичко А.К.* Гравиразведка: учеб. для вузов / А.К. Маловичко, В.И. Костицын. – М.: Недра, 1992. – 357 с.

22. *Мэрион Дж. Б.* Физика и физический мир / Дж. Б. Мэрион. – М.: Мир, 1971. – 628 с.

23. Пиблс Ф.Дж.Э. Структура Вселенной в больших масштабах / Ф.Дж.Э. Пиблс. – М. : Мир, 1983. – 345 с.
24. Сорохтин О.Г. Развитие Земли / О.Г.Сорохтин, С.А.Ушаков. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 506 с.
25. Стейси Ф. Физика Земли / Ф. Стейси. – М. : Мир, 1972. – 344 с.
26. Теркот Д. Геодинамика: геологические приложения физики сплошных сред. Ч.1 / Д. Теркот, Дж. Шуберт [пер. с англ.] – М. : Мир, 1985. – 376 с.
27. Теркот Д. Геодинамика: геологические приложения физики сплошных сред. Ч.2 / Д. Теркот, Дж. Шуберт [пер. с англ.] – М. : Мир, 1985. – 360 с.
28. Успенский Д.Г. Гравиразведка / Д.Г. Успенский. – Л.: Недра, 1968. – 331 с.
29. Физика Земли: курс лекций / С.Н. Кашубин, В.Б. Виноградов, А.В. Кузин, В.В. Филатов. – Екатеринбург, 1998. – 162 с.
30. Хаин В.Е. Геотектоника с основами геодинамики / В.Е. Хаин, М.Г. Ломизе. – М. : КДУ, 2005. – 560 с.
31. Хаин В.Е. Планета Земля от ядра до ионосферы / В.Е. Хаин, Н.В. Короновский. – М. : КДУ, 2007. – 244 с.
32. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 1: Геофизические методы исследования земной коры: учеб. пособие / В.К. Хмелевской. – Дубна: Междунар. ун-т природы, общества и человека «Дубна», 1999. – 203 с.
33. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 2: Региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика: учеб. пособие / В.К. Хмелевской. – Дубна: Междунар. ун-т природы, общества и человека «Дубна», 1999. – 184 с.
34. Шейдеггер А. Основы геодинамики / А. Шейдеггер [пер. с англ. С.К. Бежановой]. – М. : Недра, 1987. – 384 с.
35. Шериф Р. Сейсморазведка / Р. Шериф, Л. Гелдарт. – М. : Мир. – 1987. – Т. 1. – 447 с. ; Т. 2. – 400 с.

6.3. Електронні ресурси

1. Викулин А.В. Введение в физику Земли: учеб. пособие для геофиз. специальностей вузов. – Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004.
<http://www.kscnet.ru/ivs/publication/tutorials/vikulin/cont.html>.
2. Викулин А.В. Физика Земли и геодинамика: учеб. пособие для геофиз. специальностей вузов / А.В. Викулин. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2008. – 463 с.
http://www.kscnet.ru/ivs/bibl/sotrudn/vikulin/fz_gd.pdf
3. Всілякі цікавинки. Цікаві факти про космос.
<http://cikavo.com.ua/>
4. Захаров В.С. Физика Земли.
<http://dynamo.geol.msu.ru/courses/physics-of-the-earth.html>
5. Інфо-сервіс з фізики. <http://cikava-phizyka.pp.ua/>

6. Научно-популярный канал Simple-Science. <http://simplescience.ru/> або <https://www.youtube.com/user/GTVscience>.

7. *Пантелеев В.Л.* Физика Земли и планет: курс лекций / В.Л. Пантелеев. – М. : МГУ им. М.В. Ломоносова. Физический факультет, 2001. – 117 с.

<http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1161600>).

8. *Соломчак Н.Ф.* Англійська мова для геофізиків: практикум з англійської мови / Н. Ф. Соломчак, О. В. Шевченко, О. М. Карпенко. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2009. – 103 с.

<http://chitalnya.nung.edu.ua/sites/default/files/booksonline/1502/index.html>

9. Формулы: интерактивный справочник.

<http://www.fxyz.ru/>.

10. American Geophysical Union AGU.

<http://publications.agu.org/books/>

11. Global Earth Physics: a handbook of Physical Constants. / [Editor Thomas J. Ahrens]. – Washington: AGU, 1995.

<http://www.scribd.com/doc/7592971/AGU-Ref-Shelf-1-Global-Earth-Physics-a-Handbook-of-Physical-Constants-T-Ahrens>

12. National Geographic. <http://www.nationalgeographic.com/>

13. Physics Formulas List.

<http://www.buzzle.com/articles/physics-formulas-list.html>

14. *Renton J.J.* The Nature of Earth: An Introduction to Geology / J.J. Renton. – The Great Courses, 2006. – 192 с.

15. The International System of Units (SI).

<http://www.bipm.org/en/measurement-units/>

6.4. Іноземна література

1. *Bagnold R.A.* The physics of blown sand and desert dunes / Ralph Alger Bagnold. – Courier Corporation, 2012. – 320 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/R_A_Bagnold_The_Physics_of_Blown_Sand_and_Desert_D?id=TTJw5_7aNVcC.

2. *Ben-Menahem A.* Seismic waves and sources / Ari Ben-Menahem, Sarva Jit Singh. – Springer Science & Business Media, 2012. – 1108 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/A_Ben_Menahem_Seismic_Waves_and_Sources?id=L0PTBwAAQBAJ

3. *Bercovici D.* Mantle Dynamics: Treatise on Geophysics / David Bercovici. – Elsevier, 2010. – 7000 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/David_Bercovici_Mantle_Dynamics?id=bIHNCgAAQBAJ

4. *Bertotti B.* Physics of the earth and the solar system: Dynamics and evolution, space Navigation, space-Time Structure / Bruno Bertotti, Paolo Farinella. – Springer Science & Business Media, 2012. – 480 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/B Bertotti Physics of the Earth and the Solar Syst?id=Mwr8CAAAQBAJ](https://play.google.com/store/books/details/B_Bertotti_Physics_of_the_Earth_and_the_Solar_System?id=Mwr8CAAAQBAJ).

5. *Brekke A.* Physics of the upper polar atmosphere / Asgeir Brekke. – Springer Science & Business Media, 2012. – 386 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/Asgeir Brekke Physics of the Upper Polar Atmospher?id=fRVLAAAAQBAJ](https://play.google.com/store/books/details/Asgeir_Brekke_Physics_of_the_Upper_Polar_Atmosphere?id=fRVLAAAAQBAJ).

6. *Campbell W.H.* Earth magnetism: a guided tour through magnetic fields / Wallace H. Campbell. – Academic Press, 2001. – 151 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/Wallace H Campbell Earth Magnetism?id=7L9vZc680FUC](https://play.google.com/store/books/details/Wallace_H_Campbell_Earth_Magnetism?id=7L9vZc680FUC).

7. *Condie K.C.* Earth as an evolving planetary system / K.C. Condie. – Academic Press, 2015. – 350 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/Kent C Condie Earth as an Evolving Planetary Syste?id=I t-hUWi5I8C](https://play.google.com/store/books/details/Kent_C_Condie_Earth_as_an_Evolving_Planetary_System?id=I_t-hUWi5I8C)

8. *Cuffey K.M.* The physics of glaciers / K.M. Cuffey, W.S.B. Paterson. – Academic Press, 2010. – 704 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/Kurt M Cuffey The Physics of Glaciers?id=Jca2v1u1EKEC](https://play.google.com/store/books/details/Kurt_M_Cuffey_The_Physics_of_Glaciers?id=Jca2v1u1EKEC)

9. *Dmowska R.* Earthquake Thermodynamics and Phase Transformation in the Earth's Interior / R. Dmowska, J.R. Holton [Eds. Roman Teisseyre, Eugeniusz Majewski]. – Academic Press, 2000. – Vol. 76. – 674 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/Roman Teisseyre Earthquake Thermodynamics and Phase?id=z0x5Z4EjP6QC](https://play.google.com/store/books/details/Roman_Teisseyre_Earthquake_Thermodynamics_and_Phase?id=z0x5Z4EjP6QC).

10. *Foulger G.* Plates vs plumes: a geological controversy / G.R. Foulger. – John Wiley & Sons, 2011. – 364 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/Gillian R Foulger Plates vs Plumes?id=TAAd7gt607-MC](https://play.google.com/store/books/details/Gillian_R_Foulger_Plates_vs_Plumes?id=TAAd7gt607-MC)

11. *Frisch W.* Plate tectonics: Continental Drift and mountain building / Wolfgang Frisch, Martin Meschede, Ronald C. Blakey. – Springer Science & Business Media, 2010. – 212 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/Wolfgang Frisch Plate Tectonics?id=vx1oiTMOTRCc](https://play.google.com/store/books/details/Wolfgang_Frisch_Plate_Tectonics?id=vx1oiTMOTRCc)

12. *Glassmeier K.H.* Geomagnetic field variations / Karl-Heinz Glassmeier, Heinrich Soffel, Jorg Negendank / Springer Science & Business Media, 2008. – 213 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/K H Glassmeier Geomagnetic Field Variations?id=0j8vRZmBXd4C](https://play.google.com/store/books/details/K_H_Glassmeier_Geomagnetic_Field_Variations?id=0j8vRZmBXd4C)

13. *Haapala I.* From the Earth's Core to Outer Space: Lecture Notes in Earth Sciences / Ilmari Haapala. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH, 2012. – 340 p. *Режим доступу**:

[https://play.google.com/store/books/details/Ilmari Haapala From the Earth's Core to Outer Space?id=KrgBGDjwXuUC](https://play.google.com/store/books/details/Ilmari_Haapala_From_the_Earths_Core_to_Outer_Space?id=KrgBGDjwXuUC)

14. *Hanyga A.* Seismic wave propagation in the Earth / Andrzej Hanyga. – Elsevier, 2013. – 495 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/A_Hanyga_Seismic_Wave_Propagation_in_the_Earth?id=xtT-BAAAQBAJ.

15. *Karato S.I.* Superplumes: beyond plate tectonics / Shun-Ichiro Karato, Shigenori Maruyama, Brian F. Windley. – Berlin: Springer, 2007. – 569 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/David_A_Yuen_Superplumes_Beyond_Plate_Tectonics?id=-BnTZbh6FJMC

16. *Kono M.* Geomagnetism: Treatise on Geophysics / Masaru Kono. – Elsevier, 2010. – 7000 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/Masaru_Kono_Geomagnetism?id=YDNCgAAQBAJ

17. *Lang K.* Sun, Earth and Sky / Kenneth Lang. – Springer Science & Business Media, 2007. – 284 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/Kenneth_Lang_Sun_Earth_and_Sky?id=WIHNCrwbQdUC

18. *McFadden L-A.* Encyclopedia of the solar system / Lucy-Ann McFadden, Torrence Johnson, and Paul Weissman. – Academic Press, 2006. – 992 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/Lucy_Ann_McFadden_Encyclopedia_of_the_Solar_System?id=G7UtYkLQoYoC

19. *Melchior P.* The physics of the earth's core: an introduction. Elsevier, 2013. – 265 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/P_Melchior_The_Physics_of_the_Earth_s_Core?id=HhEBBQAAQBAJ.

20. *Morra G.* Subduction Dynamics: From Mantle Flow to Mega Disasters / Gabriele Morra et al. – John Wiley & Sons, 2015. – Vol. 211. – 210 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/Gabriele_Morra_Subduction_Dynamics_From_Mantle_Flow?id=GliTCgAAQBAJ.

21. *Olson P.* Core Dynamics: Treatise on Geophysics / Peter Olson. Elsevier, 2010. – 7000 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/Peter_Olson_Core_Dynamics?id=s4DNCgAAQBAJ

22. *Price D.G.* Mineral Physics: Treatise on Geophysics / David G. Price. Elsevier, 2010. – 7000 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/G_David_Price_Mineral_Physics?id=joDNCgAAQBAJ

23. *Price N.* Major Impacts and Plate Tectonics: A Model for the Phanerozoic Evolution of the Earth's Lithosphere / Neville Price. – CRC Press, 2003. – 368 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/Neville_Price_Major_Impacts_and_Plate_Tectonics?id=pTTbeD5QCRMC

24. *Prolss G.W.* Physics of the Earth's space environment: an introduction / Gerd W. Prolss, Michael K. Bird. – Springer, 2004. – 513 p. *Режим доступа**:

https://play.google.com/store/books/details/Gerd_Pr%C3%B6ss_Physics_of_the_Earth_s_Space_Environment?id=HvD9CAAAQBAJ

25. *Romanowicz B.* Seismology and Structure of the Earth: Treatise on Geophysics / Barbara Romanowicz, Adam Dziewonski. – Elsevier, 2010. – Vol. 1. – 700 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/Barbara_Romanowicz_Seismology_and_Structure_of_the?id=5DEBDsisDEQC.

26. *Schön J.H.* Physical properties of rocks: A workbook / Jürgen H. Schön. – Elsevier, 2011. – Vol. 8. – 494 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/Juergen_H_Sch%C3%B6n_Physical_Properties_of_Rocks?id=L11GJIitCu-AC

27. *Spohn T.* Planets and Moons: Treatise on Geophysics / Tilman Spohn. – Vol. 10. – Newnes, 2010. – 7000 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/Tilman_Spohn_Planets_and_Moons?id=xqxFMGC1gucC.

28. *Stein S.* An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure / Seth Stein, Michael Wysession. – John Wiley & Sons, 2009. – 512 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/Seth_Stein_An_Introduction_to_Seismology_Earthquake?id=-z80yrwFsqoC.

29. *Stevenson D.* Evolution of the Earth: Treatise on Geophysics / David Stevenson. – Elsevier, 2010. – 7000 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/David_Stevenson_Evolution_of_the_Earth?id=aYDNCgAAQBAJ

30. *Teisseyre R.* Gravity and low-frequency geodynamics / Roman Teisseyre. – Elsevier, 2013. – 493 p. *Режим доступу**:

https://play.google.com/store/books/details/Roman_Teisseyre_Gravity_and_Low_Frequency_Geodynam?id=f89GBQAAQBAJ

* Передбачено режим доступу зі сайту <https://play.google.com/>. Придбану або безкоштовну іноземну літературу можна переглядати у пристроях (смартфонах, планшетах та ін.) за допомогою встановленого додатку **Google Play Книжки** для Android чи iPad/iPhone навіть без Інтернету. У портативних і настільних комп'ютерах її можна читати за допомогою веб-переглядача.

6.5. Програми-додатки для смартфонів / айфонів / планшетів

*Прості у використанні програми-додатки з фізичними формулами, зображеннями та простими задачами дають змогу легко, доступно і швидко пригадати й засвоїти основні закони фізики Землі. Вони містять інформацію про нашу планету, її характеристики, властивості оболонок Землі, основні глобальні геологічні та геофізичні процеси, що відбуваються у них, тощо. Такі безкоштовні програми-додатки, наприклад, у пристроях з OS Android, можна встановити за допомогою магазину додатків **Google Play**, перейшовши на сайт <https://play.google.com/> і задавши їх у пошуку.*

1. Basic Physics. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.zayaninfotech.physics.app>

2. Earth EBook та переглядач Alphonso EBook Viewer. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=code.alphonso.android.booviewer.books.earth> та

<https://play.google.com/store/apps/details?id=ebook.epub.download.reader>

3. Learn Physics. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.iphonedevro.learnphysics>

4. PHUSICSBook. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.example.PHUSICSBook>

5. Physics. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mapdroidteam.physics>

6. Physics: Electricity. *Режим доступу:*

https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_au93e6mi.

AppPhysicsElectricity

7. Physics Formulas. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.thiagobell.fisica>

8. Physics Formulas Free 1.1. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nsc.pf.free>

9. Physics Reference. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.stevekb.physics>

10. Pocket Physics. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=Gecko.Droid.PhysicsHelper>

11. Ultimate Physics Formula. *Режим доступу:*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vegantaram.android.physicsformula>

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 1 |
| 1. СПИСОК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНИХ РОБІТ | 2 |
| 2. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНИХ ЗАВДАНЬ..... | 3 |
| 3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ І САМОКОНТРОЛЮ..... | 5 |
| 3.1. Перелік завдань для самостійної роботи..... | 5 |
| 3.2. Перелік теоретичних питань на іспит..... | 10 |
| 4. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ..... | 20 |
| 5. ЗРАЗКИ ТЕСТІВ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ..... | 29 |
| 6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ..... | 52 |
| 6.1. Основна література..... | 52 |
| 6.2. Додаткова література..... | 52 |
| 6.3. Електронні ресурси..... | 54 |
| 6.4. Іноземна література..... | 55 |
| 6.5. Програми-додатки для смартфонів / айфонів / планшетів..... | 59 |