

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

1. Спортсмен масою  $m = 65$  кг стрибає з місця вертикально вгору, присівши перед стрибком на відстань  $S = 35$  см. При цьому м'язове зусилля ніг становить  $1183$  Н. На яку висоту він зможе підстрибнути при цьому? Який час відштовхування від землі? Яку потужність  $N$  розвиває спортсмен при відштовхуванні? Вважати рух центра мас спортсмена у фазі відштовхування рівноприскореним.
2. Людина масою  $m = 60$  кг падає з висоти  $h = 2,5$  м на тверду бетонну поверхню на дві ноги, не згинаючи колін. Гомілка витримує максимальне навантаження  $F = 52$  кН. Чи витримає гомілка навантаження, яке виникає при приземленні? Вважати, що гальмівний шлях у цьому випадку  $S_1 = 2$  см. Як зміниться результат, якщо людина падає, згинаючи при цьому коліна? Гальмівний шлях при цьому  $S_2 = 40$  см.
3. Якщо людина масою  $m = 70$  кг стрибає з висоти  $h = 4$  м на прямі ноги, то час гальмування складає  $t_1 = 0,1$  с, а якщо на зігнуті –  $t_2 = 0,3$  с. Чи зазнають пошкодження кістки скелету, якщо вони можуть витримати без травм силу удару  $F = 3000$  Н?
4. При стрибку з жердиною спортсмен піднявся на висоту  $h = 5,8$  м. Амортизаційний шлях приземлення  $S = 1,3$  м. Яке перевантаження зазнав спортсмен при приземленні? Опором повітря знехтувати. Чому в польотній фазі стрибка спортсмен не може жодними рухами змінити траєкторію руху центра ваги тіла?
5. Високошвидкісна центрифуга при частоті обертання  $n = 40\,000$  об/хв дає збільшення сили ваги до  $10^5$  разів. Яка максимальна лінійна швидкість  $v$  точок ротора? Яка довжина  $l$  ротора?
6. У центрифугі відбувається сепарація ядер клітин печінки, діаметр яких  $d = 8$  мкм, густина  $\rho = 1,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Радіус ротора центрифуги  $r = 0,05$  м, частота обертів  $\nu = 2$  кГц. Знайти силу  $F$ , що діє на ці частинки.
7. Балерина масою  $m = 52$  кг стає на пальці однієї ноги. З якою силою  $F$  розтягнеться ахілове сухожилля, якщо відстань від точки опори (точка контакту пальців із підлогою) до лінії дії сили ваги  $l_1 = 17$  см, а відстань від лінії дії сили  $P$  до точки кріплення ахілового сухожилля  $l_2 = 2,9$  см. Яким буде зусилля, якщо балерина стане на пальці двох ніг?
8. Оцініть масу молекули ДНК, якщо її момент інерції відносно осі рівний  $J = 1,34 \cdot 10^{-38}$  кг·м<sup>2</sup>. Вважати молекулу „щільно упакованою” спіраллю діаметром  $d \approx 1,8$  нм. Оцініть час  $t$ , за який подвійна спіраль молекули ДНК може розкрутитися на дві окремі спіралі, якщо кількість її витків  $N = 1,9 \cdot 10^4$ , а кінетична енергія обертання молекули  $E_k = 1,9 \cdot 10^{-21}$  Дж.
9. До сухожилля довжиною  $l_0 = 12$  см і діаметром  $d = 1,6$  мм підвісили вантаж вагою  $P = 68,6$  Н. При цьому воно видовжилось до  $l = 12,6$  см. Визначити модуль Юнга сухожилля.
10. Для деякого м'яза при навантаженні  $P = 0,3$  Н швидкість скорочення складає  $v = 24$  мм/с. Навантаження в ізометричному режимі скорочення рівне  $P_0 = 1,1$  Н, константа  $a = 0,2$  Н. Обчислити максимальну швидкість  $v_{max}$  скорочення.

11. Зусилля біцепса  $F = 1$  кН прикладене під кутом  $25^\circ$  до променевої кістки в точці, віддаленій від ліктьового суглобу на  $l_1 = 3,4$  см. Який вантаж утримується на долоні, віддаленій від ліктьового суглобу на відстані  $l_3 = 33$  см? Яке напруження розвивається біцепсом, якщо його переріз  $S = 18$  см<sup>2</sup>. Маса системи рука-кисть  $m_1 = 3$  кг, центр мас цієї системи віддалений від ліктьового суглобу на відстані  $l_2 = 18$  см.
12. М'яз, скорочуючись зі швидкістю  $v = 6$  мм/с, розвиває загальну потужність  $N_{\text{заг}} = 2,7$  мВт. Навантаження в ізометричному режимі скорочення для цього м'яза становить  $P_0 = 0,8$  Н. Константа  $b = 23$  мм/с. Обчислити роботу  $A$ , виконану м'язом за  $t = 0,5$  с.
13. Під час удару черепа об жорстку горизонтально розташовану поверхню тривалість удару  $t_1 = 6$  мс, об напівжорстку –  $t_2 = 8$  мс, об нежорстку –  $t_3 = 0,03$  с. У якому випадку слід чекати травми кісток черепа, якщо вони можуть витримати без руйнування силу удару  $F = 1$  кН? Вважати, що людина масою  $m = 70$  кг падає навзніч, а череп, що становить 7% від маси організму, знаходиться на висоті  $h = 1,5$  м.
14. Границя міцності ахілового сухожилля у дітей у віці 5 років становить  $\sigma_{m1} = 2,4 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>, у дорослих –  $\sigma_{m2} = 6,8 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>, в похилому віці стає рівним  $\sigma_{m3} = 3,7 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>. При падінні з деякої висоти  $h$  можливий розрив сухожилля. Визначити висоту  $h$  для дітей, дорослих і людей похилого віку, припускаючи, що час гальмування при контакті ніг із горизонтальною поверхнею рівний  $t = 0,2$  с, і вся діюча сила прикладена до сухожилля. Вважайте, що маса дитини становить  $m_1 = 15$  кг, площа поперечного перерізу сухожилля  $S_1 = 0,15$  см<sup>2</sup>, маса дорослих –  $m_2 = 70$  кг, переріз сухожилля  $S_2 = 0,3$  см<sup>2</sup>.
15. При навантаженні в  $F = 100$  Н швидкість ізотонічного скорочення м'яза виявилася рівною  $v = 2,2$  см/с. Визначити енергію, що виділяється у вигляді теплоти  $Q$  при скороченні м'яза. Коефіцієнт корисної дії м'яза рівний  $\eta = 40$  %, час скорочення  $t = 0,2$  с.
16. При згинанні людини в кульшових суглобах навантаженням для м'язів спини є вага голови і рук рівна  $P_1 = 180$  Н та вага тулуба  $P_2 = 320$  Н, прикладена до середини хребта. Вважаючи п'ятий поперековий хребець точкою опори, визначте зусилля, що розвиваються м'язами спини в рівновазі, якщо кут між горизонтом і нахиленою частиною тіла  $\alpha_1 = 30^\circ$ . Зусилля  $T$ , що розвивається м'язами спини, прикладається на відстані  $2/3$  довжини хребта від точки опори і напрямлене під кутом  $\alpha_2 = 12^\circ$  до похилої частини тіла.
17. Знайти роботу, яку виконує спортсмен при розтягуванні пружини еспандера на  $l = 60$  см, якщо відомо, що при зусиллі  $F = 12$  Н еспандер розтягується на  $\Delta l = 1,4$  см.
18. Відомо, що скелетні м'язи людини в середньому розвивають силу  $F = 40$  Н на один см<sup>2</sup> поперечного перерізу. Визначити роботу, що виконує біцепс людини масою  $m = 600$  г при ізотонічному скороченні на 20%. У першому наближенні вважати, що м'яз має циліндричну форму густиною  $\rho = 1080$  кг/м<sup>3</sup>.

19. Скелетний м'яз людини розвиває силу  $F = 70 \text{ Н}$  на площі поперечного перерізу  $S_1 = 2 \text{ см}^2$ . Вважаючи, що 70% поперечного перерізу м'яза займають протофібрили, визначте мінімальну роботу, яку може виконати одна моторна одиниця (саркомер) при абсолютному ізотонічному скороченні на  $\Delta l = 0,4 \text{ мкм}$ . Вважати, що діаметр саркомеру рівний  $d = 1 \text{ мкм}$ .
20. Як зміниться довжина трубчастих кісток скелету, якщо за певних рівних умов вони будуть суцільними з тим самим зовнішнім радіусом  $R$ . Прийняти відношення  $r/R = 0,6$ , де  $r$  – внутрішній радіус трубчастої кістки.
21. Навантаження на бедрову кістку в  $F = 1800 \text{ Н}$  при стисканні викликає зворотню відносну деформацію  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-4}$ . Визначте ефективну площу поперечного перерізу кістки, якщо модуль її пружності рівний  $E = 22,5 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$ .
22. Границя міцності третього поперекового хребця людини у віці 30 років  $\sigma_m = 9 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . Оцінити, якою має бути площа поперечного перерізу  $S$ , щоб він витримував навантаження, що в 5 разів перевищує масу організму  $m = 70 \text{ кг}$ .
23. Визначте момент сили, що розвивається м'язами плеча при відведенні руки в бік із вантажем масою  $m_1 = 10 \text{ кг}$ . Довжина плеча  $a = 30 \text{ см}$ , передпліччя  $b = 25 \text{ см}$ , кисті від променезап'ясткового суглобу до центру тяжіння вантажу  $c = 10 \text{ см}$ . Вважати, що маса руки  $m_2 = 4 \text{ кг}$ , а її центр тяжіння розміщений у ліктьовому суглобі.
24. У лабораторних умовах вивчають енергетику скелетного м'яза жаби. В ізотонічному режимі роботи м'яза піднімається вантаж на висоту  $h = 10 \text{ см}$  і при цьому виділяється теплота  $Q = 48 \text{ мДж}$ . Знайти масу вантажу, якщо коефіцієнт корисної дії м'яза  $\eta = 40\%$ .
25. Навантаження в ізометричному режимі скорочення м'язу дорівнює  $P_0 = 1,1 \text{ Н}$ , константи  $a = 0,2 \text{ Н}$ ,  $b = 15 \text{ мм/с}$ . Обчислити максимальну швидкість  $v_{\max}$  скорочення м'язу.
26. М'яз при навантаженні  $P = 0,4 \text{ Н}$  скорочується зі швидкістю  $v = 6 \text{ мм/с}$ . Обчислити роботу, виконану м'язом за час  $t = 0,5 \text{ с}$ .
27. Навантаження в ізометричному режимі скорочення м'яза дорівнює  $P_0 = 0,8 \text{ Н}$ , константа  $b = 23 \text{ мм/с}$ . Знайти загальну потужність цього м'язу при навантаженні  $P = 0,6 \text{ Н}$ .
28. Модуль Юнга м'яза  $E = 9,32 \text{ МПа}$ . До м'яза довжиною  $l = 6 \text{ см}$  і діаметром  $d = 8 \text{ мм}$  підвішений тягарець масою  $m = 700 \text{ г}$ . Знайти відносне видовження м'яза.
29. Визначити потужність, яку розвиває штангіст при ривку штанги масою  $m = 100 \text{ кг}$  на висоту  $h = 2 \text{ м}$ , якщо час, затрачений на ривок,  $0,2 \text{ с}$ , а ККД його м'язів  $40\%$ .
30. Для деякого м'яза при навантаженні  $0,3 \text{ Н}$  швидкість скорочення складає  $24 \text{ мм/с}$ . Навантаження в ізометричному режимі скорочення складає  $1,1 \text{ Н}$ , константа  $a$  дорівнює  $0,2 \text{ Н}$ . Обчислити максимальну швидкість скорочення.
31. М'яз, скорочуючись із швидкістю  $6 \text{ мм/с}$ , розвиває потужність  $2,7 \text{ мВт}$ . Навантаження в ізометричному режимі скорочення для цього м'яза складає  $0,8 \text{ Н}$ , константа  $b$  дорівнює  $23 \text{ мм/с}$ . Обчислити роботу, виконану м'язом за одну секунду.

32. Під час скорочення м'яза за час  $t = 0,3$  с виділилося  $Q = 5,5$  кДж теплоти. Обчисліть корисну потужність  $N_k$ , яка розвивається м'язом, якщо його ККД  $\eta = 45$  %.
33. До ахілового сухожилля довжиною  $l = 7$  см і діаметром  $d = 5$  мм прикладена сила  $F = 50$  Н. Визначити абсолютне і відносне видовження, а також виконану роботу, якщо модуль Юнга  $E = 300$  МПа.
34. Яка середня арифметична швидкість молекул азоту  $v_1$  і кисню  $v_2$  в альвеолярному повітрі за температури  $t = 37$  °С?
35. Обчислити середню довжину вільного пробігу  $\lambda$ , середній час  $\tau$  між двома послідовними зіткненнями та середню кількість зіткнень  $\nu$  за одиницю часу молекул хлороформу  $\text{CHCl}_3$  за нормальних умов. Ефективний діаметр молекули хлороформу рівний  $d = 0,46$  нм.
36. У скільки разів відрізняються середні арифметичні і середні квадратичні швидкості молекул анестетиків фторотану ( $\text{F}_3\text{C}-\text{CH}-\text{ClBr}$ ) і хлороформу ( $\text{CHCl}_3$ ) за однакової температури?
37. Визначити довжину вільного пробігу та ефективний діаметр молекули водню при нормальних умовах, якщо експериментально визначена її в'язкість у цих умовах дорівнює  $\eta = 8,6 \cdot 10^{-6}$  Па·с.
38. Парціальний тиск азоту в альвеолярному повітрі  $p = 620$  мм рт.ст. Яка середня довжина вільного пробігу і середня кількість зіткнень молекул азоту в альвеолярному повітрі за температури  $t = 37$  °С? Ефективний діаметр молекул азоту  $d = 0,27$  нм.
39. Якою має бути концентрація кисню в масках для альпіністів, щоб забезпечити їх нормальну життєдіяльність на горі висотою 8 км? Який атмосферний тиск на цій горі? Температура повітря на горі  $t = -27$  °С. Атмосферний тиск на поверхні Землі вважати нормальним. Концентрація кисню в атмосфері  $C = 21$  %.
40. Концентрація глюкози  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  у крові здорової людини протягом доби наведена у таблиці. Чому рівна максимальна зміна маси цукру в крові, якщо її об'єм в організмі становить  $V = 4,5$  л?

Час доби (год)	2	9	15	21
Концентрація глюкози,	5,3	5,2	4,5	4,3

41. Визначте кількість молекул ДНК та РНК у бактеріальній клітині, якщо їх маса відповідно складає  $m_{\text{ДНК}} = 3,5 \cdot 10^{-14}$  і  $m_{\text{РНК}} = 7 \cdot 10^{-14}$  г, а середня молекулярна маса  $M = 10^6$  г/моль.
42. В операційній за нормальних умов хворий вдихає 4 %-у суміш метоксифлурану з повітрям. Якою має бути концентрація наркозної суміші в горах ( $p = 500$  мм рт. ст.), щоб ефективність дії наркозу не змінилася? Температура повітря на горі  $t = -4$  °С.
43. При переливанні крові крапельним методом необхідно було підтримати частоту  $n = 40$  крапель за хвилину. Якого діаметру має бути кінчик трубки крапельниці, щоб  $V = 250$  мл крові перелити за  $t = 1,5$  год?
44. Парціальний тиск пари хлороформу в альвеолярному повітрі складає 0,4 % від нормального атмосферного тиску. Знайти густину пари хлороформу. Температура альвеолярного газу  $t = 37$  °С.

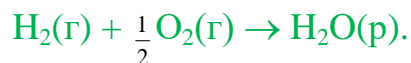


45. У горизонтально розташований капіляр набирається  $V = 0,25$  мл крові так, що утворюється стовпчик довжиною  $H = 10$  см. Чи витече кров із капіляра, якщо його поставити вертикально?
46. Яку масу азоту і кисню вдихає при кожному вдиху турист на горі, де тиск повітря  $p_2 = 500$  мм рт. ст., а температура  $t = 3$  °С. Вважати глибину вдиху людини  $V = 1,5$  л, вміст кисню в повітрі 21 %, а азоту – 78 %.
47. Коефіцієнти дифузії міоглобіну і гемоглобіну у воді при  $t = 27$  °С становлять відповідно  $D_1 = 0,113 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с і  $D_2 = 0,069 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с. Оцінити радіуси і молекулярні об'єми цих білків, прийнявши в'язкість води  $\eta = 0,001$  Н·с/м<sup>2</sup>.
48. Посудина місткістю 2 л містить азот при температурі  $t = 27$  °С і тиску  $p = 0,5$  атм. Знайти кількість молекул у посудині, кількість зіткнень між всіма молекулами за 1 с, середню довжину вільного пробігу молекул.
49. Визначити, при якому градієнті густини вуглекислого газу через кожний квадратний метр поверхні Землі продифундує в атмосферу протягом однієї години маса азоту  $m = 7,2 \cdot 10^{-4}$  кг, якщо коефіцієнт дифузії  $D = 4 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.
50. Людина масою  $m = 80$  кг виконує роботу  $A = 5 \cdot 10^6$  Дж, а потім підіймається нагору заввишки 1 км. Добовий раціон цієї людини становить 200 г жирів, 100 г вуглеводів і 60 г білків. Знайти зміну внутрішньої енергії за такого щоденного процесу (Роботою метаболізму знехтувати.).
51. Яка б була температура м'яза  $t_1$ , якщо б він працював як теплова машина з коефіцієнтом корисної дії  $\eta = 40\%$  при температурі навколишнього середовища  $t_2 = 20$  °С?
52. Визначити кількість теплоти, необхідної для плавлення  $m = 700$  г парафіну, якщо його початкова температура  $t_1 = -2$  °С. Коефіцієнт корисної дії установки  $\eta = 35\%$ . Температура плавлення парафіну  $t_2 = 48$  °С, питома теплоємність  $c = 1578$  Дж/(кг·К), питома теплота плавлення  $\lambda = 150$  кДж/кг.
53. При скороченні м'яза за 0,3 с виділилось  $Q = 5,5$  кДж теплоти. Обчислити корисну потужність  $N_{кор.}$ , що розвивається м'язом, якщо його коефіцієнт корисної дії  $\eta = 45\%$ .
54. Яку кількість теплоти необхідно затратити на випаровування води, щоб в паровій стерилізаційній камері автоклава об'ємом  $V = 20$  л створити тиск  $p = 1,4$  атм при температурі  $t = 120$  °С? Питому теплоту пароутворення вважати рівною  $L = 2,23$  МДж/кг.
55. При пресуванні таблеток аспіріну  $C_9H_8O_4$  масою  $m = 0,5$  г їх температура зросла на  $\Delta t = 20$  °С. Вважаючи молярну теплоємність аспіріну сталою і рівною  $C_\mu = 20$  R, визначити роботу пресування. Обчислити енергію  $W$ , необхідну для роботи преса за зміну ( $t = 8$  год), якщо його продуктивність рівна 10 000 таблеток за годину, а коефіцієнт корисної дії преса становить  $\eta = 80\%$ .
56. Визначити роботу  $A$  ізотермічного оборотного розширення  $n = 5$  моль водяної пари від тиску  $p_1 = 40$  до  $p_2 = 30$  кПа при температурі  $T = 360$  К. Вважати, що водяна пара при таких параметрах підлягає закону ідеального газового стану.
57. Киснева подушка об'ємом  $V = 10$  л містить газ під тиском  $p = 1013,25$  кПа (10 атм). Яку кількість теплоти  $Q$  необхідно надати, щоб нагріти кисень від  $t_1 = 0$  °С до  $t_2 = 37$  °С?

58. Азот нагріли за сталого об'єму  $V = 30$  л. При цьому тиск газу змінився на  $\Delta p = 0,5$  МПа. Знайти теплоту, надану газу.
59. Якої товщини має бути підшкірний шар жиру у моржа, щоб в 15 раз зменшити тепловий потік у водне середовище в порівнянні з тепловим потоком через шкіру товщиною 5 мм?
60. Газ фторотану ( $\text{F}_3\text{C}-\text{CH}-\text{ClBr}$ ), що знаходився під тиском  $p_1 = 120$  кПа при температурі  $T_1 = 290$  К, адіабатно стиснули до тиску  $p_2 = 160$  кПа. Яка температура газу  $T_2$  після стиску?
61. Потужність основного обміну речовин в організмі становить 90 Вт, зовнішня фізична робота, яку виконує людина за добу – 900 кДж. Із продуктами харчування в організм поступає 2800 ккал. Оцініть, яка максимальна кількість жиру може відкластися в організмі протягом доби при такому харчуванні, якщо коефіцієнт корисної дії фізичної роботи складає 25 %.
62. При адіабатному оборотному розширенні 5 моль пари анестетика хлороформу ( $\text{CHCl}_3$ ) об'єм газу змінився від  $V_1 = 30$  л до  $V_2 = 0,2$  м<sup>3</sup>. Початкова температура газу  $T_1 = 300$  К. Визначити роботу і зміну внутрішньої енергії.
63. Для нормальної життєдіяльності людині на добу необхідно  $E = 2500$  ккал енергії, що виділяється при окисленні поживних речовин киснем. Вважаючи, що об'єм вдиху становить  $V_1 = 500$  мл повітря, визначте, якою має бути середня частота дихання, якщо у повітрі, котре вдихається, є  $C_1 = 21$  % кисню, а при видиху –  $C_2 = 16$  % кисню. Вважайте, що енергетичний еквівалент кисню рівний  $q = 5$  ккал/л.
64. Яку кількість теплоти треба для сушки лікарської сировини масою  $m = 5$  т, якщо маса готової продукції дорівнює 75 % від маси до сушки? Початкова температура сировини  $t_1 = 15$  °С, температура в сушарці  $t_2 = 80$  °С. При 80 °С питома теплота випаровування води  $L = 2,3$  МДж/кг. Для спрощення розрахунків вважати, що все випаровування відбувається при 80 °С. Питома теплоємність сировини  $c = 3,47$  кДж/(кг·К).
65. Втрата тепла при випаровуванні поту з поверхні шкіри людини при нормальному потовиділенні і температурі повітря 18 °С становить 11 % від загальної тепловтрати за добу, яка дорівнює  $E = 7500$  кДж. Визначте кількість поту  $m$ , що випаровується з поверхні шкіри за добу, якщо його питома теплота пароутворення при температурі шкіри 32 °С рівна  $\lambda = 2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг.
66. Питома теплоємність газу за постійного тиску  $c_p = 920$  Дж/(кг·К), а за постійного об'єму –  $c_v = 645$  Дж/(кг·К). Визначити молярну масу цього газу і число ступенів вільності його молекул.
67. Внаслідок теплових втрат організм людини втрачає  $N = 150$  Вт. Яку масу глюкози необхідно окислити в організмі, щоб компенсувати теплові втрати за 1 годину. Вважайте, що коефіцієнтом корисної дії вуглеводного обміну рівний 40 %, теплота згорання глюкози  $q = 2,8 \cdot 10^6$  Дж/моль. Молярна маса глюкози рівна  $\mu = 0,180$  кг/моль.
68. Знайти питомі теплоємності  $c_p$  і  $c_v$  трикомпонентної газо-наркотичної суміші фторотану ( $\text{F}_3\text{C}-\text{CH}-\text{ClBr}$ ), закису азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ) і кисню. Масові долі газів відповідно дорівнюють  $w_1 = 0,01$ ,  $w_2 = 0,6$  і  $w_3 = 0,39$ .

69. При перенесенні етану із бензолу в воду при температурі  $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  ентальпія  $H$  зменшилася на  $9240\text{ Дж/моль}$ , а ентропія  $S$  – на  $84\text{ Дж/(моль}\cdot\text{K)}$ . Розрахуйте зміну повного термодинамічного потенціалу  $\Delta G$  у цьому процесі. Чи буде бензол розчинятися у воді?
70. Знайти питомі теплоємності  $c_v$  і  $c_p$  суміші газів, що містять закис азоту масою  $m_1 = 10\text{ г}$  і кисень масою  $m_2 = 20\text{ г}$ .
71. Знайти зміну ентропії при нагріванні  $100\text{ г}$  води від  $0$  до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  та наступному перетворенні її на пару тієї ж температури.
72. Визначити кількість теплоти, що утворюється в організмі людини за добу, якщо на окиснення білків витратилося  $V_1 = 80\text{ л}$  кисню, вуглеводів –  $V_2 = 490\text{ л}$  і жирів –  $V_3 = 107\text{ л}$  кисню. Відомо, що на повне окиснення  $1\text{ г}$  цих речовин витрачається відповідно:  $0,97$ ,  $0,83$ , і  $2,0\text{ л}$  кисню. Калоричний еквівалент для вуглеводів і білків  $K_1 = 17\text{ кДж/г}$ , для жирів –  $K_2 = 38\text{ кДж/г}$ .
73. Повітря, взяте при температурі  $t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , було адіабатно стиснуте так, що його об'єм зменшився у три рази. Визначити температуру повітря після стискання.
74. При непрямій калориметрії енергетичні витрати людини за час  $\tau = 8\text{ год}$  становили  $Q = 7\text{ МДж}$ . Який об'єм кисню вона видихнула, якщо відомо, що у повітрі видиху міститься  $14\text{ \%}$  кисню і  $7\text{ \%}$  вуглекислого газу?
75. Деяка маса азоту при тиску  $p_1 = 0,1 \cdot 10^5\text{ Па}$  заповнювала об'єм  $V_1 = 5\text{ л}$ , а при тиску  $p_2 = 3,03 \cdot 10^5\text{ Па}$  – об'єм  $V_2 = 2\text{ л}$ . Перехід від першого стану до другого відбувався в два етапи: спочатку по ізохорі, а потім по ізобарі. Обчислити зміну внутрішньої енергії, кількість теплоти і роботу, що виконується в цьому процесі.
76. Визначте витрати енергії людини в стані м'язового спокою, якщо за  $10\text{ хв}$  вона видихає  $60\text{ л}$  повітря, в якому міститься  $15\text{ \%}$  кисню і  $5\text{ \%}$  вуглекислого газу.
77. У результаті ізотермічного розширення об'єм кисню  $m = 8\text{ г}$  збільшився у два рази. Визначити зміну ентропії газу.
78. Спортсмен, пробігаючи дистанцію, видихає за  $1\text{ хв}$   $90\text{ л}$  повітря, в якому міститься  $13\text{ \%}$  кисню і  $9\text{ \%}$  вуглекислого газу. Якою буде витрата енергії спортсмена за  $5\text{ хв}$  дистанції?
79. Обчислити зміну ентропії  $\Delta S$  для  $m = 30\text{ г}$  льоду при перетворенні його в пару, якщо його початкова температура  $t_0 = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура пари  $t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Питома теплоємність льоду  $c = 2100\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ , теплота плавлення льоду  $\lambda = 32 \cdot 10^4\text{ Дж/кг}$ , питома теплоємність води  $c_1 = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ . Теплоємність льоду і води вважати сталими, процес відбувається при атмосферному тиску.
80. Харчовий раціон людини, яка займається розумовою або легкою фізичною працею, містить  $460\text{ г}$  вуглеводів,  $110\text{ г}$  жирів і  $130\text{ г}$  білків. Яка кількість енергії виділяється в організмі при окисненні їжі? Вважати, що засвоюється  $90\text{ \%}$  харчових продуктів.
81. При стисненні пари хлороформу ( $\text{CHCl}_3$ ) від об'єму  $V_1 = 16\text{ дм}^3$  до  $V_2 = 12\text{ дм}^3$  її тиск зріс до  $p_2 = 0,15\text{ МПа}$ . При цьому внутрішня енергія газу змінилася на  $\Delta U = 200\text{ МДж}$ . Який був початковий тиск хлороформу?

82. Визначити приріст ентропії  $\Delta S$  при змішуванні  $m_1 = 1$  г фторотану ( $\text{F}_3\text{C}-\text{CH}-\text{ClBr}$ ),  $m_2 = 60$  г закису азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ) і  $m_3 = 39$  г кисню. Температури та тиски газів до змішування однакові.
83. Визначити приріст ентропії  $\Delta S$  при змішуванні  $m_1 = 1$  г метоксилфлурану і  $m_2 = 97$  г кисню. Температури та тиски газів до змішування однакові.
84. Змішали 3 л води при  $T_1 = 310$  К з 2 л спирту при температурі  $T_1 = 285$  К. Знайти: 1) температуру суміші; 2) зміну ентропії при змішуванні.
85. При утворенні одного моля глюкози вільна енергія рослини зростає на  $\Delta G \approx 50$  кДж, а ентропія знижується на  $\Delta S_1 \approx -150$  Дж/К при  $T = 290$  К. При синтезі однієї молекули глюкози поглинається  $n = 3$  кванти світла. На скільки змінюється ентропія системи рослини–Сонце в цьому процесі? Для обчислень прийняти довжину хвилі квантів світла  $\lambda = 750$  нм.
86. При ізотермічному розширенні  $n = 3$  моль закису азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ) його ентропія зростає на  $\Delta S = 8$  Дж/К. Визначте натуральний логарифм відношення термодинамічних ймовірностей початкового і кінцевого станів газу, а також відношення тисків.
87. На місто площею  $S = 100$  км<sup>2</sup> випало 10 мм дощу. Знайдіть кількість теплоти, яка виділяється при конденсації такої кількості пари в дощових хмарах. (Розглядайте конденсацію як хімічну реакцію  $\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{р})$  і скористайтесь термодинамічними даними з додатку). Скільки нафти потрібно спалити, щоб виділилася така ж кількість теплоти?
88. Знайти зміну ентропії, енергії Гіббса і ентальпії для реакції (за стандартних умов:



Термодинамічні дані взяти з таблиці.

89. Знайти зміну ентропії при окисненні 1 моль глюкози:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{т}) + 6\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{р})$ . Вважати, що окиснення відбувається в стандартних умовах.
90. За час  $\tau = 6$  год інтенсивної роботи в гарячому цеху може виділитися до  $V = 7$  л поту. Скільки енергії виділяється організмом за цей час? На скільки зміниться при цьому ентропія довкілля? Питома теплота випаровування за цих умов  $L = 2,4$  МДж/кг, температура тіла  $t = 37$  °С.
91. Яка кількість теплоти  $\Delta Q$  витрачається з України, площа території якої  $S = 603,7$  тис. км<sup>2</sup>, за рахунок теплопровідності за рік? Середньорічний температурний градієнт тропосфери  $\Delta T/\Delta x \approx 65$  К/км. Коефіцієнт теплопровідності повітря  $\kappa = 0,024$  Вт/(м·К).
92. Яка товщина шкіри, якщо людина витрачає за добу завдяки теплопровідності крізь шкіру кількість теплоти  $Q = 2,4$  МДж? Вважати, що коефіцієнт теплопровідності  $\kappa = 0,25$  Вт/(м·К). Площа поверхні тіла  $S = 2$  м<sup>2</sup>, товщина шкіри  $\Delta x = 1,8$  мм, а різниця температур на зовнішній і внутрішній поверхнях  $\Delta T = 0,1$  К.
93. На якій глибині  $\Delta x$  температура тканини підвищується на  $\Delta T = 2$  °С при опроміненні її ультразвуком інтенсивністю  $J = 0,9$  Вт/см<sup>2</sup>, якщо теплопровідність тканини  $\kappa = 1,3$  Вт/(м·К)? Вважати, що на нагрівання тканини йде 45 % енергії ультразвуку.



94. Крізь поверхню кистей рук, яка займає 5,8 % від загальної площі поверхні тіла відбувається 75 % основного обміну. Визначити коефіцієнт теплопровідності  $k$  шкіри товщиною  $\Delta x = 1,8$  мм на кистях рук за одну добу, якщо різниця температур на зовнішній і внутрішній поверхнях  $\Delta T = 0,2$  К, площа поверхні тіла  $S = 1,8$  м<sup>2</sup>, а енергія основного обміну  $Q = 8$  МДж.
95. Яка кількість теплоти  $\Delta Q$  витрачається за добу крізь вікно палати за рахунок теплопровідності повітря, що міститься між рамами, якщо його площа  $S = 3$  м<sup>2</sup>, а відстань між рамами  $\Delta x = 18$  см. Температура в лабораторії  $t_1 = 20$  °С, а температура на вулиці  $t_2 = -10$  °С. Діаметр молекули повітря  $d = 3 \cdot 10^{-10}$  м, атмосферний тиск  $p = 760$  мм рт. ст.; температуру повітря між рамами прийняти рівною середньому арифметичному температур приміщення і зовнішнього середовища.
96. Полярник носить теплий одяг товщиною  $\Delta x_1 = 2$  см загальною площею  $S = 2$  м<sup>2</sup>. Температура на зовнішній поверхні одягу  $t_1 = -45$  °С, а на внутрішній, яка дотикається до тіла,  $t_2 = +36$  °С. Знайдіть тепловий потік  $\Phi$  крізь одяг за рахунок теплопровідності полярника, якщо: а) одяг сухий і його коефіцієнт теплопровідності дорівнює пуху ( $\kappa_1 = 0,025$  Вт/(м·К)); б) одяг став мокрим і його коефіцієнт теплопровідності відповідає воді ( $\kappa_2 = 0,58$  Вт/(м·К)), а одяг при цьому ущільнився до  $\Delta x_2 = 1,2$  см.
97. Знайти час проходження збудження (час деполяризації мембрани), якщо відомі ємність мембрани  $C$  і опір ділянок  $R$ , по яких проходить локальний (циркує між збудженими і незбудженими ділянками клітини) струм  $I$ .
98. Концентрація йонів натрію всередині клітини  $[Na^+]_i = 0,015$  моль/л, а зовні клітини –  $[Na^+]_o = 0,15$  моль/л. Внутрішньоклітинний потенціал рівний  $\phi_i = -60$  мВ відносно зовнішнього потенціалу рівного нулю. Температура клітини  $t = 37$  °С. Розрахуйте осмотичну  $A_{осм}$ , електричну роботу  $A_{ел}$ , а також зміну електрохімічного потенціалу  $\Delta \mu$  при перенесенні йонів натрію через мембрану нервової клітини назовні.
99. Штучна ліпідна мембрана завтовшки  $d = 8$  нм ділить камеру на дві частини. Різниця концентрацій метиленової синьки  $c = 4 \cdot 10^{-3}$  моль/л по обидва боки мембрани створює потік цієї речовини  $12 \cdot 10^{-6}$  моль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Знайти коефіцієнт дифузії і коефіцієнт проникності метиленової синьки крізь штучну ліпідну мембрану при температурі  $t = 37$  °С, якщо коефіцієнт розподілу  $\beta = 5 \cdot 10^{-3}$ .
100. Розрахувати час осілого життя  $\tau$  і частоту перескоків  $\nu$  із одного мембранного шару в інший ліпідів мембран саркоплазматичного ретикулула, якщо коефіцієнт латеральної дифузії  $D = 12$  мкм<sup>2</sup>/с, площа, яку займає одна молекула фосфоліпиду, –  $S = 0,7$  нм<sup>2</sup>.
101. Розрахуйте енергію, необхідну для здійснення одного циклу  $Na^+$ ,  $K^+$ -АТФазою в гігантському аксоні кальмара, якщо трансмембранний потенціал цієї клітини складає  $\Delta \phi = -60$  мВ, концентрація йонів калію і натрію зсередини і зовні відповідно рівні  $[K^+]_i = 360$  ммоль/л,  $[K^+]_o = 10$  ммоль/л,  $[Na^+]_i = 69$  ммоль/л і  $[Na^+]_o = 425$  ммоль/л. Температура клітини  $t = 37$  °С.
102. Плоска біліпідна мембрана товщиною  $d = 10$  нм ділить камеру на дві частини, в яких знаходиться речовина з концентраціями  $c_1 = 2$  і  $c_2 = 30$  ммоль/л. Потік речовини крізь мембрану  $J = 0,8$  ммоль/(м<sup>2</sup>·с).

Розрахуйте коефіцієнт дифузії  $D$  цієї речовини, якщо коефіцієнт розподілу  $K = 0,05$ .

103. Клітина при  $t = 27^\circ\text{C}$  «перекачує» електронейтральні молекули із зовнішнього середовища (концентрація  $C_0 = 10^{-3}$  моль/л) у клітину, де концентрація цієї речовини  $C_i = 10^{-2}$  моль/л. Яка мінімальна робота витрачається при такому транспорті речовини?
104. Скільки йонів калію має вийти з цитоплазми в міжклітинне середовище, щоб створити різницю потенціалів  $\Delta\phi = -100$  мВ? Радіус клітини  $r = 10$  мкм, питома електроємність мембрани  $C_s = 10^{-2}$  Ф/м<sup>2</sup>.
105. Крізь мембрану клітини водорості завтовшки  $d = 8,5$  нм дифундує формахід, коефіцієнт дифузії якого  $D = 2,8 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>/с. Концентрація формахіду в зовнішньому розчині  $C_0 = 5 \cdot 10^{-3}$  моль/л, всередині клітини — у 25 разів менша. Знайти потік формахіду всередину клітини при температурі  $t = 37^\circ\text{C}$ . Коефіцієнт розподілу формахіду в мембрані  $\beta = 10^{-3}$ .
106. Концентрація йонів хлору всередині клітини і поза нею відповідно рівна  $[\text{Cl}^-]_i = 150$  ммоль/л,  $[\text{Cl}^-]_o = 500$  ммоль/л. Потенціал спокою при цьому  $\Delta\phi = -32$  мВ. Обчисліть температуру  $t$  клітини.
107. Величина потенціалу дії аксона кальмара  $\phi_d = 90$  мВ. Яка його величина на відстані  $l = 1$  мм, якщо діаметр аксона  $d = 0,1$  мм? Поверхневий опір мембрани  $R_s = 0,1$  Ом·м<sup>2</sup>; питомий опір  $\rho = 1$  Ом·м.
108. У спокої проникності мембрани для йонів калію та натрію відносяться як  $P_K : P_{Na} = 1 : 0,04$ , а при збудженні —  $P_K : P_{Na} = 1 : 20$ . Внутрішньоклітинна концентрація йонів калію складає  $[\text{K}^+]_i = 350$  ммоль/л, позаклітинна — в 60 раз менша; внутрішньоклітинна концентрація йонів натрію  $[\text{Na}^+]_i = 50$  ммоль/л, зовнішньоклітинна — в 10 разів більша. Визначте рівноважний потенціал  $\Delta\phi_K$  і  $\Delta\phi_{Na}$  для кожного з цих йонів, величину потенціалу спокою  $\Delta\phi_c$  і потенціалу дії  $\Delta\phi_d$ . Температура клітини  $27^\circ\text{C}$ .
109. Для мембрани скелетних м'язів ссавців концентрація йонів калію в цитоплазмі  $[\text{K}^+]_i = 145$  ммоль/л, а в міжклітинному середовищі —  $[\text{K}^+]_o = 4,5$  ммоль/л; концентрація йонів натрію в міжклітинному середовищі  $[\text{Na}^+]_o = 140$  ммоль/л. Яка концентрація йонів натрію в цитоплазмі, якщо амплітуда потенціалу дії  $\phi_m = 160$  мВ? Температура  $t = 37^\circ\text{C}$ ;  $_o$  — over — ззовні;  $_i$  — inter — всередині.
110. Під час генерації потенціалу дії через відкритий натрієвий канал мембрани нейрона проходить електричний струм порядку  $I = 1$  пА. Скільки каналів необхідно відкрити на одиниці поверхні мембрани для генерації потенціалу дії з амплітудою  $U_m = 120$  мВ і тривалістю  $t = 1$  мс. Прийняти питому ємність мембрани  $C_s = 1$  мкФ/см<sup>2</sup>.
111. Мембранний потенціал спокою м'язового волокна становить  $\phi_n = 98$  мВ. Електричне поле в мембрані вважати однорідним і рівним  $11,5$  МВ/м. Знайти товщину мембрани.
112. Обчислити мембранну різницю потенціалів, яка генерується  $\text{Na}^+, \text{K}^+$  — помпою, якщо відношення проникності мембрани для йонів  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  складає  $P_K : P_{Na} = 1 : 0,04$ , температура  $t = 37^\circ\text{C}$ , а концентрації йонів відповідно становлять  $[\text{K}^+]_o = 5$  мМ,  $[\text{K}^+]_i = 160$  мМ;  $[\text{Na}^+]_o = 160$  мМ,  $[\text{Na}^+]_i = 20$  мМ. ( $_o$  — over — ззовні;  $_i$  — inter — всередині).

113. Обчислити стаціонарну мембранну різницю потенціалів, використовуючи рівняння Гольдмана, при  $t = 37^\circ\text{C}$ , для концентрацій:

$$\frac{[\text{K}^+]_i}{[\text{K}^+]_o} = \frac{160}{5}; \quad \frac{[\text{Na}^+]_i}{[\text{Na}^+]_o} = \frac{20}{160}; \quad \frac{[\text{Cl}^-]_i}{[\text{Cl}^-]_o} = \frac{10}{130}$$

- а) у стані спокою  $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,45$ ;  
б) у стані збудження  $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 20 : 0,45$ .
114. Обчислити рівноважно-мембранну різницю потенціалів та її знак за рівнянням Нернста для кожного йона:  
а)  $[\text{Na}^+]_o = 160 \text{ мМ}$ ,  $[\text{Na}^+]_i = 20 \text{ мМ}$ ;  
б)  $[\text{K}^+]_o = 5 \text{ мМ}$ ,  $[\text{K}^+]_i = 160 \text{ мМ}$ ;  
в)  $[\text{Cl}^-]_o = 130 \text{ мМ}$ ,  $[\text{Cl}^-]_i = 10 \text{ мМ}$ .  
Температура  $t = 37^\circ\text{C}$ ; ( $o$  – over – ззовні;  $i$  – inter – всередині).
115. Між кінцем мікроелектрода, заповненим розчином натрій хлориду, і зовнішнім сольовим розчином при  $t = 37^\circ\text{C}$  фіксується дифузійний потенціал  $-15 \text{ мВ}$ . Яка концентрація натрій хлориду у зовнішньому розчині, якщо відношення коефіцієнтів рухливості йонів  $U_{Cl^-}/U_{Na^+} = 1,5$ ?
116. Мембранний потенціал  $\Delta\phi_m = 100 \text{ мВ}$ . Яка кількість йонів має перейти з цитоплазми в позаклітинне середовище, щоб створити таку різницю потенціалів? Радіус клітини  $r = 6 \text{ мкм}$ . Питома електроємність  $C_s = 4,5 \text{ мФ/м}^2$ . Який заряд мембрани?
117. Штучна ліпідна мембрана завтовшки  $8 \text{ нм}$  ділить камеру на дві частини. Різниця концентрації метиленової синьки  $\Delta c = 4 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$  по обидва боки мембрани створює потік цієї речовини  $\Phi = 12 \cdot 10^{-6} \text{ моль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Знайти коефіцієнт дифузії і коефіцієнт проникності метиленової синьки крізь штучну ліпідну мембрану при температурі  $t = 37^\circ\text{C}$ , якщо коефіцієнт розподілу  $\beta = 5 \cdot 10^{-3}$ .
118. Біологічну мембрану можна представити як електричний конденсатор. Знайти товщину ліпідної частини мембрани, якщо ємність мембрани на одиницю площі  $C_m = 5 \text{ мФ/м}^2$ . ( $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ ,  $\varepsilon = 2$ ).
119. Питомий опір плазматичної мембрани аксона кальмара  $1,1 \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ . Вважаючи мембрану сферою з радіусом  $10 \text{ мкм}$ , знайти вхідний опір мембрани.
120. Визначити проникливість плазматичної мембрани для формальдегіду, якщо при різниці концентрацій всередині і зовні мембрани  $5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$  густина потоку даної речовини через мембрану дорівнює  $8 \cdot 10^{-7} \text{ моль} \cdot \text{см}/(\text{л} \cdot \text{с})$ .
121. Розрахуйте час  $\tau$  осілого життя і частоту стрибків  $\nu$  із одного мембранного шару в інший ліпідів мембран саркоплазматичного ретикулума, якщо коефіцієнт дифузії  $D = 12 \text{ мкм}^2/\text{с}$ , площа, яку займає одна молекула фосфоліпіду,  $f = 0,7 \text{ нм}^2$ .
122. Різниця концентрацій молекул по обидві сторони мембрани  $\Delta C = 45 \text{ ммоль/л}$ , коефіцієнт розподілу між мембраною і зовнішнім середовищем  $k = 30$ , коефіцієнт дифузії  $D = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ , густина потоку  $I = 25 \text{ моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . Обчисліть товщину  $l$  цієї мембрани.
123. Для гігантського аксона кальмара концентрації всередині клітини  $[\text{K}^+]_i = 360 \text{ ммоль/л}$  і зовні клітини  $[\text{K}^+]_o = 10 \text{ ммоль/л}$ . Знайдіть мембранний потенціал Нернста.

124. Розрахувати мембранний потенціал гігантського аксона кальмара, якщо відомі експериментальні дані для концентрацій йонів калію, натрію і хлору всередині і зовні клітини:  $[K^+]_B = 360$  ммоль/л;  $[K^+]_3 = 11$  ммоль/л;  $[Na^+]_B = 50$  ммоль/л;  $[Na^+]_3 = 470$  ммоль/л;  $[Cl^-]_B = 120$  ммоль/л;  $[Cl^-]_3 = 600$  ммоль/л. Відношення проникностей мембрани для даних йонів:  $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,45$ . Температура  $t = 27^\circ \text{C}$ .
125. Рубіновий лазер випромінює в імпульсі  $n = 2 \cdot 10^{19}$  світлових квантів із довжиною хвилі  $\lambda = 694$  нм. Яка середня потужність спалаху лазера, якщо його тривалість  $\tau = 2$  мс?
126. Визначити спектральну густину потужності для лазера потужністю  $P = 1$  Вт, радіусом пучка  $R = 1,5$  мм, довжиною хвилі  $\lambda = 500$  нм.
127. Визначити довжину хвилі, яку випромінює рубіновий лазер, якщо середня потужність лазера  $P = 2,8$  кВт за тривалості імпульсу  $\tau = 2$  мс. В імпульсі випромінюється  $n = 2 \cdot 10^{19}$  світлових квантів.
128. Тканину опромінюють лазерним пучком, діаметр якого  $d = 0,1$  мм, потужність  $P = 1$  мВт. Визначити поверхневу густину потужності. У скільки разів зміниться поверхнева густина потужності, якщо збільшити радіус у  $k = 2$  рази?
129. Для деякої хірургічної процедури промінь гелій-неонового лазера потужністю  $P = 10$  мВт сфокусували на плямі діаметром  $d = 0,4$  мм. Лазер дав спалах тривалістю  $\tau = 1,5$  с. Яка енергія спалаху? Яка густина потужності  $P_s$  на плямі?
130. Аргонний лазер потужністю до  $P = 150$  Вт з основними довжинами хвиль  $\lambda_1 = 0,488$  мкм і  $\lambda_2 = 0,5145$  мкм використовують у хірургії як лазерний скальпель. Розбіжність лазерного пучка  $Q = 0,002$  рад. Радіус пучка  $r = 0,05$  мм. Яка яскравість лазерного пучка?
131. Порівняти інтенсивності випромінювання, отримані від теплового і лазерного джерел однакової потужності  $P$ , що розміщені на однаковій відстані  $l$  від біологічної тканини. Розбіжність лазерного пучка  $Q = 0,001$  рад.
132. При опроміненні різних біотканин лазерними імпульсами ближнього ІЧ-діапазону спостерігали їх свічення. Поріг виникнення свічення епідермісу  $E_1 = 0,2$  Дж/см<sup>2</sup>, м'язової тканини  $E_2 = 3,2$  Дж/см<sup>2</sup>. Якою має бути густина потужності лазерного випромінювання при тривалості імпульсу  $\tau = 1$  мс, щоб викликати свічення епідермісу і м'язової тканини?
133. З точки зору лазерної терапії важливим є ефективне підведення на відповідну глибину лазерного випромінювання певної потужності у визначеному часовому інтервалі, тобто енергетична доза випромінювання. Скільки часу необхідно опромінювати біологічну тканину лазером в імпульсному режимі для одержання енергетичної дози  $E = 1$  Дж? Потужність імпульсу  $P = 50$  Вт, тривалість імпульсу  $\tau = 200$  нс, частота повторення імпульсів  $f = 2000$  Гц.



134. Основні технічні характеристики апарату електролазерної пунктури: довжина хвилі  $\lambda = 0,63$  мкм, діапазон потужності випромінювання на виході світловода від  $P_1 = 0,1$  мВт до  $P_2 = 0,6$  мВт, діаметр пучка лазерного випромінювання на виході світловодів  $d = 1,5 \pm 0,1$  мм. Визначити, яку енергетичну дозу одержить пацієнт за  $k = 20$  процедур тривалістю  $t = 15$  хв кожна?
135. Для точкового зварювання сітківки ока з судинною оболонкою використовується лазер, що генерує світлові імпульси з довжиною хвилі  $\lambda = 640$  нм, тривалістю  $\tau = 25$  мс, середньою потужністю  $P = 0,50$  Вт в імпульсі. Яка енергія  $E$  може виділитися в імпульсі і скільки фотонів в ньому?
136. Довжина хвилі рентгенівського лазера  $\lambda_1 = 4,6$  нм. У скільки разів відрізняється енергія кванта випромінювання такого лазера порівняно з квантами лазера, який генерує синє світло з довжиною хвилі  $\lambda_2 = 460$  нм?
137. Обчисліть енергію, яку щосекунди втрачає людина при теплообміні з навколишнім середовищем. Розгляньте два випадки: 1) роздягнута людина; 2) людина вдягнута у костюм із вовняної тканини. Коефіцієнт поглинання шкіри людини  $\alpha_1 = 0,9$ ; вовняної тканини  $\alpha_2 = 0,76$ ; температура поверхні шкіри  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ ; поверхні тканини  $t_2 = 20^\circ\text{C}$  та оточуючого середовища  $t_3 = 18^\circ\text{C}$ . Площа поверхні, крізь яку відбувається теплообмін променистої енергії з оточуючим середовищем, рівна  $S = 1,2$  м<sup>2</sup>.
138. При свіченні еритроцитів тварин за час  $t = 1$  с з поверхні площею  $S = 1$  см<sup>2</sup> випромінюється від 10 до 35 фотонів з довжиною хвилі  $\lambda = 550$  нм. Інтенсивність випромінювання клітин кісткового мозку тварин перевищує мінімальну інтенсивність свічення еритроцитів у 20 – 30 разів. Визначити інтенсивність випромінювання клітин кісткового мозку і кількість фотонів, що випромінюється клітинами кісткового мозку за час  $t = 1$  с в даній області інтенсивності.
139. Квантовий вихід люмінесценції речовини  $\eta = 1,6$ . Інтенсивність люмінесценції в  $k = 4$  рази менша за інтенсивність збуджуючого світла. Визначити оптичну густину речовини.
140. Довжина хвилі, на яку припадає максимум енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла, рівна 580 нм. Визначити енергетичну світність тіла.
141. З поверхні сажі площею  $S = 2$  см<sup>2</sup> за температури  $T = 400$  К за  $t = 5$  хв випромінюється  $E = 83$  Дж енергії. Визначити коефіцієнт чорноти сажі.
142. Температура абсолютно чорного тіла змінилася при нагріванні від 1000 до 3000 К. У скільки разів збільшилася при цьому енергетична світність  $R$ ? На скільки змінилася довжина хвилі  $\lambda$ , на яку припадає максимум спектральної густини енергетичної світності? У скільки разів збільшилася його максимальна спектральна густина енергетичної світності  $r_\lambda$ ?
143. Інтенсивність випромінювання тіла людини збільшилася на 2,62 %. На скільки відсотків зросла температура?
144. Визначити роботу виходу електрона з поверхні деякого металу і червону межу фотоэффекту, якщо відомо, що потік фотоелектронів, які вириваються з поверхні металу монохроматичним світлом із довжиною хвилі

$\lambda = 0,413$  мкм, повністю затримується, якщо різниця потенціалів гальмівного електричного поля досягає значення  $U = 1$  В.

145. Унаслідок поглинання хлорофілом деревостанів сонячної радіації у процесі фотосинтезу відбувається перетворення вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  і синтез вуглеводню. На перетворення однієї молекули  $\text{CO}_2$  потрібно 10 фотонів, які поглинаються одночасно. Натомість при спалюванні деревини виділяється  $\Delta W = 5,7$  еВ енергії з розрахунку на одну молекулу сухої деревини. Знайти за цими результатами коефіцієнт корисної дії фотосинтезу. Хлорофіл поглинає в ділянках спектра з максимумами  $\lambda_1 = 670$  нм і  $\lambda_2 = 440$  нм.
146. Яка доля енергії фотона використовується для відривання фотоелектрона, якщо червона межа фотоефекту  $\lambda_0 = 307$  нм, а максимальна кінетична енергія фотоелектронів  $E_k = 4$  еВ?
147. Визначити кінетичну енергію фотоелектронів, що виникають унаслідок фотоефекту з поверхні цезію, робота виходу з якого  $A = 1,89$  еВ, якщо довжина падаючої світлової хвилі складає 415 нм.
148. Око людини здатне сприймати світло з довжиною хвилі  $\lambda = 500$  нм при потужності не меншій, ніж  $N = 2,1 \cdot 10^{-17}$  Вт. Визначити кількість падаючих при цьому на сітківку ока фотонів.
149. Для розриву хімічного зв'язку в фотохімічній реакції необхідна енергія 430 кДж/моль. Світло з якою довжиною хвилі необхідно використати для цієї фотохімічної реакції?
150. Для визначення чутливості клітин до радіоактивного опромінення в живильне середовище, де вони розмножуються, вводять радіоактивний фосфор ( $^{32}_{15}\text{P}$ ), який після однократного розпаду перетворюється в атоми сірки ( $^{32}_{16}\text{S}$ ). Якому виду опромінення піддавалися клітини?
151. Для визначення об'єму крові корови ізотопним методом у її кров ввели 1 см<sup>3</sup> розчину, що містить мічені радіоактивним ізотопом  $^{32}_{15}\text{P}$  еритроцити. Активність цього об'єму, виміряна лічильником Гейгера, становить  $A_0 = 8000$  імп./с. Активність об'єму  $V_1 = 1$  см<sup>3</sup> крові, взятої з вени корови через час  $t = 1$  доба, становить  $A = 20$  імп./хв. Визначити об'єм крові корови  $V$ , якщо період піврозпаду ізотопу фосфору  $T_{1/2} = 14,3$  доби.
152. При дослідженні 6 травня розчину радіоактивного йоду  $^{131}_{53}\text{I}$  у радіологічній лабораторії його активність  $A_0 = 200$  МБк/мл. Радіоізотопне дослідження щитовидної залози в пацієнтів проводилося 20 травня. Яка активність препарату йоду на момент діагностичного обстеження, якщо період піврозпаду  $T_{1/2} = 8,1$  доби?
153. Обчислити сталу радіоактивного розпаду  $\lambda$  та активність ізольованого ізотопу радію  $^{226}_{88}\text{Ra}$  масою  $m = 1$  г. Визначте час, за який активність зменшиться на 10 %. Період піврозпаду радію  $^{226}_{88}\text{Ra}$  становить  $T_{1/2} = 1620$  років.
154. Для кількісної оцінки функціонуючої паренхіми окремо для кожної нирки використовують неогідрин, мічений  $^{203}\text{Hg}$ , який секретується в проксимальних відділах тубулярної системи нирок. Хворому доведено вводиться неогідрин активністю  $A = 0,2$  мкКі на 1 кг маси тіла. Скільки  $^{203}\text{Hg}$

треба ввести хворому масою 80 кг? Якою буде його активність через  $t = 3$  доби? Для  $^{203}\text{Hg}$  період піврозпаду  $T_{1/2} = 46,9$  доби.

155. У скільки разів зменшиться інтенсивність рентгенівських променів із довжиною хвилі  $\lambda = 20$  пм при проходженні шару заліза товщиною  $x = 0,15$  мм? Масовий коефіцієнт поглинання заліза для цієї довжини хвилі  $\mu_m = 1,1$  м<sup>2</sup>/кг.
156. При масі людини 70 кг вміст калію в середньому складає 140 г, із них 0,01 % припадає на радіоактивний ізотоп  $^{40}_{19}\text{K}$ . Визначити кількість  $\gamma$ -квантів, що виникають щосекунди при розпаді, якщо з 100 розпадів 11 супроводжується випромінюванням  $\gamma$ -квантів.
157. Пластина алюмінію в 2 рази ослаблює інтенсивність рентгенівського проміння. Знайти товщину цієї пластинки, якщо масовий коефіцієнт поглинання становить  $\mu_m = 5,3$  м<sup>2</sup>/кг. Густина алюмінію  $\rho = 2700$  кг/м<sup>3</sup>.
158. Для лікування злоякісних пухлин використовують медичні гамма-апарати. Як джерело опромінювання глибоко розташованих пухлин використовують радіоактивний  $^{60}_{27}\text{Co}$  активністю до  $5 \cdot 10^3$  Кі, а для пухлин, розташованих глибше, ніж 6 см – радіоактивний  $^{137}_{55}\text{Cs}$  активністю 600 Кі. Яка маса радіоактивного  $^{60}_{27}\text{Co}$  і  $^{137}_{55}\text{Cs}$  використовується в цих гамма-апаратах? Для  $^{60}_{27}\text{Co}$  період піврозпаду  $T_{1/2} = 5,263$  років. Для  $^{137}_{55}\text{Cs}$  період піврозпаду  $T_{1/2} = 30$  років.
159. Активність радіофармацевтичного препарату за добу зменшилася від  $A_0 = 128$  мкКі до  $A = 8$  мкКі. Знайти період піврозпаду препарату.
160. Скільки пар йонів у середньому може утворити в повітрі  $\beta$ -частинка, що випускається при розпаді ядра атома  $^{32}_{15}\text{P}$ ? Приблизно можна вважати, що середня енергія частинки дорівнює  $1/3$  максимальної енергії. Для утворення пар йонів у повітрі потрібно  $E_0 = 34$  еВ.
161. Потужність поглиненої дози для людини масою  $m = 60$  кг становила  $7,75 \cdot 10^{-7}$  Гр/с. Яка енергія була поглинена людиною протягом 6 годин?
162. Для людини поглинена доза йонізуючої радіації в  $D = 10$  Гр є летальною. На скільки градусів  $\Delta t^\circ$  може нагріти енергія цього випромінювання водяне середовище організму, якщо кількість води складає 60 % від маси організму?
163. У клітинах біологічного об'єкта міститься  $5 \cdot 10^{-7}$  моль радіоактивного  $^{60}\text{Co}$ . Скільки ядер  $^{60}\text{Co}$  розпадеться за 1 рік?
164. Активність радіоактивного тритію  $^3_1\text{H}$  в організмі людини  $A = 8 \cdot 10^{-11}$  Кі, енергія  $\beta$ -частинок (максимальна) при розпаді  $E = 17,6$  кеВ. Яку дозу поглинає людина масою  $m = 80$  кг за час  $t = 70$  років? Чи можна цією дозою знехтувати?
165. На заводах, які виготовляють ядерне паливо, працюючий персонал отримує середню індивідуальну поглинену дозу 0,01 Гр за рік. У скільки разів відрізняється середня річна поглинена доза, яку отримує людина за рахунок опромінювання, від природного радіаційного фону 15 мкР/год?
166. Яку товщину свинцевої пластини треба взяти, щоб ослабити пучок рентгенівських променів енергією  $E = 200$  кеВ в 500 разів? Лінійний коефіцієнт поглинання  $\gamma$ -випромінювання для свинцю  $\mu = 6,3$  см<sup>-1</sup>. Скільки шарів половинного ослаблення треба для цього взяти?

167. Середня потужність експозиційної дози опромінення в рентгенівському кабінеті дорівнює  $6,45 \cdot 10^{-12}$  Кл/(м·с). Лікар перебуває в кабінеті протягом 5 годин. Яка доза (у рентгенах) опромінення лікаря за 24 робочих дні місяця?
168. Для визначення лінійної швидкості кровоплину доведено вводять препарат, що не дифундує через судинну сітку ( $400 \text{ мкКі } {}^{131}_{53}\text{I}$  - гіпурану, або  $250 \text{ мкКі } {}^{131}_{53}\text{I}$  - альбуміна людської сироватки, або  $A = 15 \text{ мКі } {}^{99}_{43}\text{Tc}$  - пертехнетата) в об'ємі не більше  $V = 4$  мл. Яка маса радіонукліду  ${}^{131}_{53}\text{I}$  ( $T_{1/2} = 8,01$  доби) або  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  ( $T_{1/2} = 6$  год) вводиться в організм? Яка питома активність цих препаратів? Якою буде вона через добу?
169. Для визначення швидкості потоку крові у великому колі кровообігу хворому у праву ліктьову вену необхідно ввести фізіологічний розчин, що містить  ${}^{24}_{11}\text{Na}$  ( $T_{1/2} = 5,33 \cdot 10^4$  с) активністю  $A = 60 \text{ мкКі}$ . Визначити, яку кількість розчину (в мл) треба ввести, якщо він був приготований із питомою активністю  $A = 230 \text{ мкКі/мл}$  за 3 год. до введення.
170. У досліді використовується радіоактивний  ${}^{24}\text{Na}$  масою  $m = 3,05 \cdot 10^{-12}$  кг. Яка активність цього препарату в беккерелях і кюрі? Яка питома активність цього препарату, якщо період піврозпаду  $T_{1/2} = 15,5$  год?
171. Для дослідження функціонального стану щитовидної залози хворому через рот вводять  $V = 25$  мл 10 %-го розчину глюкози, що містить радіоактивний йод. Визначити кількість йоду (у грамах), який знаходиться в розчині, якщо його питома активність на момент уведення була  $A_m = 0,08 \text{ мкКі/мл}$ . Період піврозпаду препарату  $T_{1/2} = 8,01$  доби.
172. Хворому було введено  $300 \text{ мг } \text{Na}_2\text{HPO}_4$ , що містить  ${}^{32}_{15}\text{P}$  ( $T_{1/2} = 14,3$  доби). Питома активність препарату на момент введення була  $A_m = 5 \text{ мкКі/мг}$ . Визначити, який відсоток радіоактивного фосфору залишився в тілі хворого через дві доби після введення, якщо активність його стала  $A = 72 \text{ мкКі}$ .
173. Знайти енергію реакції  ${}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^6_3\text{Li}$ , якщо відомо, що кінетичні енергії протона  $E_{\kappa}(\text{H}) = 5,45 \text{ МеВ}$  і ядра гелію  $E_{\kappa}(\text{He}) = 4 \text{ МеВ}$ , і що ядро гелію вилетіло під кутом  $\alpha = 90^\circ$  до напрямку руху протона. Ядро-мішень  ${}^9_4\text{Be}$  нерухоме.
174. Хворому ввели мічені  ${}^{51}_{24}\text{Cr}$  еритроцити в кількості  $V = 5$  мл. Радіоактивність  $0,01$  мл вихідного розчину –  $A_1 = 80$  імп/хв. Радіоактивність  $1$  мл еритроцитів у крові, отриманої через  $10$  хвилин після ін'єкції радіонукліда,  $A_2 = 20$  імп/хв. Показник венозного гематокриту в хворого –  $45\%$  ( $H = 0,45$ ). Визначити об'єм циркулюючих еритроцитів і об'єм циркулюючої крові.
175. У хворих на лейкоз протягом перших трьох днів після введення затримується в організмі  $70\text{--}80\%$  радіоактивного Фосфору  ${}^{32}_{15}\text{P}$ , а через тиждень  $50\text{--}60\%$ . В середньому на курс лікування хворий одержує сумарну активність, яка дорівнює  $8\text{--}10 \text{ мКі}$ . Препарат  ${}^{32}_{15}\text{P}$  вводиться перорально по  $2\text{--}3 \text{ мКі}$  один раз на тиждень. Яка активність препарату в організмі через  $3$  дні після введення; через тиждень? Яку масу  ${}^{32}_{15}\text{P}$  отримає хворий за весь курс лікування?



176. Як індикатор застосовується ізотоп радіоактивного натрію  $^{24}_{11}\text{Na}$ , що має короткий період піврозпаду ( $T_{1/2} = 14,8$  год).  $^{24}_{11}\text{Na}$  випромінює  $\gamma$ -кванти з енергією  $E_1 = 1,38$  МеВ і  $E_2 = 2,76$  МеВ. У ліву ліктьову вену вводять стерильний розчин радіоактивного натрію з активністю 60–70 мкКі у вигляді солі ( $\text{NaCl}$ ). Яка маса радіоактивного натрію вводиться у ліктьову вену? Якою буде його активність в організмі через 4 доби? Який пробіг даних  $\gamma$ -частинок у повітрі?
177. Для вивчення обміну вітаміну  $\text{B}_{12}$  його мітять радіоактивним  $^{58}_{27}\text{Co}$ . Перевага мітки  $^{58}_{27}\text{Co}$  в тому, що він має порівняно малий період піврозпаду ( $T_{1/2} = 71$  доби) в порівнянні з  $^{60}_{27}\text{Co}$  ( $T_{1/2} = 5,3$  роки), що дозволяє проводити повторні дослідження на одному і тому ж пацієнті, не перевищуючи допустиму дозу опромінення в печінці (де зберігається вітамін  $\text{B}_{12}$ ). На скільки, у порівнянні з початковою, зміниться питома активність  $^{58}_{27}\text{Co}$  через рік?
178. При розкопках в одному випадку знайдено рештки тварини з питомою активністю  $A_1 = 7,15$  розпадів/(хв·г) (за  $^{14}_6\text{C}$ ), а в іншому – з  $A_2 = 3,86$  розпадів/(хв·г). Який інтервал часу пройшов між існуванням цих об'єктів, якщо для  $^{14}_6\text{C}$  період піврозпаду  $T_{1/2} = 5668$  років? У сучасних умовах питома активність  $^{14}_6\text{C}$  організмів  $A_m = 15,3$  розпадів/(хв·г). Який вік викопних тварин?
179. При опроміненні  $\gamma$ -квантами ліофілізованого порошку рибонуклеази дозою  $X = 390$  кГр його активність зменшилась у 4 рази порівняно з активністю неопроміненого препарату. Інактивація рибонуклеази відбувається за одноударним механізмом. Оцінити молярну масу рибонуклеази і дозу опромінення.
180. Відразу ж після синтезу препарату радіоактивного нукліда  $^{130}_{53}\text{I}$  почали вимірювати зміну його активності в часі. За час  $t = 1,23$  год розпалося  $N = 10^3$  ядер радіоактивного  $^{130}_{53}\text{I}$ , період піврозпаду якого  $T_{1/2} = 12,3$  год. Скільки ядер  $^{130}_{53}\text{I}$  було в препараті на початку експерименту?
181. Потужність дози на гамма-установці, зарядженій  $^{60}_{27}\text{Co}$  5 років тому  $\dot{D} = 0,8$  Гр/хв. Визначити потужність дози  $^{60}_{27}\text{Co}$  на цій же установці на даний момент, якщо період піврозпаду  $T_{1/2} = 5,3$  років.
182. Нехтуючи кінетичними енергіями ядер дейтерію і приймаючи їх сумарний імпульс таким, що дорівнює нулю, визначити кінетичні енергії та імпульси продуктів реакції  $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^1_0\text{n}$ .
183. Хворому було введено 300 мг  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , що містить радіоактивний ізотоп  $^{32}_{15}\text{P}$ . Питома активність препарату в момент введення  $A_m = 7$  мкКі / мг. Обчислити, який відсоток радіоактивного фосфору залишився в тілі хворого через чотири доби після введення, якщо його активність стала  $A = 62$  мкКі.
184. Лічильник Гейгера, встановлений поблизу препарату радіоактивного ізотопу срібла, при першому вимірюванні зареєстрував 5200  $\beta$ -частинок за хвилину, а через добу – 300. Визначити період піврозпаду ізотопу  $T_{1/2}$ .

185. Під час вимірювання активності радіоактивного фармацевтичного препарату (РФП) отриманні наступні дані:

Час (год)	0	1	2	3	4	5
Активність (Бк)	880	840	802	766	732	699

Визначити, який радіонуклід знаходиться в РФП?

186. Коливальний контур апарату для загальної д'арсонвалізації складається з двох однакових конденсаторів, з'єднаних послідовно, і котушки індуктивності. Ємність кожного конденсатора 10 мФ. Визначити індуктивність котушки, якщо довжина електромагнітної хвилі контуру км.
187. У сучасних фізіотерапевтичних приладах використовується коливальний контур, який складається з котушки, індуктивність якої  $L = 0,06$  мГн, омичного опору  $R = 2$  Ом і конденсатора ємністю  $C = 0,04$  мкФ. Яку середню потужність має споживати контур, щоб в ньому підтримувались незгасаючі коливання з амплітудним значенням напруги на конденсаторі  $U_0 = 15$  В?
188. Електронагрівник в установці для термічної обробки лікарської сировини за 10 хвилин випаровує 1 л води, взятої при температурі 20 °С. Визначити довжину ніхромової дротини перерізом 0,5 мм<sup>2</sup>, враховуючи, що установка живиться напругою 120 В і її коефіцієнт корисної дії рівний 80 %.
189. Згідно з основними вимогами до лікувально-профілактичних заходів при застосуванні магнітних полів роботу на магнітних пристроях слід виконувати при магнітній індукції для рук не більшою від 20 мТл, а для інших частин тіла – 30 мТл. Пульт управління магнітним пристроєм має знаходитися в зоні з мінімальною магнітною індукцією, що не перевищує 10 мТл. Знайти значення напруженостей цих магнітних полів. Які густини енергій цих магнітних полів?
190. Для прогрівання м'язової тканини на плоскі електроди подається напруга  $U = U_0 \sin \omega t$  з амплітудою  $U_0 = 250$  В і частотою  $\nu = 10^6$  Гц. Активний опір цієї ділянки кола  $R = 10^3$  Ом, ємність  $C = 5 \cdot 10^{-8}$  Ф. Визначити кількість теплоти, що виділяється в об'ємі тканини між електродами за період коливань  $T$  і за час процедури  $t = 10$  хв.
191. Обчислити період коливань і довжину хвилі, що виникають в терапевтичному контурі апарату УВЧ-1, якщо ємність конденсатора  $C = 20$  пФ, кількість витків котушки –  $n = 1$ , діаметр проводу –  $d = 1$  мм, діаметр витка  $D = 20$  мм.
192. Коливальний контур апарата діатермії УДЛ-350 складається з двох паралельно з'єднаних конденсаторів і котушки індуктивності. Один конденсатор має сталу електроємність 330 пФ, а інший – змінну ємність 25-150 пФ. На яку електроємність слід налаштувати конденсатор змінної ємності, щоб резонансна частота контуру дорівнювала 1525 кГц, якщо індуктивність котушки дорівнює 25,5 мкГн? В яких межах можна змінювати резонансну частоту контуру за допомогою конденсатора змінної ємності?
193. Лазерний промінь спрямовують гнучким світловодом на тканину. При цьому промінь лазера має потужність  $N = 20$  мВт при діаметрі  $d = 2$  мм.

Знайти середньоквадратичні значення напруженостей електричного і магнітного полів.

194. Опір тканини постійному струму в колі між електродами при гальванізації складає  $R = 2000$  Ом при площі прокладок  $S = 100$  см<sup>2</sup> і густині струму  $j = 0,1$  мА/см<sup>2</sup>. Визначте напругу, яку має забезпечити апарат для гальванізації.
195. Визначити тангенс кута діелектричних втрат  $\operatorname{tg}\delta$  для жирових тканин для високочастотного змінного струму частотою  $\nu_1 = 30$  МГц і  $\nu_2 = 50$  ГГц. Питома електропровідність і діелектрична стала для  $\nu_1$  відповідно дорівнюють:  $\kappa_1 = 20$  См·м<sup>-1</sup>,  $\epsilon_1 = 20$ ; для частоти  $\nu_2$  –  $\kappa_2 = 500$  См·м<sup>-1</sup>,  $\epsilon_2 = 4,5$ . До діелектриків чи провідників належать дані тканини на цих частотах?
196. Йонофорез застосовується для введення лікарських засобів у тіло людини при допомозі постійного електричного струму. Визначте, яку кількість йонів йоду буде введено хворому за  $t = 10$  хвилин при густині струму  $j = 0,05$  мА/см<sup>2</sup> з електрода площею  $S = 5$  см<sup>2</sup>.
197. Дослідниками виявлено позитивний лікувальний ефект від дії постійного магнітного поля при посттромбофлебійній хворобі. При цьому оптимальна дія магнітного поля відмічена при індукції 10–25 мТл. Визначити густину енергії цього магнітного поля.
198. Струм, що споживається апаратом УВЧ від мережі напругою  $U = 220$  В, рівний  $I = 0,8$  А. У тілі хворого при цьому поглинається потужність  $P = 15$  Вт. Визначте коефіцієнт корисної дії генератора  $\eta$  та кількість теплоти, яка виділяється у тканинах, якщо процедура тривала  $t = 10$  хвилин.
199. Вивчаючи вплив щоденної дії НВЧ електромагнітного поля інтенсивністю  $P_1 = 1$  мВт/см<sup>2</sup> і  $P_2 = 100$  мВт/см<sup>2</sup> на окисно-відновний потенціал (ОВП) в органах і тканинах білих щурів, дослідники встановили, що вони викликають достовірне підвищення ОВП в печінці і в сім'яниках та зниження цього показника в м'язах. Яким амплітудам напруженості електричного поля відповідають дані інтенсивності?
200. Досліди на 50 щурах, які піддавалися щоденному НВЧ-опроміненню інтенсивністю  $P = 100$  мВт/см<sup>2</sup> протягом 30 днів по 15 хв, показують про достовірне підвищення вільних сульф-гідрильних груп у крові і печінці та зниження відновного глутатіону в печінці протягом усього періоду опромінення. Яка амплітуда індукції електромагнітного поля? Який потік енергії?
201. Дані магнітоенцефалограми дають значення для індукції магнітного поля мозку  $B = 10^{-12}$  Тл. Якій силі струму це відповідає, якщо припустити, що магнітне поле мозку створюється коловим струмом (радіус кільця  $r = 2$  см), а значення поля вимірюється на осі на відстані  $d = 5$  см від центра кільця?
202. Коливальний контур апарату діатермії складається з котушки індуктивністю  $L = 3$  мкГн і двох конденсаторів з ємністю  $C = 7$  мкФ кожний, з'єднаних між собою паралельно. Знайти 1) частоту електромагнітних коливань контуру; 2) довжину електромагнітної хвилі.

203. Питома електропровідність і діелектрична стала м'язових тканин для частоти  $\nu_1 = 27$  МГц і  $\nu_2 = 100$  ГГц відповідно дорівнюють:  $\kappa_1 = 0,4$  См·м<sup>-1</sup>;  $\epsilon_1 = 200$ ; для частоти  $\nu_2$  —  $\kappa_2 = 10$  См·м<sup>-1</sup>,  $\epsilon_2 = 40$ . Визначити тангенс кута діелектричних втрат  $\operatorname{tg}\delta$  для м'язових тканин на цих частотах. Як діелектрики чи як провідники поведуться дані тканини на цих частотах?
204. Магнітна індукція поля, яке створене відрізком прямого провідника зі струмом, у точці, яка рівновіддалена від кінців відрізка і знаходиться на відстані  $r_0 = 0,2$  м від його середини,  $B = 24,9$  мкТл. Довжина відрізка  $L = 0,6$  м. Визначити силу струму, що проходить у провіднику.
205. Гелій-неоновий лазер, який використовується у практичній медицині, випромінює імпульс з такими параметрами: тривалість  $t = 0,1$  мс, енергія  $W = 0,4$  Дж, діаметр пучка  $d = 4,0$  мм. Знайти напруженість електричного поля та інтенсивність випромінювання лазера.
206. Коливальний контур апарата височастотної терапії складається з конденсатора ємністю  $C = 4 \cdot 10^{-2}$  Ф і котушки індуктивністю  $L = 5 \cdot 10^{-2}$  Гн з кількістю витків  $N = 500$ . Омічним опором контуру можна знехтувати. Максимальна напруга на обкладках конденсатора  $U_0 = 220$  В. Визначити максимальний магнітний потік, що пронизує котушку.
207. У коливальному контурі, який складається з індуктивності й ємності, максимальний струм у котушці  $I_0 = 1$  А, а максимальна напруга на конденсаторі  $U_0 = 1$  кВ. Через час  $t = 1,57 \cdot 10^{-6}$  с, відлічуючи його від того моменту, коли напруга дорівнювала нулю, енергія в котушці дорівнюватиме енергії в конденсаторі. Обчислити період коливань контура і його енергію (вважати, що омічний опір дуже малий і ним можна знехтувати).
208. Знайти середню швидкість течії крові в аорті коня, радіус якої 2 см, а потік крові 600 мл/с.
209. З горизонтально розміщеної медичної спринцівки діаметром  $d = 1,5$  см витискається фізіологічний розчин силою  $F = 10$  Н. Знайти швидкість витікання рідин з голки спринцівки. Густина фізіологічного розчину  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Де більша швидкість руху рідини: в циліндрі спринцівки чи в руслі його голки? Відповідь обґрунтуйте.
210. Знайти роботу і потужність серця протягом одного скорочення, що триває  $t = 0,3$  с, якщо середній тиск, під яким кров виштовхується в аорту, дорівнює  $p = 1,2 \cdot 10^4$  Па, об'єм цієї крові у стані спокою  $V = 70$  мл, швидкість  $v = 0,47$  м/с, а густина  $\rho = 1,05 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.
211. Голова людини розміщена на  $h = 45$  см вище від серця. Тиск на рівні серця  $p = 118$  мм рт.ст. Який тиск крові в мозку людини? Який тиск крові в ногах людини на рівні  $h = 1,6$  м нижче від серця? До чого це може призвести? Густина крові  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.
212. З якою швидкістю  $v$  спливе бульбашка повітря діаметром  $d = 4$  мм в посудині, наповненій гліцерином? Кінематична в'язкість гліцерину  $\nu = 1,17 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/с, його густина набагато більша за густину повітря.



213. У спокої величина кровообігу на 50 г м'язів руки в середньому дорівнює  $V = 12$  мл/хв. Визначити кількість капілярів у тканинах м'язів, вважаючи, що довжина кожного з них  $l = 0,4$  мм, а діаметр  $d = 9$  мкм. Різницю тисків на кінцях капілярів прийняти рівною  $\Delta p = 28$  мм рт. ст.
214. Трубою тече вода з об'ємною швидкістю  $Q = 2,5 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с. Обчислити найменший діаметр труби  $d_{min}$ , при якому течія води ще залишиться ламінарною. Густина води  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, динамічна в'язкість  $\eta = 1$  мПа·с. Критичне значення числа Рейнольдса  $Re = 2300$ .
215. Наближену уяву про загальний об'єм капілярної сітки тіла людини можна отримати з подальших міркувань. Якщо прийняти довжину кожного капіляра в середньому рівною  $l = 0,45$  мм, діаметр  $d = 10$  мкм, то об'єм буде  $V_1 = 3,9 \cdot 10^{-8}$  см<sup>3</sup>. Прийmemo секундний об'єм серця  $V_2 = 70$  см<sup>3</sup>. Швидкість плину крові в капілярах у стані спокою в середньому вважають рівною  $v = 0,5$  мм/с. Яка загальна кількість функціонуючих капілярів забезпечує протікання секундного об'єму серця в стані спокою? Який об'єм крові може вміщувати капілярна сітка, якщо кількість відкритих капілярів, у залежності від стану організму, може збільшуватися у 90 разів?
216. Гліцерин дозують краплями з допомогою піпетки з внутрішнім діаметром  $d = 1$  мм. Обчислити масу однієї краплі, якщо коефіцієнт поверхневого натягу гліцерину  $\sigma = 62$  мН/м. Діаметр шийки в момент відриву вважати рівним внутрішньому діаметру піпетки.
217. Для людини величини можливих швидкостей руху крові в аорті можна обчислити, виходячи з величини систолічного об'єму крові і площі перерізу аорти. Прийmemo, що площа перерізу аорти в середньому  $S = 4,5$  см<sup>2</sup>. Систолічний об'єм крові у здорових людей у спокої  $V_1 = 60$  см<sup>3</sup>, при фізичному навантаженні –  $V_2 = 150$  см<sup>3</sup>; при вагітності систолічний об'єм коливається від 80 до 117 см<sup>3</sup>. Час систолічного періоду дорівнює  $\tau = 0,3$  с. Перевірити, яким буде рух крові на початку аорти в усіх перерахованих випадках. Число Рейнольдса для крові  $Re = 2300$ , в'язкість крові  $\eta = 5 \cdot 10^{-3}$  Па·с, густина крові  $\rho = 1,05 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.
218. Обчислити співвідношення  $X_a/X_k$  сумарного гідравлічного опору артеріол і капілярів, якщо середня довжина артеріоли складає  $l_a = 1$  см, радіус  $R_a = 15$  мкм, загальна кількість цих судин в організмі  $N_a = 10^8$ , для капілярів вказані величини рівні відповідно  $l_k = 1$  мм,  $R_k = 3$  мкм і  $N_k = 10^{10}$ . Порівняйте отриману відповідь із відношенням опорів  $X_{oa}/X_{ok}$  однієї артеріоли й одного капіляра.
219. Розрахувати об'ємну швидкість для закису азоту (N<sub>2</sub>O), який подається трубою діаметром  $d = 18$  мм і довжиною  $l = 90$  см, якщо різниця тисків на кінцях трубки  $\Delta p = 3$  Па. За температури  $t = 20$  °C в'язкість закису азоту  $\eta = 15$  мкПа·с.
220. Хвилинний об'єм крові в спокої становить  $Q_1 = 5$  л/хв, а при інтенсивній фізичній роботі може зрости до  $Q_2 = 25$  л/хв. Визначити тип течії крові в аорті для цих двох випадків. Діаметр аорти  $d = 2$  см, в'язкість крові  $\eta = 5$  мПа·с, критичне значення числа Рейнольдса  $Re = 2000$ .

221. Серце протягом хвилини виконує роботу  $A \approx 60$  Дж. Скільки відсотків від цієї енергії йде на кінетичну енергію крові, яка рухається в аорті перерізом  $S = 8 \text{ см}^2$  з лінійною швидкістю  $v = 45 \text{ см/с}$ ?
222. Дослідження показали, що внаслідок відкладання холестерину в аорті пацієнта товщина її стінки збільшилася в 1,5 рази, внутрішній діаметр зменшився на 25 %, а швидкість поширення пульсової хвилі зросла в 1,9 рази. Як змінився при цьому модуль пружності стінки у порівнянні з нормою?
223. Довжина вени крила кажана  $l = 15,2$  мм, середній діаметр  $d = 2,7$  мм. Знайти гідравлічний опір вени. Густина крові  $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ , в'язкість крові  $\eta = 5 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ .
224. Обчислити швидкість осідання еритроцитів, вважаючи їх сферичними частинками діаметром  $d = 7$  мкм. В'язкість плазми складає  $\eta = 2,2 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , густина еритроцитів  $\rho_{\text{ер}} = 1080 \text{ кг/м}^3$ , густина плазми  $\rho_{\text{пл}} = 1027 \text{ кг/м}^3$ .
225. Обчислити максимальний хвилинний об'єм крові  $Q_{\text{max}}$ , при якому течія її в аорті залишається ламінарною. Діаметр аорти  $d = 2$  см, в'язкість крові  $\eta = 5 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , густина крові  $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$ , критичне значення числа Рейнольдса  $Re = 2300$ .
226. Еритроцити людини мають форму двовгнутого диску з діаметром  $d = 8$  мкм і товщиною  $h = 2,5$  мкм. Припускаючи у першому наближенні, що форму клітини можна уявляти циліндром із тими ж параметрами, визначте їх кількість у об'ємі  $V_0 = 1$  л крові при гематокриті  $H = 0,5$ .
227. За нормальних умов в 100 мл крові міститься 16 г гемоглобіну і  $5 \cdot 10^6$  еритроцитів у одному мікролітрі. Визначте, яка кількість гемоглобіну міститься в одному еритроциті.
228. У спокою величина кровотоку на  $m = 100$  г скелетного м'яза всередньому рівна  $V = 2,5$  мл за хвилину. Визначте кількість капілярів  $n$  у біцепсі людини, що має масу  $M = 300$  г і вважаючи, що довжина кожного з них становить  $L = 0,3$  мм, а діаметр  $d = 10$  мкм. Різницю тисків на кінцях капілярів прийняти рівною  $\Delta p = 25$  мм рт.ст., а в'язкість крові  $\eta = 5 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ .
229. Суспензію клітин печінки радіусом  $r = 12$  мкм і густиною  $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$  вносять у циліндр із буфером густиною  $\rho_0 = 1050 \text{ кг/м}^3$ . На яку відстань опустяться клітини печінки за  $t = 10$  с за умови, що вони опускаються рівномірно. Коефіцієнт в'язкості буфера  $\eta = 1012 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$ .
230. У спокої через аорту діаметром  $d = 2$  см викидається  $V_1 \approx 78$  мл крові за секунду. Яка середня швидкість крові у капілярі великого кола в тканині, що перебуває в спокої. Площа поперечного перерізу відкритого капілярного ложа  $S = 0,279 \text{ м}^2$ . Поясніть, чому швидкість крові в капілярах значно менша від швидкості крові в артеріях?
231. Внаслідок вимірювання встановлено, що в крові пацієнта з гематокритом 50 % знаходиться  $5,5 \cdot 10^6$  еритроцитів в 1 мкл. Визначте середній об'єм еритроцита.
232. Середній час циркуляції тромбоцитів у крові становить 8 діб (5-11). Визначте, скільки тромбоцитів надходить із кішкового мозку в кровоплин за

1 с, якщо в 1 л крові їх міститься  $n = 2,5 \cdot 10^{11}$ , а об'єм крові в організмі  $V = 5$  л.

233. Тривалість систоли серця  $t_c = 0,3$  с, діастоли  $t_d = 0,3$  с. Чому рівний період  $T$  і частота  $\nu$  серцевих скорочень?
234. Рівень інтенсивності шуму в лабораторії 60 дБ. Стіни лабораторії покривають звукопоглинаючим матеріалом, котрий зменшує інтенсивність звуку в 1500 разів. Який рівень інтенсивності шуму буде в лабораторії?
235. Визначити питомий акустичний опір шкіри, якщо густина шкіри  $\rho = 1,25$  г/см<sup>3</sup>, швидкість поширення ультразвуку в шкірі  $v = 1600$  м/с.
236. Після проходження звуку через перегородку його інтенсивність зменшується в 1000 раз. На скільки зменшується його гучність, якщо частота звуку 1 кГц?
237. Питомі акустичні опори кісткової і жирової тканин відрізняються у 3,7 рази. Густина жирової тканини  $\rho_{\text{ж}} = 0,95$  г/см<sup>3</sup>. Швидкість поширення ультразвуку в жировій тканині  $v_{\text{ж}} = 1450$  м/с, в кістковій тканині  $v_{\text{к}} = 1500$  м/с. Визначити густину кісткової тканини.
238. Яка величина звукового тиску буде створювати поріг больового відчуття 120 дБ для вуха? Поріг чутності для слухового аналізатора становить  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па. Яка інтенсивність звукової хвилі буде відповідати такому тиску, якщо звук поширюється в повітрі зі швидкістю  $v = 331$  м/с?
239. Коефіцієнт поглинання шкіри  $\alpha = 1,05$  см<sup>-1</sup> для частоти ультразвуку  $\nu = 5$  МГц. На якій глибині інтенсивність ультразвуку зменшується на  $k = 1$  %?
240. Звукові коливання частоти  $\nu$  мають у першому середовищі довжину хвилі  $\lambda_1$ , а в другому середовищі – довжину хвилі  $\lambda_2$ . Як змінюється швидкість поширення цих коливань при переході з першого середовища в друге, якщо  $\lambda_1 = 2\lambda_2$ ?
241. У скільки разів відрізняються сили, що діють на барабанну перетинку дитини і дорослої людини при інтенсивності звуку  $I = 10^{-4}$  Вт/м<sup>2</sup>? Площа барабанної перетинки дитини  $S_1 = 40$  мм<sup>2</sup>, площа барабанної перетинки дорослої людини  $S_2 = 70$  мм<sup>2</sup>. Швидкість звуку в тканині організму  $v = 1540$  м/с, густина тканини  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.
242. Визначити сили, які діють на барабанну перетинку людини площею  $S = 70$  мм<sup>2</sup> при больовому порозі відчуття і порозі чутності на частоті  $\nu = 1$  кГц. Швидкість звуку в тканині організму  $v = 1540$  м/с, густина –  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.
243. У скільки разів відрізняються довжини хвиль звуку частотою  $\nu = 1$  кГц у крові і кістковій тканині при температурі  $t = 37$  °С? При температурі  $t = 37$  °С швидкість звуку у крові  $v_1 = 1530$  м/с, у кістковій тканині  $v_2 = 3200$  м/с.
244. Визначте максимальну силу, з якою звук на частоті  $\nu = 1$  кГц діє на барабанну перетинку площею  $S = 66$  мм<sup>2</sup> для двох випадків: порога чутності і порога больового відчуття. Інтенсивність порога чутності  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, больового порогу –  $I_{\text{max}} = 10$  Вт/м<sup>2</sup>. Густина повітря  $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>. Швидкість поширення звуку в повітрі прийняти рівною  $c = 330$  м/с.
245. Рівні гучності двох звуків частотою  $\nu = 100$  Гц дорівнюють відповідно  $E_I$

- = 10 фон і  $E_2 = 20$  фон. На скільки відрізняються їх рівні інтенсивності?
246. Границя міцності барабанної перетинки становить  $\sigma_m = 800 \text{ Н/м}^2$ . При якій інтенсивності звукової хвилі можливий її розрив? Чому руйнуюча дія акустичних хвиль у воді сильніша, ніж у повітрі? Густина повітря і води відповідно рівні  $\rho_p = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_v = 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Швидкість поширення звукової хвилі у повітрі  $c_p = 330 \text{ м/с}$ , а у воді –  $c_v = 1500 \text{ м/с}$ .
247. Чи може людина почути два звуки, інтенсивності яких при частоті  $\nu = 1 \text{ кГц}$  дорівнюють відповідно  $I_1 = 10^{-9} \text{ Вт/см}^2$  і  $I_2 = 10^5 \text{ Вт/см}^2$ ?
248. Визначте амплітуду коливань молекул повітря при інтенсивності звукової хвилі, що відповідає порогу звукового відчуття на частоті  $\nu = 1 \text{ кГц}$ . Густина повітря  $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ , швидкість поширення звукової хвилі у повітрі  $c = 330 \text{ м/с}$ .
249. Рівень інтенсивності звуку, одержаного в результаті накладання двох звуків, що відрізняються за інтенсивністю на  $\Delta I = 40 \text{ Вт/см}^2$ , дорівнює  $L = 11 \text{ Б}$  при частоті  $\nu_1 = 1000 \text{ Гц}$ . Які інтенсивності даних звуків?
250. Розрив барабанної перетинки настає при рівні інтенсивності звуку  $L = 150 \text{ дБ}$ . Оцініть границю міцності цієї мембрани на частоті  $\nu = 1 \text{ кГц}$ . Інтенсивність порогу звукового відчуття на даній частоті  $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ . Густина повітря  $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ , швидкість поширення звукової хвилі у повітрі  $c = 330 \text{ м/с}$ .
251. Рівень гучності одного звуку  $E = 60$  фон, рівень інтенсивності другого звуку  $L = 4 \text{ Б}$  при частоті  $\nu_1 = 1000 \text{ Гц}$ . Визначити рівень інтенсивності звуку, одержаного в результаті накладання цих двох звуків.
252. Визначте інтенсивність серцевих тонів біля входу в отвір стетоскопа діаметром  $d = 6 \text{ см}$ , якщо на барабанну перетинку площею  $S_2 = 70 \text{ мм}^2$  попадає 74 % звукової енергії з інтенсивністю  $I_2 = 10^{-15} \text{ Вт/см}^2$ .
253. Амплітуди звукового тиску двох звуків частотою  $\nu = 1 \text{ кГц}$  відрізняються у  $k = 3$  рази. Який буде рівень інтенсивності звуку, отриманого в результаті накладання цих двох звуків при частоті  $\nu = 1 \text{ кГц}$ , якщо інтенсивність другого звуку  $I_2 = 10^{-8} \text{ Вт/м}^2$ ?
254. Два звукових сигнали однакової частоти відрізняються рівнем інтенсивності на  $\Delta L = 10 \text{ дБ}$ . Знайти звуковий тиск слабшого звукового сигналу, якщо тиск сильнішого становить  $5 \text{ Па}$ . На скільки цей звуковий сигнал більший від порогу чутності?
255. Розрив барабанної перетинки наступив при інтенсивності звуку  $I = 1 \text{ Вт/см}^2$  при частоті  $\nu = 1 \text{ кГц}$ . Якому надлишковому амплітудному тиску це відповідає? Швидкість поширення звуку в тканині  $\nu = 1540 \text{ м/с}$ , густина тканини  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ .
256. Нормальна розмова людини оцінюється рівнем гучності звуку  $E = 50$  фон при частоті  $\nu = 1 \text{ кГц}$ . Визначити рівень гучності звуку, який відповідає трьом людям, що одночасно говорять.
257. Акустичні опори рогівки і скловидного тіла відрізняються в 1,2 раза. Густина рогівки  $\rho_p = 1,145 \text{ г/см}^3$ , скловидного тіла  $\rho_c = 1,01 \text{ г/см}^3$ . Швидкість поширення ультразвуку в рогівці  $\nu_p = 1640 \text{ м/с}$ . Яка швидкість поширення ультразвуку у скловидному тілі?



258. При переході хвилі зі шкіри у кров довжина ультразвукової хвилі збільшується приблизно в 1,51 раз. Яка швидкість поширення ультразвуку в шкірі, якщо швидкість поширення ультразвуку в крові  $v_k = 1060$  м/с?
259. При зміні температури від  $t_1 = 20$  °С до  $t_2 = 37$  °С довжина хвилі звуку при частоті  $\nu = 1$  кГц змінилася на 25 мм. Якою при цьому стала швидкість звуку, якщо швидкість звуку в повітрі при  $t_1 = 20$  °С  $v_1 = 1482$  м/с?
260. Акустичний опір повітря у слуховому проході  $Z_A = 1,35$  МПа·с/м<sup>3</sup>. Знайдіть питомий акустичний опір повітря у слуховому проході, якщо об'єм каналу  $V = 0,86$  мл, а довжина  $l = 2,7$  см. Густина повітря  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>, швидкість поширення звуку в повітрі  $v = 331$  м/с.
261. Площа барабанної перетинки  $S_6 = 66$  мм<sup>2</sup>. Звукова хвиля концентрується на площі овального вікна  $S_v = 3,2$  мм<sup>2</sup>. Тиск акустичної хвилі підсилюється в вусі у  $k = 22$  рази. Вважаючи систему кісточок середнього вуха важелем, обчислити підсилення, зумовлене системою кісточок середнього вуха.
262. Система кісточок середнього вуха діє як важіль. Площа барабанної перетинки, що перебуває у контакті з молоточком,  $S_6 = 50$  мм<sup>2</sup>. Площа овального вікна, яке перебуває у контакті зі стремінцем,  $S_v = 3$  мм<sup>2</sup>. Яка сила діє на стремінець, якщо тиск підсилюється у вусі в  $k = 22$  рази? Яке підсилення, зумовлене системою кісточок середнього вуха?
263. У скільки разів відрізняються інтенсивності ультразвуку на однаковій глибині у воді і крові? Коефіцієнт поглинання крові  $\mu_k = 0,01$  см<sup>-1</sup>, води  $\mu_v = 0,001$  см<sup>-1</sup> при частоті  $\nu = 1$  МГц.
264. Кажан випускає ультразвукову хвилю частотою  $\nu = 50$  кГц в напрямку до комахи, що наближається до кажана зі швидкістю  $v = 1$  м/с. Знайти частоту відбитої від комахи хвилі. Швидкість поширення ультразвуку в повітрі  $v = 331$  м/с.
265. Визначити максимальне зміщення молекули повітря для звуку частотою  $\nu = 1$  кГц на порозі больового відчуття. Визначити максимальну зміну тиску в цій звуковій хвилі. Швидкість поширення звуку в повітрі  $v = 331$  м/с. Густина повітря  $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>.
266. Рівень інтенсивності звуку від реактивного літака на відстані  $r_1 = 30$  м від нього  $E = 140$  дБ. Чи буде викликати біль у вухах звук від реактивного літака на відстані  $r_2 = 450$  м?
267. Частота звуку сирени нерухомої машини медичної допомоги  $\nu = 1750$  Гц. Якої частоти звук почує водій машини, що 1) наближається до сирени, 2) що віддаляється від сирени зі швидкістю  $v = 100$  км/год?
268. Кров у венах за час  $t = 1$  с проходить шлях  $s = 15$  см. Вдоль напрямку руху крові скеровують ультразвукові хвилі частотою  $\nu = 4,2$  МГц, які відбиваються від червоних кров'яних тілець. При цьому спостерігається частота биттів  $\nu = 1,6$  кГц. Знайти швидкість цих хвиль.
269. Кит у воді випускає ультразвуковий сигнал частотою  $\nu = 100$  кГц в напрямку до риби, що рухається зі швидкістю  $v = 1$  м/с. Яка при цьому частота відбитої хвилі? Швидкість поширення ультразвуку у воді  $v = 1500$  м/с.
270. Кит у воді випускає ультразвукову хвилю частотою  $\nu = 200$  кГц в напрямку підводного човна, що рухається зі швидкістю  $v = 2$  м/с. Чи зможе

жит сприйняти відбиту від човна хвилю, якщо область його сприйняття від  $\nu_1 = 70$  Гц до  $\nu_2 = 200$  кГц?

271. При обстеженні печінки ультразвуковий сигнал, відбитий від каменів печінки, був отриманий через  $t = 120$  мкс після подачі сигналу. На якій глибині були виявлені камені, якщо швидкість поширення ультразвуку в печінці  $v = 1560$  м/с?
272. Визначити при частоті  $\nu = 3,4$  МГц коефіцієнт поглинання тканини густиною  $\rho = 950$  кг/м<sup>3</sup>, якщо при опроміненні її ультразвуком інтенсивністю  $I = 3$  Вт/см<sup>2</sup> амплітудне значення тиску на глибині  $x = 2$  см становило  $p_{\max} = 245$  кПа. Швидкість поширення ультразвуку в тканині  $v = 1450$  м/с.
273. Звукове відчуття людини зберігається протягом 0,1 с. На якій мінімальній відстані має перебувати людина від перешкоди, щоб почути окремо основний і відбитий звук, якщо швидкість його поширення 340 м/с?
274. Показник заломлення рогівки ока  $n_p = 1,376$ . Знайдіть кут повного внутрішнього відбивання рогівки.
275. Визначити граничний кут заломлення рідини, якщо падаючий під кутом 45° промінь, заломлюється в ній під кутом 24°.
276. На скільки зміниться довжина хвилі зеленого світла при переході з повітря у монобромнафталін? Довжина світла у вакуумі  $\lambda = 555$  нм, абсолютний показник заломлення монобромнафталіну  $n = 1,660$ .
277. Промінь світла виходить із етилового спирту в повітря. Граничний кут падіння променя  $\alpha_{\text{гп}} = 47,24^\circ$ . Визначте швидкість  $v$  світла в спирті.
278. При проходженні монохроматичного світла через розчин товщиною  $l = 1$  см інтенсивність його зменшилася в 10 раз. Визначити натуральний показник поглинання розчину.
279. Оптична густина досліджуваного розчину  $D_1 = 0,8$  при вимірюванні в кюветі з товщиною шару  $l_1 = 4$  см. Для 5 %- розчину цієї самої речовини при вимірюванні в кюветі з товщиною шару  $l_2 = 3$  см оптична густина  $D_2 = 0,7$ . Визначити концентрацію досліджуваного розчину.
280. Оптична густина розчину триптофану становить 1, вразі вимірювання поглинання при  $\lambda = 280$  нм. Розрахувати коефіцієнт пропускання цього розчину і знайти концентрацію триптофану, якщо товщина кювети  $l = 0,5$  см.
281. У розчині речовини концентрацією  $c_1 = 5$  % на глибині  $x_1 = 2$  см інтенсивність світла послаблюється в  $k_1 = 3$  рази. У скільки разів послаблюється інтенсивність світла на глибині  $x_2 = 3$  см в розчині цієї ж речовини концентрацією  $c_2 = 10$  %?
282. Природний промінь світла падає на відполіровану поверхню скляної пластинки, зануреної в рідину. Відбитий від пластинки промінь повернутий на кут  $\varphi = 97^\circ$  по відношенню до падаючого. Визначити показник заломлення рідини, якщо відбите світло максимально поляризоване.
283. Концентрація речовини, яку можна визначити фотоколориметричним методом,  $c = 3,9 \cdot 10^{-8}$  г·моль/л. Молярний коефіцієнт світлопропускання  $\epsilon = 5 \cdot 10^4$ . Визначити значення оптичної густини при товщині шару  $l = 4$  см.
284. Швидкість поширення світла в деякій рідині  $2,4 \cdot 10^5$  км/с. На поверхню

цієї рідини з повітря падає світловий промінь під кутом  $25^\circ$ . Визначити кут заломлення променя.

285. Оптичні сили об'єктива й окуляра мікроскопа дорівнюють відповідно 100 та 20 дптр. Збільшення мікроскопа дорівнює 50. Яким буде збільшення цього мікроскопа, якщо віддаль між об'єктивом і окуляром мікроскопа збільшити на 2 см?
286. При проходженні монохроматичної світлової хвилі через монокристали NaJ товщиною 1 мм інтенсивність її зменшилася у два рази. Знайти коефіцієнт поглинання NaJ для цієї хвилі.
287. Який кут утворюють площини поляризації двох нікелів, якщо світло, яке вийшло з другого ніколя, було послаблене в 5 раз? Врахувати, що поляризатор поглинає 10 %, а аналізатор 8 % падаючого на них світла.
288. Визначити концентрацію розчину цукру, якщо внаслідок проходження світла через трубку довжиною 20 см із цим розчином площина поляризації світла повертається на кут  $10^\circ$ . Питоме обертання розчину цукру  $0,6 \text{ град}/(\text{дм} \cdot \%)$ .
289. При проходженні в деякій речовині шляху  $l$  інтенсивність світла  $I$  зменшилася у два рази. У скільки разів зменшиться інтенсивність світла при проходженні у цій же речовині шляху  $3l$ ?
290. У деякому середовищі поширюється плоска монохроматична світлова хвиля. Коефіцієнт поглинання середовища для даної довжини хвилі  $\alpha = 1 \text{ м}^{-1}$ . На скільки відсотків зменшиться інтенсивність світла при проходженні хвилею шляху: а) 5 мм; б) 10 мм; в) 1 м; г) 4,6 м?
291. Кут Брюстера при падінні світла з повітря на кристал кам'яної солі дорівнює  $57^\circ$ . Визначити швидкість світла в цьому кристалі.
292. Пучок світла, що проходить у повітрі, падає на поверхню рідини під кутом  $54^\circ$ . Визначити кут заломлення пучка, якщо відбитий пучок повністю поляризований.
293. Аналізатор у два рази зменшує інтенсивність світла, що падає на нього від поляризатора. Визначити кут між площинами пропускання поляризатора й аналізатора. Втратами інтенсивності світла в аналізаторі знехтувати.
294. Знайти показник заломлення скла, якщо при відбиванні від нього світла відбитий промінь буде повністю поляризований при куті заломлення  $30^\circ$ .
295. Промінь світла проходить через рідину, котра налита у скляну посудину ( $n = 1,5$ ), і відбивається від дна. Відбитий промінь повністю поляризований при падінні його на дно посудини під кутом  $42^\circ 37'$ . Знайти показник заломлення рідини.
296. Розчин глюкози з концентрацією  $280 \text{ кг}/\text{м}^3$ , котрий наливо у скляну трубку, повертає площину поляризації світла, що проходить через розчин, на кут  $64^\circ$ . Другий розчин, що наливо у цю ж трубку, обертає площину поляризації на  $48^\circ$ . Знайти концентрацію другого розчину.
297. У скільки разів зображення предмета на сітківці ока менше за розміри самого предмета, що знаходиться на відстані 30 см від спостерігача? Фокусна відстань оптичної системи ока становить 1,5 см.

298. Предмет має висоту  $H = 4$  см і знаходиться на відстані  $d = 12$  см від ока. Радіус кривизни передньої поверхні рогівки ока в її центральній частині  $R = 21$  см. Якою буде висота зображення предмета в рогівці?
299. Найбільша відстань, з якої людина може прочитати текст книжки, 80 см, а найменша – 25 см. Визначити, на скільки зміниться оптична сила ока при акомодатії.
300. Око сприймає енергію  $W = 84$  мДж за хвилину при освітленості  $E = 10^5$  лк. Діаметр зіниці  $d = 2$  мм. Яка світлова ефективність?
301. Людина, знявши окуляри, читає книжку, тримаючи її на відстані 16 см від очей. Якої оптичної сили у неї окуляри?
302. Пацієнт знаходиться на відстані  $d = 3,3$  м від стенду з літерами. Висота літер  $H = 2$  см, зображення літери на сітківці ока пацієнта  $h = 0,1$  мм. Яка оптична сила ока?
303. Як зміниться оптична сила кришталика при переведенні погляду із зірки на книжку (книжка знаходиться на відстані найкращого бачення)?
304. На скільки змінився світловий потік, що падає на сітківку, якщо при зміні освітленості від  $E_1 = 1,1$  лк до  $E_2 = 0,1$  лк діаметр зіниці збільшився у  $k = 2,5$  рази?
305. Далекозоре око акомодує без напруження на відстані не менше  $d = 50$  см. Якою має бути оптична сила окулярів, щоб границя акомодатії була понижена до 20 см, якщо вважати й око, й окуляри близько розташованими тонкими лінзами?
306. Чи однакові оптичні сили окулярів, якщо для одних окулярів фокусна відстань лінзи  $F_1 = 5$  м, а для інших окулярів радіуси кривизни сферичних поверхонь відповідно дорівнюють  $R_1 = 10$  см,  $R_2 = 15$  см, показник заломлення лінзи  $n = 1,6$ , товщина лінзи  $d = 3$  мм?
307. При максимальній акомодатії радіус кривизни передньої поверхні кришталика змінюється від  $R_{п1} = 10$  мм до  $R_{п2} = 5,5$  мм, задньої – відповідно  $R_{з1} = 6$  мм до  $R_{з2} = 5,5$  мм. На скільки при цьому збільшиться оптична сила кришталика? Показник заломлення кришталика  $n_2 = 1,424$ , оточуючого середовища  $n_1 = 1,336$ .
308. Коефіцієнт екстинкції кришталика пацієнта  $\chi = 0,6$  см<sup>-1</sup>. У скільки разів послабиться інтенсивність світла кришталика товщиною  $x = 3,8$  мм?
309. На якій відстані  $d$  короткозора людина може читати без окулярів дрібний шрифт, якщо зазвичай вона користується окулярами з оптичною силою  $D = -4$  дптр?
310. На скільки зміниться світловий потік, що падає на  $k = 30$  % площі очного яблука діаметром  $d = 24$  мм при переміщенні лампи, сила світла якої  $I = 100$  кд, з відстані  $R_1 = 2$  м до  $R_2 = 1$  м від ока?
311. При освітленості  $E_1 = 10$  лк діаметр зіниці рівний  $d_1 = 5$  мм. Визначте освітленість  $E_2$ , при якій діаметр зіниці має зменшитись до  $d_2 = 3$  мм, щоб зберегти незмінною кількість світлової енергії  $W$ , що падає на сітківку.



312. При дослідженні ока пацієнта включили дві лампи, розміщені поряд, що знаходяться на відстані  $r = 0,5$  м від ока. Одна лампа згасла. На скільки треба наблизити другу лампу, щоб освітленість ока не змінилась?
313. При малій освітленості максимум чутливості ока відповідає довжині хвилі  $\lambda = 510$  нм. При цьому око ще реагує на інтенсивність опромінення  $I = 6 \cdot 10^{-13}$  Вт/м<sup>2</sup>. Якій кількості квантів за секунду відповідає енергія, що надходить до зіниці ока діаметром  $d = 8$  мм?
314. При повороті голови на кут  $\alpha$  освітленість у площині вуха зменшилась на  $n = 40$  % порівняно з освітленістю при перпендикулярному падінні променів. Визначити кут  $\alpha$ .
315. Абсолютний енергетичний поріг зорового відчуття для людини лежить в інтервалі  $E_1 - E_2 = (1,3 - 2,6) \cdot 10^{-17}$  Дж. Яка кількість квантів світла з довжиною хвилі  $\lambda = 507$  нм, що відповідає максимуму чутливості паличок у сітківці, має потрапляти в зіницю ока для створення зорового відчуття?
316. Визначити потужність світлового потоку, що випромінюється монохроматичним точковим джерелом на відстані  $r = 4$  м, якщо світловий потік, що сприймається оком людини при діаметрі зіниці  $d = 5$  мм, дорівнює  $\Phi = 10^{-3}$  лм. Коефіцієнт видимості  $k = 683$  лм/Вт.
317. Око людини сприймає світло з довжиною хвилі  $\lambda = 0,5$  мкм, якщо світлові промені, що потрапляють в око, несуть енергію  $E = 20,8 \cdot 10^{-18}$  Дж/с. Яка кількість квантів світла щосекунди потрапляє на сітківку ока, якщо 4 % падаючого світла відбивається рогівкою, 50 % випромінювання, що пройшло крізь рогівку, поглинається оптичними середовищами ока?
318. Людина може чітко розрізняти предмети ненапруженим оком тільки на відстані  $d = 50$  см. Які лінзи (збірні чи розсіювальні) і з якою оптичною силою необхідні людині? Вважати, що оптична сила системи лінза-око дорівнює сумі оптичних сил лінзи і ока.
319. З якої найбільшої відстані можна помітити вночі вогник від сигарети, якщо сила світла  $I = 2,5 \cdot 10^{-3}$  кд, найменший світловий потік, що сприймається оком  $\Phi = 10^{-13}$  лм і площа поверхні зіниці в темоті  $S = 0,4$  см<sup>2</sup>?
320. Людина бачить чітко, без напруження, в окулярах з оптичною силою лінз  $D = 1,5$  дптр. На якій відстані людина може чітко розрізняти предмети?
321. Яку найменшу силу світла має мати джерело, щоб його можна було спостерігати вночі з відстані  $r = 5$  км? Найменший світловий потік, що сприймається оком,  $\Phi = 10^{-13}$  лм, площа поверхні зіниці в темоті  $S = 0,4$  см<sup>2</sup>.
322. Визначте величину світлової енергії, яка сприймається щосекунди оком, в ясний сонячний день при освітленості  $E = 5$  лк, якщо величина світлового потоку  $\Phi_0 = 1$  лм білого світла еквівалентна приблизно  $P_0 = 0,00435$  Вт. Діаметр зіниці вважайте рівним  $d = 3$  мм.
323. Лупа, що є двоопуклою лінзою з однаковими радіусами кривизни поверхонь  $R = 25$  мм, виготовлена із скла з показником заломлення  $n = 1,5$ . Обчисліть лінійне збільшення  $\Gamma$  лупи для: а) нормального ока з відстанню найкращого зору  $d = 25$  см; б) короткозорого ока з  $d = 10$  см; в) далекозорого ока з  $d = 40$  см.

324. Механічні методи. Методи визначення густини рідких та твердих речовин.
325. Капілярна та ротаційна віскозиметрія.
326. Методи визначення поверхневого натягу рідин.
327. Дослідження речовин та їх структури методом оптичної мікроскопії.
328. Дослідження речовин та їх структури методом електронної мікроскопії.
329. Концентраційна інтерферометрія.
330. Використання рефрактометрів для вимірювання концентрації розчинів.
331. Колориметрія.
332. Потенціометричне визначення рН.
333. Методи фотоколориметрії. Електрофотоколориметрія. Диференціальна фотоколориметрія.
334. Поляриметрія. Поляризаційна абсорбційна спектрофотометрія.
335. Методи вимірювання електропровідності, діелектричної проникності, тангенса кута втрат.
336. Електродні потенціали. Види електродів. Кондуктометрія. Методи кондуктометрії: аналогові, частотні, контактні і безконтактні.
337. Полярографія.
338. Методи електричної спектроскопії. Визначення дипольних моментів молекул.
339. Електрофорез. Види електрофорезу.
340. Спектрофотометрія. Спектрофотометри. Спектри поглинання речовин. Види спектрів. Основні спектрофотометричні величини і методи їх представлення.
341. Оптична, УФ-спектрофотометрія. Інтерпретація УФ спектрів речовин.
342. ІЧ-спектрофотометрія. Інтерпретація ІЧ спектрів речовин.
343. Фізичні основи методу комбінаційного розсіювання. Методи отримання спектрів комбінаційного розсіювання світла. Спектрографи для реєстрації спектрів КРС. Переваги і недоліки методу КРС. Інтерпретація спектрів КРС. Використання лазерів у методах комбінаційного розсіювання світла.
344. Природа і властивості рентгенівського випромінювання. Види рентгенівських спектрів.
345. Рентгеноструктурний аналіз. Методи і апаратура для рентгеноструктурного аналізу. Інтерпретація рентгенограм. Ідентифікація кристалічних речовин.
346. Електронний парамагнітний резонанс. ЕПР-спектрометри. Спектри ЕПР та їх інтерпретація. Ширина та форма спектральних смуг. Надтонка та супернадтонка структура ліній.
347. Ядерний магнітний резонанс. ЯМР-спектрометри. Спектри ЯМР та їх інтерпретація. ЯМР високого та низького розділення. Релаксація магнітного моменту ядра. Хімічний зсув спектральних ліній. Розщеплення ліній.
348. Дослідження радіоактивних препаратів. Фармацевтичні радіоактивні препарати. Радіометрична перевірка препаратів на ідентичність, чистоту та дієвість.
349. Люмінесценція. Механізм виникнення люмінесценції.
350. Методи фотолюмінесценції, електролюмінесценції, катодолюмінесценції, хемілюмінесценції.

## Варіанти контрольної роботи

№ завдання											
№ варіанту											
<b>01</b>	<b>1</b>	<b>31</b>	<b>47</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>124</b>	<b>125</b>	<b>147</b>	<b>148</b>	<b>183</b>	<b>184</b>
	<b>206</b>	<b>236</b>	<b>237</b>	<b>250</b>	<b>276</b>	<b>277</b>	<b>296</b>	<b>297</b>	<b>323</b>	<b>324</b>	<b>350</b>
<b>02</b>	<b>2</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>123</b>	<b>126</b>	<b>146</b>	<b>149</b>	<b>182</b>	<b>185</b>
	<b>207</b>	<b>235</b>	<b>238</b>	<b>251</b>	<b>275</b>	<b>278</b>	<b>295</b>	<b>298</b>	<b>322</b>	<b>325</b>	<b>349</b>
<b>03</b>	<b>3</b>	<b>33</b>	<b>49</b>	<b>91</b>	<b>96</b>	<b>122</b>	<b>127</b>	<b>145</b>	<b>150</b>	<b>181</b>	<b>186</b>
	<b>208</b>	<b>234</b>	<b>239</b>	<b>252</b>	<b>274</b>	<b>279</b>	<b>294</b>	<b>299</b>	<b>321</b>	<b>326</b>	<b>348</b>
<b>04</b>	<b>4</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>90</b>	<b>97</b>	<b>121</b>	<b>128</b>	<b>144</b>	<b>151</b>	<b>180</b>	<b>187</b>
	<b>209</b>	<b>233</b>	<b>240</b>	<b>253</b>	<b>273</b>	<b>280</b>	<b>293</b>	<b>300</b>	<b>320</b>	<b>327</b>	<b>347</b>
<b>05</b>	<b>5</b>	<b>35</b>	<b>51</b>	<b>89</b>	<b>98</b>	<b>120</b>	<b>129</b>	<b>143</b>	<b>152</b>	<b>179</b>	<b>188</b>
	<b>210</b>	<b>232</b>	<b>241</b>	<b>254</b>	<b>272</b>	<b>281</b>	<b>292</b>	<b>301</b>	<b>319</b>	<b>328</b>	<b>346</b>
<b>06</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>88</b>	<b>99</b>	<b>119</b>	<b>130</b>	<b>142</b>	<b>153</b>	<b>178</b>	<b>189</b>
	<b>211</b>	<b>231</b>	<b>242</b>	<b>255</b>	<b>271</b>	<b>282</b>	<b>291</b>	<b>302</b>	<b>318</b>	<b>329</b>	<b>345</b>
<b>07</b>	<b>7</b>	<b>37</b>	<b>53</b>	<b>87</b>	<b>100</b>	<b>118</b>	<b>131</b>	<b>141</b>	<b>154</b>	<b>177</b>	<b>190</b>
	<b>212</b>	<b>230</b>	<b>243</b>	<b>256</b>	<b>270</b>	<b>283</b>	<b>290</b>	<b>303</b>	<b>317</b>	<b>330</b>	<b>344</b>
<b>08</b>	<b>8</b>	<b>38</b>	<b>54</b>	<b>86</b>	<b>101</b>	<b>117</b>	<b>132</b>	<b>140</b>	<b>155</b>	<b>176</b>	<b>191</b>
	<b>213</b>	<b>229</b>	<b>244</b>	<b>257</b>	<b>269</b>	<b>284</b>	<b>289</b>	<b>304</b>	<b>316</b>	<b>331</b>	<b>343</b>
<b>09</b>	<b>9</b>	<b>38</b>	<b>55</b>	<b>85</b>	<b>102</b>	<b>116</b>	<b>133</b>	<b>139</b>	<b>156</b>	<b>175</b>	<b>192</b>
	<b>214</b>	<b>228</b>	<b>245</b>	<b>258</b>	<b>268</b>	<b>285</b>	<b>288</b>	<b>305</b>	<b>315</b>	<b>332</b>	<b>342</b>
<b>10</b>	<b>10</b>	<b>39</b>	<b>56</b>	<b>84</b>	<b>103</b>	<b>115</b>	<b>134</b>	<b>138</b>	<b>157</b>	<b>174</b>	<b>193</b>
	<b>215</b>	<b>227</b>	<b>246</b>	<b>259</b>	<b>267</b>	<b>286</b>	<b>287</b>	<b>306</b>	<b>314</b>	<b>333</b>	<b>341</b>
<b>11</b>	<b>11</b>	<b>40</b>	<b>57</b>	<b>83</b>	<b>104</b>	<b>114</b>	<b>135</b>	<b>137</b>	<b>158</b>	<b>173</b>	<b>194</b>
	<b>216</b>	<b>226</b>	<b>247</b>	<b>260</b>	<b>266</b>	<b>287</b>	<b>296</b>	<b>307</b>	<b>313</b>	<b>334</b>	<b>340</b>
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>41</b>	<b>58</b>	<b>82</b>	<b>105</b>	<b>113</b>	<b>136</b>	<b>139</b>	<b>157</b>	<b>172</b>	<b>195</b>
	<b>217</b>	<b>225</b>	<b>248</b>	<b>261</b>	<b>265</b>	<b>288</b>	<b>295</b>	<b>308</b>	<b>312</b>	<b>335</b>	<b>339</b>
<b>13</b>	<b>13</b>	<b>42</b>	<b>59</b>	<b>81</b>	<b>106</b>	<b>112</b>	<b>137</b>	<b>140</b>	<b>156</b>	<b>171</b>	<b>196</b>
	<b>218</b>	<b>224</b>	<b>249</b>	<b>262</b>	<b>264</b>	<b>289</b>	<b>294</b>	<b>309</b>	<b>311</b>	<b>336</b>	<b>338</b>
<b>14</b>	<b>14</b>	<b>43</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>107</b>	<b>111</b>	<b>138</b>	<b>141</b>	<b>155</b>	<b>170</b>	<b>197</b>
	<b>219</b>	<b>223</b>	<b>250</b>	<b>263</b>	<b>276</b>	<b>290</b>	<b>293</b>	<b>310</b>	<b>323</b>	<b>337</b>	<b>350</b>
<b>15</b>	<b>15</b>	<b>44</b>	<b>61</b>	<b>79</b>	<b>108</b>	<b>110</b>	<b>139</b>	<b>142</b>	<b>154</b>	<b>169</b>	<b>198</b>
	<b>220</b>	<b>222</b>	<b>251</b>	<b>264</b>	<b>277</b>	<b>291</b>	<b>292</b>	<b>311</b>	<b>322</b>	<b>338</b>	<b>349</b>
<b>16</b>	<b>16</b>	<b>45</b>	<b>62</b>	<b>78</b>	<b>109</b>	<b>124</b>	<b>140</b>	<b>147</b>	<b>183</b>	<b>184</b>	<b>199</b>
	<b>206</b>	<b>221</b>	<b>252</b>	<b>265</b>	<b>278</b>	<b>292</b>	<b>296</b>	<b>312</b>	<b>321</b>	<b>337</b>	<b>348</b>
<b>17</b>	<b>17</b>	<b>46</b>	<b>63</b>	<b>77</b>	<b>110</b>	<b>123</b>	<b>141</b>	<b>148</b>	<b>182</b>	<b>185</b>	<b>200</b>
	<b>207</b>	<b>220</b>	<b>253</b>	<b>266</b>	<b>279</b>	<b>293</b>	<b>295</b>	<b>313</b>	<b>320</b>	<b>336</b>	<b>347</b>
<b>18</b>	<b>18</b>	<b>31</b>	<b>64</b>	<b>76</b>	<b>111</b>	<b>122</b>	<b>142</b>	<b>149</b>	<b>181</b>	<b>186</b>	<b>201</b>
	<b>208</b>	<b>219</b>	<b>254</b>	<b>267</b>	<b>280</b>	<b>282</b>	<b>296</b>	<b>314</b>	<b>319</b>	<b>335</b>	<b>346</b>
<b>19</b>	<b>19</b>	<b>32</b>	<b>65</b>	<b>75</b>	<b>112</b>	<b>121</b>	<b>143</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>187</b>	<b>202</b>
	<b>209</b>	<b>218</b>	<b>255</b>	<b>268</b>	<b>281</b>	<b>295</b>	<b>297</b>	<b>315</b>	<b>318</b>	<b>334</b>	<b>345</b>
<b>20</b>	<b>20</b>	<b>33</b>	<b>66</b>	<b>74</b>	<b>113</b>	<b>120</b>	<b>144</b>	<b>151</b>	<b>179</b>	<b>188</b>	<b>203</b>
	<b>210</b>	<b>217</b>	<b>256</b>	<b>269</b>	<b>282</b>	<b>296</b>	<b>298</b>	<b>316</b>	<b>317</b>	<b>333</b>	<b>344</b>
<b>21</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>47</b>	<b>73</b>	<b>114</b>	<b>125</b>	<b>145</b>	<b>152</b>	<b>178</b>	<b>184</b>	<b>204</b>
	<b>211</b>	<b>236</b>	<b>257</b>	<b>270</b>	<b>283</b>	<b>297</b>	<b>300</b>	<b>317</b>	<b>323</b>	<b>334</b>	<b>343</b>
<b>22</b>	<b>22</b>	<b>31</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>115</b>	<b>126</b>	<b>146</b>	<b>153</b>	<b>177</b>	<b>185</b>	<b>205</b>
	<b>212</b>	<b>235</b>	<b>258</b>	<b>271</b>	<b>284</b>	<b>298</b>	<b>301</b>	<b>318</b>	<b>322</b>	<b>335</b>	<b>342</b>
<b>23</b>	<b>23</b>	<b>32</b>	<b>49</b>	<b>71</b>	<b>116</b>	<b>127</b>	<b>147</b>	<b>154</b>	<b>176</b>	<b>186</b>	<b>206</b>
	<b>213</b>	<b>234</b>	<b>259</b>	<b>272</b>	<b>285</b>	<b>299</b>	<b>302</b>	<b>319</b>	<b>321</b>	<b>336</b>	<b>341</b>
<b>24</b>	<b>24</b>	<b>33</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>117</b>	<b>128</b>	<b>148</b>	<b>155</b>	<b>175</b>	<b>187</b>	<b>207</b>
	<b>214</b>	<b>233</b>	<b>260</b>	<b>273</b>	<b>286</b>	<b>300</b>	<b>303</b>	<b>313</b>	<b>320</b>	<b>337</b>	<b>340</b>
<b>25</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>51</b>	<b>69</b>	<b>118</b>	<b>129</b>	<b>149</b>	<b>156</b>	<b>174</b>	<b>188</b>	<b>208</b>
	<b>215</b>	<b>232</b>	<b>261</b>	<b>274</b>	<b>287</b>	<b>301</b>	<b>304</b>	<b>312</b>	<b>319</b>	<b>327</b>	<b>339</b>
<b>26</b>	<b>26</b>	<b>35</b>	<b>52</b>	<b>68</b>	<b>119</b>	<b>130</b>	<b>150</b>	<b>157</b>	<b>173</b>	<b>189</b>	<b>209</b>
	<b>216</b>	<b>231</b>	<b>262</b>	<b>275</b>	<b>288</b>	<b>302</b>	<b>305</b>	<b>311</b>	<b>318</b>	<b>326</b>	<b>338</b>

27	27	36	53	67	120	131	151	158	172	190	210
	217	230	263	276	289	303	306	310	317	325	337