



**ГБОУ ВПО «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИКО - СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.И. ЕВДОКИМОВА» МИНЗДРАВА РФ**

**Кафедра нормальной физиологии
и медицинской физики**

**Г.М. Стюрева, А.А. Сеницын, С.А. Муслов
Л.Н. Сидорова, И.Ю. Ситанская, Н.В. Зайцева, А.А. Корнеев**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
Количественные критерии при получении и восприятии
оптического изображения человеком.
Физические основы применения ультразвука в медицине.
по курсу
«Физические основы визуализации изображений в медицине»

для студентов лечебных и стоматологических факультетов
медицинских вузов
(специальности 060101 (31.05.01) Лечебное дело и 060201 (31.05.03) Стоматология)

*Рекомендовано УМО по медицинскому и фармацевтическому образованию вузов России в
качестве оценочных средств*

**Москва
2015**

ББК 28.071я73+28.707.1+5

К 60

УДК [612.014.481.1:616-073.4-8]:534-8(075.8)

Рецензенты:

А.М. Салецкий – заслуженный профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, заведующий кафедрой общей физики физического факультета, доктор физико-математических наук.

Н.Б. Кармен – врач анестезиолог-реаниматолог высшей категории Главного клинического госпиталя МВД России, доктор медицинских наук.

К 60 Г.М. Стюрева, А.А. Сеницын, С.А. Муслев, Л.Н. Сидорова, И.Ю. Ситанская, Н.В. Зайцева, А.А. Корнеев. Учебно-методическое пособие. Количественные критерии при получении и восприятии оптического изображения человеком. Физические основы применения ультразвука в медицине. По курсу «Физические основы визуализации изображений в медицине»– М.: МГМСУ, 2015, 89 с.

КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ:

Учебно-методическое пособие предназначено для интенсивной и качественной подготовки к коллоквиумам, контрольным работам и зачётам. Ко всем заданиям даны ответы, указания или решения.

Пособие содержит 107 ситуационных задач и вопросов и 39 тестовых вопросов, иллюстрирующих особенности применения физических методов для решения интеллектуальных задач физиологического, биофизического и медицинского содержания.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки (специальности) 060101 (31.05.01) Лечебное и 060201 (31.05.03) Стоматология дело к структуре основных образовательных программ по физике.

Авторы:

Г.М. Стюрева – профессор кафедры нормальной физиологии и медицинской физики МГМСУ, доктор биологических наук.

А.А. Сеницын – доцент кафедры медицинской и биологической физики МГМСУ, кандидат биологических наук.

С.А. Муслев – доцент кафедры нормальной физиологии и медицинской физики МГМСУ, доктор биологических наук.

Л.Н. Сидорова – старший преподаватель кафедры нормальной физиологии и медицинской физики МГМСУ.

И.Ю. Ситанская – кафедры нормальной физиологии и медицинской физики МГМСУ, кандидат педагогических наук.

Н.В. Зайцева – доцент кафедры нормальной физиологии и медицинской физики МГМСУ, кандидат педагогических наук.

А.А. Корнеев - доцент кафедры нормальной физиологии и медицинской физики МГМСУ, кандидат физико-математических наук.

ББК 28.071я73+28.707.1+5

© МГМСУ, Кафедра нормальной физиологии и медицинской физики, 2015

© Г.М. Стюрева, А.А. Сеницын, С.А. Муслев, Л.Н. Сидорова,

И.Ю. Ситанская, Н.В. Зайцева, А.А.Корнеев.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебно-методическое пособие содержит вопросы и задачи, используемые для организации работы и текущего контроля при изучении дисциплины «Физические основы визуализации изображений в медицине». Содержание учебного пособия соответствует примерной и рабочей программам. Пособие предназначено для изучения тех разделов физики, которые за последние десятилетия существенно дополнили представления о мире, расширили связь физики со всеми другими научными дисциплинами, которые обеспечивают развитие и достижения высоких медицинских технологий.

Количество задач определяется относительной важностью раздела и учебным временем, отводимым действующей программой на его изучение. Авторы считают, что разбор предлагаемых задач поможет студенту более свободно ориентироваться в изучаемом материале.

Процесс решения типовых и оригинальных ситуационных задач пособия авторы рассматривают как инструмент приобретения общекультурных и профессиональных компетенций.

Для формирования у учащихся умения анализировать условие задач в ряде случаев предлагаются задачи «с избытком данных». В конце сборника содержатся необходимые для решения задач справочные данные.

В процессе сдачи контрольных работ, коллоквиумов и зачета студенту необходимо правильно оформлять свои ответы в виде документа (отчета), который свидетельствует об его уровне компетентности. Продемонстрировать уровень своей компетентности поможет следование приведённым рекомендациям.

Умение правильно оформить документ легче всего приобрести, постепенно решая задачи и записывая их решения самостоятельно.

Авторы выражают надежду, что работа с материалами учебно-методического пособия окажется полезной студенту при подготовке к семинарам, практическим занятиям и зачёту, а преподавателю позволит более эффективно проводить занятия.

РЕКОМЕНДАЦИИ К РАБОТЕ С ПОСОБИЕМ

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА И РАЗМЕРНОСТЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Физическая величина (величина) — это характеристика одного из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общая в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальная для каждого объекта.

Размер физической величины — это количественное содержание в данном объекте определённой физической величины.

Единица физической величины — это физическая величина, фиксированная по размеру и принятая в качестве основы для количественной оценки конкретных физических величин.

Эталоном единицы физической величины называется средство измерений, обеспечивающее воспроизведение и хранение единицы с целью передачи её размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений, выполненное по особой спецификации и официально утверждённое в установленном порядке в качестве образца.

Значение X конкретной физической величины можно представить в виде:

$$X = \{X\}[X],$$

где $\{X\}$ — отвлечённое число, которое называется числовым значением величины;

$[X]$ — единица этой величины.

Размерностью физической величины называют выражение в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных физических величин с различными показателями степеней и отражающее связь данной физической величины с физическими величинами, принятыми в данной системе величин за основные и с коэффициентом пропорциональности, равным единице.

Размерность некоторой величины X обозначают знаком $\dim X$. В СИ (читается “эс-и”) (SI (“Sistem International”) в русской транскрипции “система интернациональная “), т.е. «международной системе» основными являются семь величин. Каждой основной физической величине СИ присвоен символ. Длина имеет символ – L, масса - M, время -T, сила электрического тока - I, термодинамическая температура - Θ , количество вещества - N, сила света – J.

Размерность основной величины, например, длины ($\dim L = L$).

Над размерностями величин можно производить действия умножения, деления, возведения в степень (и извлечения корня).

Безразмерной физической величиной называется величина, в размерности которой все показатели размерности (показатели степени, в которую возведены размерности основных единиц) равны нулю. Например, относительная деформация удлинения $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ - безразмерная величина, так как $\dim \varepsilon = \frac{\dim \Delta l}{\dim l} = \frac{L}{L} = L^{1-1} = L^0 = 1$.

Размерность давления - $\dim P = L^{-1}T^{-2}M$, размерность гидравлического (периферического) сопротивления - $\dim X = L^{-4}T^{-1}M$, размерность линейной скорости течения жидкости $\dim V = LT^{-1}$, размерность объёмной скорости течения (расхода) - $\dim Q = L^3T^{-1}$, размерность скорости сдвига - $\dim \dot{\gamma} = T^{-1}$, размерность динамической вязкости - $\dim \eta = L^{-1}T^{-1}M$, размерность кинематической вязкости - $\dim \nu = L^2T^{-1}$.

Применение размерности позволяет:

- 1) Установить во сколько раз изменится размер единицы данной производной физической величины при изменении размеров единиц величин, принятых за основные.
- 2) Произвести проверку правильности уравнений, полученных в результате теоретических выводов. Проверка основана на том, что к любому физическому равенству предъявляется требование: размерности правой и левой частей равенства, связывающего различные физические величины, должны быть одинаковыми.
- 3) Произвести анализ размерностей, который является методом установления функциональных связей между физическими величинами.

Решение физической задачи – это творческий процесс. Подходов к той или иной задаче может быть несколько. Однако, для ускорения процесса решения следует придерживаться более или менее систематического порядка действий. В приведённых в сборнике решениях этот порядок не всегда выдержан, студент, даже если он пользуется готовым решением, должен творчески его переосмыслить и оформить документ как следует, придерживаясь рекомендованного порядка действий.

ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ

- 1. Внимательно прочитайте и математически запишите условие задачи. Все величины должны быть выражены в СИ. Известные величины – их числовые значения и наименования – выписываются обычно в колонку.**
- 2. Проанализируйте условие задачи. Сформируйте физическую модель ситуации. Установите физические процессы и явления, которые могут происходить в данной ситуации. Определите закономерности, которым подчиняются установленные процессы и явления.**
- 3. При необходимости сделайте чертёж (схему, рисунок). Они могут оказаться полезными для решения.**
- 4. Используя математические записи физических законов, отвечающих конкретному содержанию задачи, запишите уравнение или систему уравнений, содержащих явно искомую величину. Сопровождайте решение краткими, но исчерпывающими пояснениями.**
- 5. Решите задачу в общем виде, т.е. получите математическое выражение (рабочую расчётную формулу), в левой части которого находится искомая величина, а в правой — заданные в условии задачи и взятые из таблиц величины.**
- 6. Произведите проверку размерности искомой величины. Неверная размерность — прямое указание на допущенную ошибку.**

Если все величины выражены в СИ, то вместо проверки размерности, в правую часть каждой из расчётных формул вместо обозначений физических величин можно подставить обозначения единиц этих величин в СИ, произвести над ними необходимые действия и убедиться, что полученное в результате обозначение единицы соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то задача решена неверно.

- 7. Подставьте в рабочую формулу числовые значения заданных и табличных величин, выраженные в СИ, и произведите вычисления, руководствуясь правилами приближённых вычислений.**
- 8. Оцените (там, где это возможно) правдоподобность числового ответа.**

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

01. Определите яркость B_{22} чёрной доски с меловой чертой при освещённости $E_2 = 75,00$ лк. Если при освещённости доски $E_1 = 50,00$ лк яркость доски $B_{12} = 2,50$ кд/м² (нт). Коэффициент отражения меловой черты 0,70.

Решение.

Дано:

$$E_1 = 50,00 \text{ лк} = 50,00 \text{ кд/м}^2$$

$$E_2 = 75,00 \text{ лк} = 75,00 \text{ кд/м}^2$$

$$B_{12} = 2,50 \text{ нт} = 2,50 \text{ кд/м}^2$$

$$\rho = 0,70$$

Найти:

$$B_{22} \text{ -?}$$

Будем считать, что в рассматриваемом случае, яркость освещаемой поверхности не зависит от направления.

Тогда яркость будет равна произведению коэффициента отражения освещаемой поверхности на освещённость делённому на π .

$$B_{12} = \frac{\rho_{\text{доски}} \cdot E_1}{\pi}, \text{ откуда: } \rho_{\text{доски}} = \frac{\pi \cdot B_{12}}{E_1}.$$

Будем считать, что коэффициенты отражения не зависят от освещённости.

$$\text{Тогда: } B_{22} = \frac{\rho_{\text{доски}} \cdot E_2}{\pi}.$$

$$B_{22} = \frac{\rho_{\text{доски}} \cdot E_2}{\pi} = \frac{\frac{\pi \cdot B_{12}}{E_1} \cdot E_2}{\pi} = \frac{\pi \cdot B_{12} \cdot E_2}{\pi \cdot E_1} = \frac{B_{12} \cdot E_2}{E_1}.$$

$$B_{22} = \frac{B_{12} \cdot E_2}{E_1} = \frac{2,50 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2} \cdot 75,00 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}}{50,00 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}} = 3,75 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}.$$

Ответ:

$$B_{22} = \frac{B_{12} \cdot E_2}{E_1} = 3,75 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}.$$

**Раздел 1. ОСНОВЫ ФОТОМЕТРИИ. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ
КРИТЕРИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И ВОСПРИЯТИИ ОПТИЧЕСКОГО
ИЗОБРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКОМ**

1. Определите яркость B_1 меловой черты, проведённой по чёрной доске. Освещённость доски $50,00$ лк и яркость доски $B_2 = 2,50$ кд/м² (нт). Коэффициент отражения меловой черты $0,70$.
2. Определите коэффициент отражения ρ чёрной доски. Освещённость доски $E = 50,00$ лк, яркость доски $B = 2,50$ кд/м² (нт).
3. Предметы становятся различимы на окружающем фоне при наличии контраста по цвету или по яркости. Яркостный контраст можно определить отношением $k = \frac{B_1 - B_2}{B_1}$, B_1 – яркость предмета; B_2 – яркость фона. Определите контраст для меловой черты на чёрной доске. Освещённость доски $50,00$ лк и яркость доски $2,50$ кд/м² (нт). Коэффициент отражения меловой черты $0,70$.
4. Определите яркость B_{22} чёрной доски с меловой чертой при освещённости $E_2 = 75,00$ лк. Если при освещённости доски $E_1 = 50,00$ лк яркость доски $B_{12} = 2,50$ кд/м² (нт). Коэффициент отражения меловой черты $0,70$.
5. Яркостный контраст можно определить отношением $k = \frac{B_1 - B_2}{B_1}$, B_1 – яркость предмета; B_2 – яркость фона. Найдите отношение контраста k_1 для меловой черты на чёрной доске при освещённости доски $E_1 = 50,00$ лк к контрасту по яркости k_2 , который соответствует освещённости $E_2 = 75,00$ лк той же доски с меловой чертой. В первом случае яркость доски была $B_{12} = 2,50$ кд/м² (нт). Коэффициент отражения меловой черты $0,70$.
6. Определите яркость снежной поверхности, если на эту поверхность попадают прямые солнечные лучи, создавая освещённость $E = 10^5$ лк. Коэффициент отражения (альбедо) чистого снега равен $\rho = 0,85$. Считать поверхность снега идеально рассеивающей.

7. Определите световой поток, излучаемый точечным источником света внутрь телесного угла, равного $0,4$ ср, если сила света источника 100 кд.
8. На расстоянии 5 м от источника света находится квадрат со стороной 10 см, поставленный перпендикулярно падающим лучам. Сила света источника света 800 кд. Определите световой поток, падающий на квадрат.
9. Определите силу света лампы накаливания, если полный световой поток, излучаемый этой лампой равен 1884 лм.
10. Световой поток, равный 80 лм, падает перпендикулярно плоскости, площадь которой равна 5000 см², и равномерно распределяется на ней. Определите освещённость поверхности этой плоскости.
11. Полный световой поток, излучаемый лампой накаливания мощностью 60 Вт, равен 645 лм. Определите силу света лампы, если её световая отдача равна $10,75$ лм/Вт.
12. Плоская площадка площадью 50 м² имеет равномерную освещённость 60 лк. Определите световой поток, падающий на площадку.
13. Человек видит предмет, если освещённость зрачка глаза равна $2 \cdot 10^{-9}$ лк. Определите максимальное расстояние, на котором космонавт будет видеть в открытом космосе лампу силой света 1000 кд.
14. Лампа висит над столом на высоте 2 м. Необходимо увеличить освещённость стола в 3 раза за счёт перемещения лампы над столом. Определите высоту над столом, которую будет иметь лампа в результате потребовавшегося перемещения.
15. Лампа силой света 400 кд находится на расстоянии 2 м от экрана. Позади лампы на расстоянии 1 м от неё поставлено плоское зеркало параллельно экрану. Определите освещённость в центре экрана.
16. Определите яркость освещённой поверхности, которая равномерно рассеивает свет по всем направлениям. Коэффициент отражения (альбедо) поверхности $\rho = 0,75$, а освещённость равна $E = 100$ лк.
17. В осветительном приборе точечный источник света с силой света $I = 100$ кд заключён в матовую сферическую колбу диаметром $d = 5$ см. Найдите светимость R прибора. Потерей света в колбе пренебречь.

18. В осветительном приборе точечный источник света с силой света $I = 100$ кд заключён в матовую сферическую колбу диаметром $d = 5$ см. Найдите яркость прибора B . Потерей света в колбе пренебречь.

19. В осветительном приборе, создающим силу света $I = 85$ кд, источником света служит раскалённый вольфрамовый шарик, диаметром $d = 3$ мм, помещённый в центр колбы с диаметром $D = 6$ см. Потерей света в колбе пренебречь. Найдите яркость B прибора.

20. В лампе накаливания, дающей силу света $I = 85$ кд, сферическая колба сделана из прозрачного стекла. Источником света служит раскалённый вольфрамовый шарик диаметром $d = 3$ мм, помещённый в центр колбы с диаметром $D = 6$ см. Найдите освещённость E , которую создаёт лампа на расстоянии $r = 5$ м при нормальном падении света.

21. В лампе накаливания, дающей силу света $I = 85$ кд, сферическая колба сделана из матового стекла. Источником света служит раскалённый вольфрамовый шарик диаметром $d = 3$ мм, помещённый в центр колбы с диаметром $D = 6$ см. Найдите яркость B лампы.

22. В лампе накаливания, дающей силу света $I = 85$ кд, сферическая колба сделана из матового стекла. Источником света служит раскалённый вольфрамовый шарик диаметром $d = 3$ мм, помещённый в центр колбы с диаметром $D = 6$ см. Найдите освещённость E , которую создаёт лампа на расстоянии $r = 5$ м при нормальном падении света.

23. На лист белой бумаги площадью $S = 20 \times 30$ см² перпендикулярно поверхности падает световой поток $\Phi = 120$ лм. Найдите светимость R бумажного листа, если коэффициент отражения $\rho = 0,75$.

24. На лист белой бумаги площадью $S = 20 \times 30$ см² перпендикулярно поверхности падает световой поток $\Phi = 120$ лм. Найдите яркость B бумажного листа, если коэффициент отражения $\rho = 0,75$.

25. На лист белой бумаги площадью $S = 20 \times 30$ см² перпендикулярно поверхности падает световой поток $\Phi = 120$ лм. Найдите освещённость E листа бумаги, при которой, его яркость $B = 10^4$ кд/м². Коэффициент отражения бумажного листа $\rho = 0,75$.

26. Лист белой бумаги площадью $S = 10 \times 30$ см² освещается светильником с силой света $I = 100$ кд, причём на бумагу падает 0,5%

всего посылаемого светильником света. Найдите освещённость E листа бумаги.

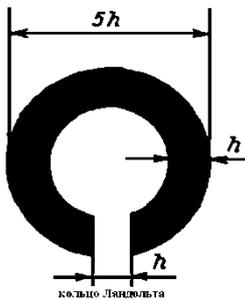
27. В осветительном приборе точечный источник света с силой света $I = 100$ кд заключён в матовую сферическую колбу диаметром $d = 5$ см. Найдите светимость R прибора. Потерей света в колбе пренебречь.

28. В осветительном приборе точечный источник света с силой света $I = 100$ кд заключён в матовую сферическую колбу диаметром $d = 5$ см. Найдите яркость прибора B . Потерей света в колбе пренебречь.

29. В лампе накаливания, дающей силу света $I = 85$ кд, сферическая колба сделана из прозрачного стекла. Источником света служит раскалённый вольфрамовый шарик диаметром $d = 3$ мм, помещённый в центр колбы с диаметром $D = 6$ см. Найдите яркость B лампы.

30. В лампе накаливания, дающей силу света $I = 85$ кд, сферическая колба сделана из матового стекла. Источником света служит раскалённый вольфрамовый шарик диаметром $d = 3$ мм, помещённый в центр колбы с диаметром $D = 6$ см. Найдите яркость B лампы.

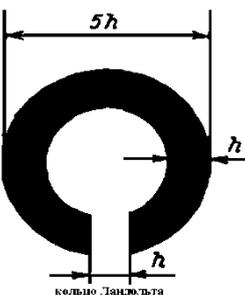
31. Для исследования остроты зрения применяют кружки (кольца)



Ландольта, представляющие собой чёрные кольца на белом фоне. В кольце имеется разрыв, который может быть ориентирован в любую сторону. Испытуемому лицу предлагается указать направление разрыва. Отношение расстояния, с которого испытуемый правильно различает разрыв, к расстоянию, с которого этот разрыв виден под углом $1'$, даёт

количественную характеристику остроты зрения. Докажите справедливость указанного способа определения остроты зрения.

32. Один наблюдатель различает разрыв в кольце Ландольта с расстояния 6,88 м, а другой – с расстояния 1,72 м. Определите их остроту зрения, если величина разрыва в кольце Ландольта $h = 1$ мм.



33. Фотоснимок, сделанный на фотоплёнке с эмульсией, считается резким, если наблюдатель не различает отдельно зёрна эмульсии. Определите возможное увеличение фотоснимков с плёнки, зерно эмульсии которой имеет диаметр $\delta_э = 3$ мкм, если снимки будут в дальнейшем рассматриваться с расстояния наилучшего видения 250 мм.

34. Нормальная освещённость при письме и чтении составляет 50 лк. Определите нормальную яркость матовой бумаги с коэффициентом отражения 0,8 при этих условиях освещённости.

35. Определите предел разрешения глаза в угловой мере, исходя из того, что размер колбочки близок к $a = 5$ мкм, а абсолютная величина (модуль) переднего фокусного расстояния глаза $f = 17,1$ мм.

36. В 1946 году Пиненгин выполнил исследование, которое показало, что попавший на сетчатку глаза человека квазимонохроматический поток излучения $\Phi_\lambda = 3,22 \cdot 10^{-16}$ Вт ($\lambda = 491$ нм) вызывает пороговое ощущение света в условиях сумеречного зрения. Определите число фотонов, которое за одну секунду попадало при этом на сетчатку глаза.

37. Гистологический препарат рассматривают через микроскоп. Наблюдение осуществляется с использованием осветителя, дающего свет вблизи длины волны $\lambda = 555$ нм. Предел разрешения глаза при описываемых условиях наблюдения в угловой мере равен $\beta_{\text{мин}} = 2'$. Наблюдение производится с иммерсией (показатель преломления иммерсионной жидкости $n = 1,5$). Апертурный угол объектива микроскопа $U = 40^\circ$. Определите полезное увеличение микроскопа $\Gamma_{\text{пол}}$.

38. Вычислите световые потоки излучений с $\lambda_1 = 0,45$ мкм, $\lambda_2 = 0,56$ мкм, $\lambda_3 = 0,65$ мкм, если энергетические потоки $\Phi_{e,\lambda_1} = \Phi_{e,\lambda_2} = \Phi_{e,\lambda_3} = 2$ Вт.

Раздел 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

1. Определите акустическое сопротивление воздуха. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$.
2. Определите акустическое сопротивление глицерина. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1920 \text{ м/с}$.
3. Определите акустическое сопротивление воды. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1480 \text{ м/с}$.
4. Определите акустическое сопротивление кварца. Плотность кварца $\rho_1 = 2650 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 5760 \text{ м/с}$.
5. Определите акустическое сопротивление моторного масла. Плотность моторного масла $\rho_1 = 870 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1740 \text{ м/с}$.
6. Определите акустическое сопротивление люцита (орг. стекла). Плотность люцита $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 2730 \text{ м/с}$.
7. Определите акустическое сопротивление ПВХ. Плотность ПВХ $\rho_1 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 2395 \text{ м/с}$.
8. Определите акустическое сопротивление воздуха при нормальных условиях относительно воды. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе $c_1 = 330 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в воде $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.
9. Определите акустическое сопротивление глицерина относительно воды. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине $c_1 = 1920 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в воде $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

10. Определите акустическое сопротивление кварца относительно воды. Плотность кварца $\rho_1 = 2650 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в кварце $c_1 = 5760 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в воде $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

11. Определите акустическое сопротивление моторного масла относительно воды. Плотность моторного масла $\rho_1 = 870 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в масле $c_1 = 1740 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в воде $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

12. Определите акустическое сопротивление люцита (орг. стекла) относительно воды. Плотность люцита $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в люците $c_1 = 2730 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в воде $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

13. Определите акустическое сопротивление ПВХ относительно воды. Плотность ПВХ $\rho_1 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_1 = 2395 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в воде $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

14. Определите коэффициент отражения по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из люцита (орг. стекла) в ПВХ. Плотность люцита $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 2730 \text{ м/с}$. Плотность ПВХ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$.

15. Определите коэффициент отражения по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из люцита (орг. стекла) в ПВХ. Плотность люцита $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 2730 \text{ м/с}$. Плотность ПВХ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$.

16. Определите коэффициент отражения по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из воздуха в ПВХ. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$. Плотность ПВХ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$.

17. Определите коэффициент отражения по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из воздуха в воду. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

18. Определите коэффициент отражения по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из воздуха в ПВХ. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$.

Плотность ПВХ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$.

19. Определите коэффициент отражения по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из воздуха в воду. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

20. Определите коэффициент отражения по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из воды в глицерин. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1480 \text{ м/с}$. Плотность глицерина $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1920 \text{ м/с}$.

21. Определите коэффициент отражения по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из воздуха в глицерин. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$. Плотность глицерина $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1920 \text{ м/с}$.

22. Определите коэффициент отражения по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из воды в глицерин. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1480 \text{ м/с}$. Плотность глицерина $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1920 \text{ м/с}$.

23. Определите коэффициент отражения по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из воздуха в глицерин. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$. Плотность глицерина $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1920 \text{ м/с}$.

24. Определите коэффициент отражения по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из глицерина в воду. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1920 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

25. Определите коэффициент отражения по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из глицерина в воздух. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1920 \text{ м/с}$. Плотность воздуха $\rho_2 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 330 \text{ м/с}$.

26. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из люцита (орг. стекла) в ПВХ. Плотность люцита $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 2730 \text{ м/с}$. Плотность ПВХ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$.

27. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из люцита (орг. стекла) в ПВХ. Плотность люцита $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 2730 \text{ м/с}$. Плотность ПВХ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$.

28. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из воздуха в ПВХ. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$.

Плотность ПВХ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$.

29. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из воздуха в воду. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$.

Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

30. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из воздуха в ПВХ. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$.

Плотность ПВХ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$.

31. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из воздуха в воду. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$.

Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

32. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из воды в глицерин. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1480 \text{ м/с}$. Плотность глицерина $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1920 \text{ м/с}$.

33. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из воздуха в глицерин. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$. Плотность глицерина $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1920 \text{ м/с}$.

34. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из воды в глицерин. Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1480 \text{ м/с}$. Плотность глицерина $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1920 \text{ м/с}$.

35. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из воздуха в глицерин. Плотность воздуха $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 330 \text{ м/с}$. Плотность глицерина $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1920 \text{ м/с}$.

36. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из глицерина в воду. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1920 \text{ м/с}$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1480 \text{ м/с}$.

37. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по интенсивности при переходе ультразвуковой волны из глицерина в воздух. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$, скорость продольной

ультразвуковой волны $c_1 = 1920$ м/с. Плотность воздуха $\rho_2 = 0,1$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 330$ м/с.

38. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из глицерина в воду. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1920$ м/с. Плотность воды $\rho_2 = 1000$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1480$ м/с.

39. Определите коэффициент прохождения (пропускания) по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из глицерина в воздух. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1920$ м/с. Плотность воздуха $\rho_2 = 0,1$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 330$ м/с.

40. Определите коэффициент отражения по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из глицерина в воду. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1920$ м/с. Плотность воды $\rho_2 = 1000$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 1480$ м/с.

41. Определите коэффициент отражения по амплитуде при переходе ультразвуковой волны из глицерина в воздух. Плотность глицерина $\rho_1 = 1300$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_1 = 1920$ м/с. Плотность воздуха $\rho_2 = 0,1$ кг/м³, скорость продольной ультразвуковой волны $c_2 = 330$ м/с.

42. Средняя скорость ультразвука в мягких биологических тканях $C = 1540$ м/с. Определите длину волны при частоте $f = 3,5$ МГц. Сделайте оценку предела разрешения.

43. Средняя скорость ультразвука в мягких биологических тканях $C = 1540$ м/с. Определите длину волны при частоте $f = 5,0$ МГц. Сделайте оценку предела разрешения.

44. Средняя скорость ультразвука в мягких биологических тканях $C = 1540$ м/с. Определите длину волны при частоте $f = 7,5$ МГц. Сделайте оценку предела разрешения.

45. Средняя скорость ультразвука в мягких биологических тканях $C = 1540$ м/с. Определите длину волны при частоте $f = 10,0$ МГц. Сделайте оценку предела разрешения.

46. Графически представьте спектр частот (частотный спектр) колебания:

$$p(t) = P_0 \cdot \cos(12t + 5).$$

47. Мощность ультразвукового импульса, посылаемого диагностическим прибором равна 23 мВт. Определите интенсивность ультразвуковой волны в точке, где площадь поперечного сечения конуса излучения равна 8 см². Скорость распространения ультразвука в тканях человека равна 1500 м/с. Рабочая частота зонда прибора 15 МГц. Средняя плотность тканей 1100 кг/м³. Поглощением ультразвука в тканях пренебречь.

48. Мощность ультразвукового импульса, посылаемого диагностическим прибором равна 13 мВт. Определите амплитуду ультразвуковой волны в точке, где площадь поперечного сечения конуса излучения равна 8 см². Скорость распространения ультразвука в тканях человека равна 1500 м/с. Рабочая частота зонда прибора 10 МГц. Средняя плотность тканей 1100 кг/м³. Поглощением ультразвука в тканях пренебречь.

49. Эритроцит движется в потоке крови со скоростью 258 мм/с. На него падает и затем отражается ультразвуковая волна от неподвижного источника (зонда), работающего на частоте 21 МГц. Определите разность частот между отражённой эритроцитом и излучаемой источником ультразвуковыми волнами, если эритроцит удаляется от источника. Скорость распространения ультразвука в крови принять равной 1500 м/с.

50. Эритроцит движется в потоке крови со скоростью 208 мм/с. На него падает и затем отражается ультразвуковая волна от неподвижного источника (зонда), работающего на частоте 13 МГц. Определите разность частот между отражённой эритроцитом и излучаемой источником ультразвуковыми волнами, если эритроцит приближается к источнику. Скорость распространения ультразвука в крови принять равной 1500 м/с.

51. Расположение зонда при ультразвуковом обследовании таково, что ультразвуковой луч проходит через стенку кровеносного сосуда под углом 25 градусов к продольной оси сосуда с текущей по нему кровью. При этом получить информацию о доплеровском сдвиге невозможно.

(25 градусов - критический угол инсонации.) Определите скорость ультразвука в стенке кровеносного сосуда, если скорость ультразвука в крови принять равной 1570 м/с.

52. В качестве одной из выходных акустических характеристик зонда ультразвукового диагностического прибора указан тепловой индекс $TI = 2$. Охарактеризуйте тепловую мощность, создаваемую прибором.

53. Определите глубину расположения, отражающего ультразвук образования, если интервал времени между началом зондирования и моментом прихода эхо-сигнала составляет $\tau = 150$ мкс. Усреднённую скорость распространения ультразвука в мягких тканях принять равной $u = 1540$ м/с.

54. Перечислите и опишите факторы, от которых зависит доплеровский сдвиг при ультразвуковых диагностических исследованиях.

55. Оцените диапазон частот (f_d) доплеровского сдвига, если частоты излучения (f_0) выбраны в промежутке от 2 до 20 МГц. Скорость движения отражателя ($V \leq 1$ м/с) и скорость распространения ультразвука $u = 1500$ м/с.

56. Сжимаемость плазмы крови $\beta = 5,0 \cdot 10^{-10}$ Па, плотность $\rho = 1,03 \cdot 10^3$ кг /м³. Рассчитайте скорость ультразвука в плазме крови.

57. При исследовании акустических свойств плазмы крови человека было обнаружено, что промежуток времени между возникновением звука и его приёмом оказался равным $t = 2,6$ мкс. Сжимаемость плазмы крови $\beta = 5,0 \cdot 10^{-10}$ Па, плотность $\rho = 1,03 \cdot 10^3$ кг /м³. Определите расстояние между источником звука и отражателем.

58. Рассчитайте скорость распространения низкочастотного ультразвука в воздухе при температурах t , равных: - 20, 0 и + 20 °С .

59. Подсчитайте число раз, в которое отличаются скорость c_1 распространения ультразвука в воздухе летом ($t = 27^\circ\text{C}$) и скорость c_2 распространения ультразвука в воздухе зимой ($t = - 33^\circ\text{C}$).

60. Найдите скорость c распространения акустических волн в двухатомном газе, если известно, что при давлении $p = 1,01 \cdot 10^5$ Па плотность газа $\rho = 1,29$ кг/м³.

61. Найдите показатель преломления n акустических волн на границе воздух - стекло. Модуль Юнга для стекла $E = 6,9 \cdot 10^{10}$ Па, плотность стекла $\rho = 2,6 \cdot 10^3$ кг/м³, температура воздуха $t = 20$ °С.

62. Найдите предельный угол α полного внутреннего отражения звуковых волн на границе воздух — стекло. Модуль Юнга для стекла $E = 6,9 \cdot 10^{10}$ Па, плотность стекла $\rho = 2,6 \cdot 10^3$ кг/м³, температура воздуха $t = 20$ °С.

63. Получите связь между коэффициентом затухания ультразвуковых волн постоянной частоты в однородной среде (μ) по интенсивности с коэффициентом затухания по амплитуде (α).

64. Выясните физический смысл коэффициента затухания ультразвуковых волн постоянной частоты в однородной среде (μ) по интенсивности.

65. Определите число раз, в которое уменьшится амплитуда звукового давления Δp при распространении ультразвука постоянной частоты в однородной среде, в точке $x = \frac{1}{\mu}$, где μ — коэффициент затухания по интенсивности.

66. Мерой затухания ультразвука в биологических тканях является коэффициент затухания по интенсивности $\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) = -\frac{1}{x} \ln \frac{I_x}{I_0}$. В технических и медицинских приложениях часто используется коэффициент затухания в виде $\mu \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right)$. Получите связь между $\mu \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right)$ и $\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right)$.

67. Определите отношение степени затухания ультразвука в децибелах по амплитуде для тканей мозга взрослого человека на глубине $x = 3$ см для двух различных частот $f_1 = 7,5$ МГц и $f_2 = 3,5$ МГц. Экспериментально установлено, что ткани мозга при частоте $f_0 = 1$ МГц имеют коэффициент затухания по амплитуде $\alpha_0 = 1$ дБ/см, коэффициент затухания линейно растёт с частотой при коэффициенте пропорциональности $a = 0,7$ 1/МГц.

68. Определите разницу в степени затухания ультразвука в децибелах по амплитуде в тканях мозга взрослого человека на глубине $x = 3$ см для двух различных частот $f_1 = 7,5$ МГц и $f_2 = 3,5$ МГц. Экспериментально установлено, что ткани мозга при частоте $f_0 = 1$ МГц имеют коэффициент затухания по амплитуде $\alpha_0 = 1$ дБ/см, коэффициент затухания линейно растёт с частотой при коэффициенте пропорциональности $a = 0,7$ 1/ МГц.

69. Определите отношение амплитуд избыточного давления ультразвука для тканей мозга взрослого человека для двух различных частот $f_1 = 3,5$ МГц и $f_2 = 7,5$ МГц, если разница в степени затухания по амплитуде на глубине $x = 3$ см составила $\Delta K = 8,4$ дБ.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. УЛЬТРАЗВУК ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ ТАК, КАК ОН

- 1) способен проникать в тело человека и не взаимодействует с биологическими тканями
- 2) не оказывает вредного воздействия на человека
- 3) способен проникать в тело человека и взаимодействует с биологическими тканями
- 4) не отражается от поверхности тела человека и от границ раздела биотканей
- 5) не преломляется на границах раздела биотканей и не поглощается ими

2. РАЗНИЦА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ СОСТОИТ ВТОМ, ЧТО УЛЬТРАЗВУК

- 1) отражается и преломляется на границах раздела биологических тканей
- 2) только преломляется на границе раздела биологических тканей
- 3) только отражается от границ раздела биологических тканей
- 4) не отражается и не преломляется на границах раздела биологических тканей
- 5) не поглощается большей частью биологических тканей

3. ДЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ МАКСИМУМУ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЛАЗА ($\lambda_0 = 555$ нм), ПРИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИЛЕ СВЕТА $1 \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}$ СВЕТОВОЙ ПОТОК РАВЕН

- 1) 1 лм
- 2) 38 лм
- 3) 68 лм
- 4) 683 лм
- 5) 1366 лм

4. В ЦЕНТРЕ СФЕРЫ РАДИУСОМ $R = 1$ м ПОМЕЩЁН ТОЧЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК, СИЛА СВЕТА КОТОРОГО ($I = 1$ кд). ОСВЕЩЁННОСТЬ, КОТОРАЯ ПРИ ЭТОМ ПОЛУЧЕНА НА ПОВЕРХНОСТИ СФЕРЫ РАВНА

- 1) 1 лк
- 2) 10 лк
- 3) 100 лк
- 4) 150 лк
- 5) 300 лк

5. ЕСЛИ ТЕЛЕСНЫЙ УГОЛ (Ω), В КОТОРОМ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ ЭНЕРГИЯ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАВЕН НУЛЮ, ТО ЛУЧИ СВЕТА

- 1) исходят из одной точки

- 2) образуют параллельный пучок
- 3) сходятся в единственной точке
- 4) образуют конический пучок
- 5) не преломляются

6. УКАЖИТЕ ЦВЕТ ЛУЧЕЙ, ДЛЯ КОТОРЫХ ПРИ ОДНОЙ И ТОЙ ЖЕ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНОЕ ОЩУЩЕНИЕ ОКАЖЕТСЯ НАИБОЛЕЕ СИЛЬНЫМ

- 1) красный
- 2) оранжевый
- 3) зелёный
- 4) голубой
- 5) синий

7. ОПРЕДЕЛИТЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕЛЕСНОГО УГЛА В СТРАДИАНАХ, ЕСЛИ ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ, ВЫРЕЗАННОЙ НА СФЕРЕ РАДИУСА ($r = 1\text{м}$) ДЛЯ ЭТОГО УГЛА СОСТАВИЛА ЧЕТЫРЕ КВАДРАТНЫХ МЕТРА

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

8. ТЕЛЕСНЫЙ УГОЛ, ОХВАТЫВАЮЩИЙ ВСЁ ПРОСТРАНСТВО ВОКРУГ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА, РАВЕН

- 1) $\frac{\pi}{2}$ ср
- 2) π ср
- 3) $\frac{3\pi}{2}$ ср
- 4) $2 \cdot \pi$ ср
- 5) $4 \cdot \pi$ ср

9. ПОЛНАЯ ЭНЕРГИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ, КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ПО ГАРМОНИЧЕСКОМУ ЗАКОНУ С ЧАСТОТОЙ УЛЬТРАЗВУКА, ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА

- 1) амплитуде скорости смещения
- 2) квадрату амплитуды смещения
- 3) квадрату амплитуды ускорения

- 4) частоте колебаний
- 5) амплитуде смещения

10. АМПЛИТУДА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ ИЗМЕНЯЕТСЯ СО ВРЕМЕНЕМ С ЧАСТОТОЙ

- 1) вдвое большей частоты смещения от положения равновесия
- 2) ускорения смещения от положения равновесия
- 3) скорости смещения от положения равновесия
- 4) смещения от положения равновесия
- 5) равной нулю

11. ПРИ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЯХ, КОГДА В СИСТЕМЕ ДЕЙСТВУЕТ СИЛА ТРЕНИЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ СКОРОСТИ, ЧИСЛО ПОЛНЫХ КОЛЕБАНИЙ, ЗА ВРЕМЯ КОТОРЫХ АМПЛИТУДА УМЕНЬШИТСЯ В "e", РАЗ РАВНО

- 1) произведению коэффициента затухания на "частоту"
- 2) произведению коэффициента затухания на "период"
- 3) произведению коэффициента затухания на круговую "частоту"
- 4) частному от деления коэффициента затухания на "период"
- 5) единице, делённой на логарифмический коэффициент затухания

12. ПРИ СВОБОДНЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ С УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТОЙ КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СКОРОСТЬ

- 1) опережает по фазе смещение на 180 угловых градусов
- 2) отстаёт по фазе от смещения на 90 угловых градусов
- 3) опережает по фазе смещение на 90 угловых градусов
- 4) отстаёт по фазе от смещения на 180 угловых градусов
- 5) совпадает по фазе со смещением

13. ПРИ СВОБОДНЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ МАЯТНИКА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ СОСТАВИЛО 10 Дж. УКАЖИТЕ ПРЕДЕЛЫ, В КОТОРЫХ ИЗМЕНЯЕТСЯ ЕГО ПОЛНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ.

1. не изменяется и равна 5 Дж
2. не изменяется и равна 10 Дж
3. изменяется от 0 до 10 Дж.
4. изменяется от 0 до 20 Дж.
5. не изменяется и равна 20 Дж.

14. В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ХИРУРГИЧЕСКОМ ИНСТРУМЕНТЕ АМПЛИТУДА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ РАВНА 0,5 мкм. ОПРЕДЕЛИТЕ ПУТЬ, ПРОЙДЕННЫЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ ИНСТРУМЕНТА, ЗА ПЕРИОД КОЛЕБАНИЙ.

1. 0 мкм
2. 0,25 мкм
3. 0,5 мкм

4. 1 мкм

5. 2 мкм

15. ПОЛНАЯ ЭНЕРГИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ, КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ПО ГАРМОНИЧЕСКОМУ ЗАКОНУ С ЧАСТОТОЙ УЛЬТРАЗВУКА, ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА

- 1) квадрату частоты смещения
- 2) частоте колебаний
- 3) амплитуде смещения
- 4) амплитуде скорости смещения
- 5) квадрату амплитуды ускорения смещения

16. ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА УЛЬТРАЗВУКА РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ СФЕРИЧЕСКАЯ ВОЛНА. НА РАССТОЯНИИ ОТ ИСТОЧНИКА 2 м ИНТЕНСИВНОСТЬ ВОЛНЫ 20 мВт/м². ОПРЕДЕЛИТЕ ИНТЕНСИВНОСТЬ ВОЛНЫ НА РАССТОЯНИИ 4м. ПОГЛОЩЕНИЕМ ЗВУКА В СРЕДЕ ПРЕНЕБРЕЧЬ.

- 1) 2 мВт/ м²
- 2) 4 мВт/ м²
- 3) 5 мВт/ м²
- 4) 10 мВт/ м²
- 5) 20 мВт/ м²

17. ПРИ НАЛИЧИИ В КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЗАТУХАНИЯ ЯВЛЕНИЕ РЕЗОНАНСА НАБЛЮДАЕТСЯ ПРИ ЧАСТОТЕ

- 1) много большей собственной частоты системы
- 2) равной нулю
- 3) равной собственной частоте системы
- 4) большей собственной частоты системы
- 5) меньшей собственной частоты системы

18. АМПЛИТУДА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

- 1) может быть, как положительной, так и отрицательной
- 2) может быть отрицательной
- 3) является положительной
- 4) половину периода колебаний положительна, а другую половину отрицательна
- 5) всегда выражается целым числом

19. НА БЕЛОМ ФОНЕ НАПИСАН ТЕКСТ КРАСНЫМИ БУКВАМИ. ВЫ РАСПОЛАГАЕТЕ СТЁКЛАМИ (СВЕТОФИЛЬТРАМИ) ЦВЕТ КОТОРЫХ: а) ГОЛУБОЙ, б) ЖЁЛТЫЙ, в) ЗЕЛЁНЫЙ, г) КРАСНЫЙ, д) ФИОЛЕТОВЫЙ. УКАЖИТЕ ЦВЕТ СТЕКЛА, ГЛЯДЯ ЧЕРЕЗ КОТОРОЕ, БУКВЫ БУДУТ КАЗАТЬСЯ ЧЁРНЫМИ.

- 1) только а
- 2) только б

- 3) только в
- 4) только г
- 5) а, б, в, д

20. НА БЕЛОМ ФОНЕ НАПИСАН ТЕКСТ КРАСНЫМИ БУКВАМИ. УКАЖИТЕ ЦВЕТ СТЕКЛА, ГЛЯДЯ ЧЕРЕЗ КОТОРОЕ, НЕЛЬЗЯ БУДЕТ УВИДЕТЬ ТЕКСТ

- 1) красный
- 2) жёлтый
- 3) зелёный
- 4) синий
- 5) фиолетовый

21. ТЕЛЕСНЫЙ УГОЛ, ВНУТРИ КОТОРОГО ПРОХОДИТ СВЕТОВОЙ ПОТОК, РАВНЫЙ 4 лм ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА, ЕСЛИ СИЛА СВЕТА ЕГО РАВНА 50 кд, СОСТАВЛЯЕТ

- 1) 0,02 ср
- 2) 0,04 ср
- 3) 0,06 ср
- 4) 0,08 ср
- 5) 0,10 ср

22. ПОЛНЫЙ СВЕТОВОЙ ПОТОК, ИЗЛУЧАЕМЫЙ ТОЧЕЧНЫМ ИСТОЧНИКОМ, ЕСЛИ СИЛА СВЕТА ЕГО РАВНА 50 кд, РАВЕН

- 1) 100 лм
- 2) 314 лм
- 3) 628 лм
- 4) 944 лм
- 5) 828 лм

23. ЦВЕТ ЗЕЛЁНЫХ ЛИСТЬЕВ, РАССМАТРИВАЕМЫХ ЧЕРЕЗ КРАСНОЕ СТЕКЛО, БУДЕТ КАЗАТЬСЯ

- 1) чёрным
- 2) жёлтым
- 3) зелёным
- 4) синим
- 5) красным

24. ВЕЛИЧИНА ПОЛНОГО СВЕТОВОГО ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКИХ НЕЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ

- 1) увеличена
- 2) уменьшена
- 3) оставлена без изменений
- 4) перераспределена в пространстве
- 5) уменьшена до отрицательных значений

25. КАНДЕЛЛА ОСНОВНАЯ ЕДИНИЦА В «СИ»

- 1) силы света
- 2) яркости
- 3) светимости
- 4) светового потока
- 5) освещённости

26. ЕДИНИЦА ОСВЕЩЁННОСТИ ЛЮКС

- 1) не является единицей «СИ»
- 2) является производной единицей «СИ»
- 3) является основной единицей «СИ»
- 4) является дополнительной единицей «СИ»
- 5) является эталонной единицей

27. НАБЛЮДЕНИЕ ОБЪЕКТА ПРОИЗВОДИТСЯ ПРИ УСЛОВИЯХ, КОГДА СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ СВЕТА ОТ ОБЪЕКТА И ОТ ФОНА ОДИНАКОВ. ЗНАЧЕНИЕ КОНТРАСТА РАВНОЕ 1 СООТВЕТСТВУЕТ СЛУЧАЮ, КОГДА ЯРКОСТЬ ОБЪЕКТА

- 1) равна яркости фона
- 2) не превосходит яркость фона
- 3) равна нулю
- 4) превосходит 10 кд/м^2
- 5) находится в пределах от 1 кд/м^2 до 10 кд/м^2

28. ЧТОБЫ ПОЛУЧИТЬ ИНФОРМАЦИЮ ОБ ОБЪЕКТЕ, НЕОБХОДИМУЮ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ НЕКОТОРОГО ВОЛНОВОГО ПРОЦЕССА, ОБЪЕКТ ДЛЯ ДАННОГО ВИДА ИЗЛУЧЕНИЯ ДОЛЖЕН БЫТЬ

- 1) полупрозрачным
- 2) прозрачным
- 3) непрозрачным
- 4) опалесцирующим
- 5) люминесцирующим

29. УСТАНОВЛЕНО, ЧТО К ЭФФЕКТИВНЫМ МЕХАНИЗМАМ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ОТНОСЯТСЯ:

а. СПОСОБНОСТЬ К ВЫДЕЛЕНИЮ КОНТУРОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ;

б. ВОЗМОЖНОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЯРКОСТИ;

в. СПОСОБНОСТЬ К ВОСПРИЯТИЮ ЦВЕТА.

ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ УЧТЕНЫ

- 1) только а
- 2) только б
- 3) только б и в
- 4) только а и в

5) все перечисленные

30. ЧЕРЕЗ ТОЛЩУ ЧИСТОЙ ВОДЫ В АКВАРИУМЕ МОЖНО ЛЕГКО РАССМОТРЕТЬ РЫБОК И ДРУГИЕ ОБЪЕКТЫ. ЕСЛИ ЖЕ ИЗ ТОЙ ЖЕ САМОЙ ВОДЫ СОЗДАТЬ ПЛОТНОЕ ОБЛАКО ПАРА (ТУМАН), ТО СКВОЗЬ НЕГО ПРАКТИЧЕСКИ НИЧЕГО НЕ ВИДНО. ПРОИСХОДИТ ЭТО ПОТОМУ, ЧТО, КОЭФФИЦИЕНТ

- 1) поглощения пара выше, чем у воды
- 2) преломления пара выше, чем у воды
- 3) преломления воды 1,3, а не 1,0
- 4) преломления пара отрицателен
- 5) преломления пара равен нулю

31. ЧЕРЕЗ СЛОЙ ЧИСТОЙ ВОДЫ И ЧЕРЕЗ СЛОЙ ТАКОЙ ЖЕ ТОЛЩИНЫ ВОДЯНОГО ПАРА МОЖНО БЫЛО БЫ ОДИНАКОВО ВИДЕТЬ, НАХОДЯЩЕЕСЯ ЗА ЭТИМ СЛОЕМ, ЕСЛИ КОЭФФИЦИЕНТ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОДЫ БЫЛ БЫ РАВЕН

- 1) 0,0
- 2) 1,0
- 3) 1,3
- 4) 1,5
- 5) 1,6

32. УКАЖИТЕ ПАРАМЕТР, КОТОРЫЙ ОПРЕДЕЛЯЕТ СВОЙСТВА СРЕДЫ, ЧЕРЕЗ КОТОРУЮ ПРОХОДИТ УЛЬТРАЗВУК

- 1) акустическое сопротивление
- 2) интенсивность
- 3) амплитуда
- 4) частота
- 5) период

33. УЛЬТРАЗВУК ОТРАЖАЕТСЯ ОТ ГРАНИЦЫ СРЕД, ИМЕЮЩИХ РАЗЛИЧИЯ В:

- 1) плотности
- 2) акустическом сопротивлении
- 3) скорости распространения ультразвука
- 4) упругости
- 5) скорости распространения ультразвука и упругости

34. УЛЬТРАЗВУК — МЕХАНИЧЕСКИЕ УПРУГИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ, ЧАСТОТА КОТОРЫХ НЕ НИЖЕ

- 1) 20 Гц
- 2) 30 Гц
- 3) 15 кГц
- 4) 20 000 Гц
- 5) 20 МГц

35. В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА УЛЬТРАЗВУК РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ — КАК МЕХАНИЧЕСКИЕ УПРУГИЕ ВОЛНЫ, КОТОРЫЕ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) продольными
- 2) поперечными
- 3) сдвиговыми
- 4) капиллярными
- 5) гравитационными

36. В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА УЛЬТРАЗВУК РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ — КАК МЕХАНИЧЕСКИЕ УПРУГИЕ ВОЛНЫ, КОТОРЫЕ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) продольными
- 2) поперечными
- 3) сдвиговыми
- 4) капиллярными
- 5) гравитационными

37. В НАСТОЯЩИЙ МОМЕНТ ПРИ ПОСТРОЕНИИ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ МЯГКИХ ТКАНЕЙ И ЖИДКИХ СРЕД ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДОПУЩЕНИЕ 0

- 1) отсутствию дисперсии скорости распространения ультразвука
- 2) линейной дисперсии скорости распространения ультразвука
- 3) нелинейной дисперсии скорости распространения ультразвука
- 4) логарифмической дисперсии скорости распространения ультразвука
- 5) возрастающей дисперсии скорости распространения ультразвука

38. УСРЕДНЁННАЯ СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В МЯГКИХ ТКАНЯХ СОСТАВЛЯЕТ

- 1) 1300 м/с
- 2) 1420 м/с
- 3) 1450 м/с
- 4) 1540 м/с
- 5) 1620 м/с

39. ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РАССЧИТАТЬ РАССТОЯНИЕ ДО ОТРАЖАТЕЛЯ, НУЖНО ЗНАТЬ

- 1) затухание, скорость, плотность
- 2) затухание, сопротивление
- 3) затухание, поглощение
- 4) время возвращения сигнала, скорость
- 5) скорость, плотность

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

Раздел 1. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И ВОСПРИЯТИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

1. Решение.

Дано:

$E = 50 \text{ лк}$

$B_2 = 2,50 \text{ нт} = 2,50 \text{ кд/м}^2$

$\rho = 0,70$

Найти:

$B_1 - ?$

Ответ: $B_1 \cong 11,15 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$.

Будем считать, что яркость меловой черты не зависит от направления. Тогда $B_1 = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$.

$$B_1 = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \cong \frac{0,70 \cdot 50,00 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}}{3,14} \cong 11,15 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$$

2. Решение.

Дано:

$E = 50,00 \text{ лк} = 50,00 \text{ кд/м}^2$

$B = 2,50 \text{ нт} = 2,50 \text{ кд/м}^2$

Найти:

$\rho - ?$

Ответ: $\rho \cong 0,16$.

Будем считать, что яркость доски не зависит от направления. Тогда $B = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$.

$$\rho = \frac{\pi \cdot B}{E} \cong \frac{3,14 \cdot 2,50 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}}{50 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}} \cong 0,16$$

3. Решение.

Дано:

$E = 50,00 \text{ лк}$

$B_2 = 2,50 \text{ нт} = 2,50 \text{ кд/м}^2$

Будем считать, что яркость меловой черты не зависит от направления. Тогда $B_1 = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$.

$$\rho = 0,70$$

Найти:

k -?

Ответ: k \cong 0,78.

$$B_1 = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \cong \frac{0,70 \cdot 50,00}{3,14} \frac{\text{кД}}{\text{м}^2} \cong 11,15 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$$

$$k = \frac{B_1 - B_2}{B_1} = \frac{\frac{\rho \cdot E}{\pi} - B_2}{\frac{\rho \cdot E}{\pi}} \cong \frac{11,15 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2} - 2,50 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}}{11,15 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}} \cong 0,78.$$

4. Решение.

Дано:

$$E_1 = 50,00 \text{ лк} = 50,00 \text{ кД/м}^2$$

$$E_2 = 75,00 \text{ лк} = 75,00 \text{ кД/м}^2$$

$$B_{12} = 2,50 \text{ нт} = 2,50 \text{ кД/м}^2$$

$$\rho = 0,70$$

Найти:

B_{22} -?

освещённости. Тогда: $B_{22} = \frac{\rho_{\text{доски}} \cdot E_2}{\pi}$.

$$B_{22} = \frac{\rho_{\text{доски}} \cdot E_2}{\pi} = \frac{\frac{\pi \cdot B_{12} \cdot E_2}{E_1}}{\pi} = \frac{\pi \cdot B_{12} \cdot E_2}{\pi \cdot E_1} = \frac{B_{12} \cdot E_2}{E_1}.$$

$$B_{22} = \frac{B_{12} \cdot E_2}{E_1} = \frac{2,50 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2} \cdot 75,00 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}}{50,00 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}} = 3,75 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $B_{22} = 3,75 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$.

5. Решение.

Дано:

$$E_1 = 50,00 \text{ лк} = 50,00 \text{ кД/м}^2$$

$$E_2 = 75,00 \text{ лк} = 75,00 \text{ кД/м}^2$$

$$B_{12} = 2,50 \text{ нт} = 2,50 \text{ кД/м}^2$$

$$\rho = 0,70$$

Будем считать, что в рассматриваемом случае, яркость освещаемой поверхности не зависит от направления. Тогда яркость будет равна произведению коэффициента отражения освещаемой поверхности на освещённость делённому на π .

$$B_{12} = \frac{\rho_{\text{доски}} \cdot E_1}{\pi}, \text{ откуда: } \rho_{\text{доски}} = \frac{\pi \cdot B_{12}}{E_1}.$$

Будем считать, что коэффициенты отражения не зависят от

Найти:

$$\frac{k_1}{k_2} \text{ - ?}$$

Введём обозначения:

B_{11} – яркость меловой черты при освещённости E_1 ,

B_{12} – яркость чёрной доски при освещённости E_1 .

Контраст при освещённости E_1 : $k_1 = \frac{B_{11}-B_{12}}{B_{11}}$, где $B_{11} = \frac{\rho \cdot E_1}{\pi}$.

$k_1 = \frac{B_{11}-B_{12}}{B_{11}} = 1 - \frac{B_{12}}{B_{11}} = 1 - \frac{B_{12}}{\frac{\rho \cdot E_1}{\pi}} = 1 - \frac{\pi \cdot B_{12}}{\rho \cdot E_1}$. Далее: B_{21} – яркость меловой

черты при освещённости E_2 , B_{22} – яркость чёрной доски при

освещённости E_2 . Контраст при освещённости E_2 : $k_2 = \frac{B_{21}-B_{22}}{B_{21}}$, где $B_{21} =$

$\frac{\rho \cdot E_2}{\pi}$. $\rho_{\text{доски}} = \frac{\pi \cdot B_{12}}{E_1}$. Будем считать, что коэффициенты отражения не

зависят от освещённости. Тогда: $B_{22} = \frac{\rho_{\text{доски}} \cdot E_2}{\pi}$. Следовательно, контраст

k_2 – контраст при освещённости E_2 :

$$k_2 = \frac{B_{21}-B_{22}}{B_{21}} = 1 - \frac{B_{22}}{B_{21}} = 1 - \frac{\rho_{\text{доски}} \cdot E_2}{\pi \cdot \rho \cdot E_2} = 1 - \frac{\rho_{\text{доски}}}{\rho}$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{1 - \frac{\pi \cdot B_{12}}{\rho \cdot E_1}}{1 - \frac{\rho_{\text{доски}}}{\rho}} = \frac{1 - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\pi \cdot B_{12}}{E_1} \right)}{1 - \frac{\rho_{\text{доски}}}{\rho}} = \frac{1 - \frac{\rho_{\text{доски}}}{\rho}}{1 - \frac{\rho_{\text{доски}}}{\rho}} = 1.$$

Ответ: $\frac{k_1}{k_2} = 1$.

6. Решение.

Дано:

$$E = 10^5 \text{ лк}$$

$$\rho = 0,85$$

Найти:

B - ?

Поскольку есть указание на то, что освещаемая поверхность является идеально рассеивающей, то можно считать яркость независимой от направления. Тогда $B = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$.

$$B = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \cong \frac{0,85 \cdot 10^5}{3,14} \frac{\text{кд}}{\text{м}^2} \cong 2,7 \cdot 10^4 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $B = 2,7 \cdot 10^4 \text{ нт}$.

7. Решение.

Дано:

По определению: $\Phi = I \cdot \omega$.

$$I = 100 \text{ кД}$$

$$\omega = 0,4 \text{ ср}$$

$$\Phi = I \cdot \omega = 100 \text{ кД} \cdot 0,4 \text{ ср} = 40 \text{ лм}$$

Найти:

Φ -?

Ответ: $\Phi = 40 \text{ лм}$

8. Решение.

Дано:

$$R = 5 \text{ м}$$

$$I = 800 \text{ кД}$$

$$a = 0,1 \text{ м}$$

По определению: $\Phi = I \cdot \omega$. Где $\omega = \frac{a^2}{R^2}$

$$\Phi = I \cdot \omega = I \cdot \frac{a^2}{R^2}$$

$$\Phi = I \cdot \frac{a^2}{R^2} = 800 \text{ кД} \cdot \frac{0,01 \text{ м}^2}{25 \text{ м}^2} = 0,32 \text{ кД} \cdot \text{ср} = 0,32 \text{ лм.}$$

Найти:

Φ -?

Ответ: $\Phi = 0,32 \text{ лм.}$

9. Решение.

Дано:

$$\Phi = 1884 \text{ лм}$$

По определению: $I = \frac{\Phi}{4\pi}$

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \cong \frac{1884 \text{ лм}}{4 \cdot 3,14 \text{ ср}} \cong 150 \text{ кД.}$$

Найти:

I -?

Ответ: $I \cong 150 \text{ кД.}$

10. Решение.

Дано:

$$\Phi = 80 \text{ лм}$$

$$S = 5000 \text{ см}^2 = 0,5 \text{ м}^2$$

По определению, освещённость $E = \frac{\Phi}{S}$

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{80 \text{ лм}}{0,5 \text{ м}^2} = 160 \text{ лк.}$$

Найти:

E -?

Ответ: $E = 160$ лк.

11. Решение.

Дано:

$P = 60 \text{ Вт}$

$\Phi = 645 \text{ лм}$

$k = 10,75 \text{ лм/Вт}$

По определению: $I = \frac{\Phi}{4\pi}$ и $k = \frac{\Phi}{P}$.Значит $\Phi = k \cdot P$ и $I = \frac{k \cdot P}{4\pi}$.

$$I = \frac{k \cdot P}{4\pi} \cong \frac{10,75 \text{ лм/Вт} \cdot 60 \text{ Вт}}{4 \cdot 3,14 \text{ ср}} \cong 51,35 \text{ кд.}$$

Найти:

I-?

Ответ: $I \cong 51,35$ кд.

12. Решение.

Дано:

$S = 50 \text{ м}^2$

$E = 60 \text{ лк}$

$\Phi = E \cdot S$

$\Phi = E \cdot S = 60 \text{ лк} \cdot 50 \text{ м}^2 = 3000 \text{ лм.}$

Найти:

Φ-?

Ответ: $\Phi = 3000$ лм.

13. Решение.

Дано:

$E = 2 \cdot 10^{-9} \text{ лк}$

$I = 1000 \text{ к д}$

$E = \frac{I}{R^2}, \quad R = \sqrt{\frac{I}{E}}$

$$R = \sqrt{\frac{I}{E}} = \sqrt{\frac{1000 \text{ к д}}{2 \cdot 10^{-9} \text{ лк}}} = 707 \text{ км.}$$

Найти:

R -?

Ответ: $R \cong 707$ км.

14. Решение.

Дано:

$$E_2 = 3 \cdot E_1$$

$$R_1 = 2 \text{ м}$$

Найти:

R₂-?

$$E_{\text{лампы}} = \frac{I}{R^2}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{I}{R_2^2}}{\frac{I}{R_1^2}} = \frac{R_1^2}{R_2^2}, \quad R_2^2 = \frac{E_1}{E_2} R_1^2, \quad R_2 = \sqrt{\frac{E_1}{E_2}} \cdot R_1$$

$$R_2 = \sqrt{\frac{E_1}{E_2}} \cdot R_1 = \sqrt{\frac{E_1}{3 \cdot E_1}} \cdot 2 \text{ м} = \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot 2 \text{ м} \cong 1,15 \text{ м}$$

Ответ: R₂ ≅ 1,15 м.

15. Решение.

Дано:

$$I = 400 \text{ кД}$$

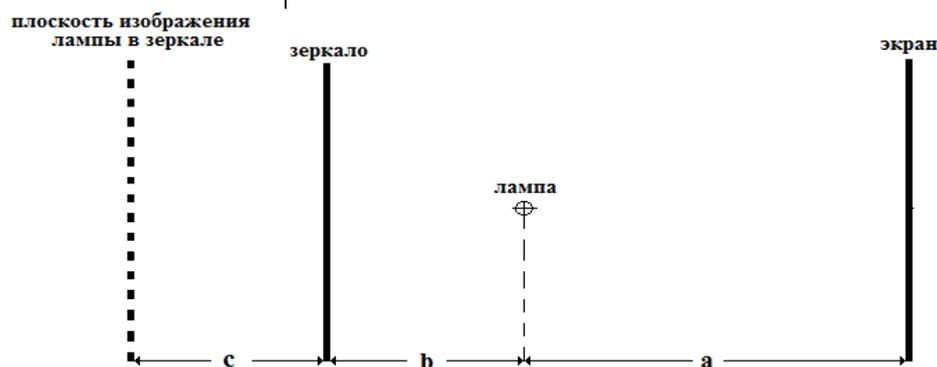
$$a = 2 \text{ м}$$

$$b = 1 \text{ м}$$

Найти:

E -?

Освещённость в центре экрана создаётся лампой и её изображением в плоском зеркале. Изображение лампы в зеркале находится от экрана на расстоянии $d = a + b + c$. Причём $c = b$.



Освещённость в центре экрана $E = E_{\text{лампы}} + E_{\text{изобр.}}$

$$\text{Где: } E_{\text{лампы}} = \frac{I}{a^2} \text{ и } E_{\text{изобр.}} = \frac{I}{(a+b+c)^2} \cdot E = E_{\text{лампы}} + E_{\text{изобр.}} = \frac{I}{a^2} + \frac{I}{(a+b+c)^2}$$

$$E = \frac{I}{a^2} + \frac{I}{(a+b+c)^2} = I \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{(a+b+c)^2} \right) = I \left(\frac{(a+b+c)^2 + a^2}{a^2 \cdot (a+b+c)^2} \right)$$

$$E = I \left(\frac{(a+b+c)^2 + a^2}{a^2 \cdot (a+b+c)^2} \right) = 400 \text{ кД} \left(\frac{(4)^2 + 2^2}{2^2 \cdot (4)^2} \right) \frac{1}{\text{м}^2} = 125 \text{ ЛК.}$$

Ответ: E = 125 ЛК.

16. Решение.

Дано:

$R_1 = 2 \text{ м}$

$R_2 = 4 \text{ м}$

Освещённость в центре экрана создаётся лампой и её изображением в плоском зеркале. Изображение лампы в зеркале находится от экрана на расстоянии

$$B = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \cong \frac{0,75 \cdot 100 \text{ КД}}{3,14 \text{ м}^2} \cong 23,89 \frac{\text{КД}}{\text{м}^2} \cong 24 \frac{\text{КД}}{\text{м}^2}$$

Найти:

E -?

Ответ: $B \cong 24 \frac{\text{КД}}{\text{м}^2}$

17. Решение.

Дано:

$I = 100 \text{ кД}$

$d = 5 \text{ см.}$

В случае пренебрежения потерей света в колбе светимость R численно равна освещённости E , т.е.

$$R = E = \frac{4 \cdot \pi \cdot I}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot I}{d^2}.$$

Найти:

R -?

Здесь учтено, что полный световой поток $\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$ и площадь сферической поверхности S радиусом R и диаметром d : $S = 4 \cdot \pi \cdot R^2 = \pi \cdot d^2$ $R = \frac{4 \cdot I}{d^2}$.

$$R = \frac{4 \cdot I}{d^2} = \frac{4 \cdot 100 \text{ КД}}{25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 16 \cdot 10^4 \frac{\text{ЛМ}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $R = 16 \cdot 10^4 \frac{\text{ЛМ}}{\text{м}^2}$.

18. Решение.

Дано:

$I = 100 \text{ кД}$

$d = 5 \text{ см}$

В случае пренебрежения потерей света в колбе светимость R численно равна освещённости E , т.е. $R = E = \frac{4 \cdot I}{d^2}$.

Найти:

B -?

Здесь учтено, что полный световой поток $\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I$ и площадь сферической поверхности S радиусом R и диаметром d : $S = 4 \cdot \pi \cdot R^2 = \pi \cdot d^2$. Светимость R и яркость B связаны соотношением: $R = \pi \cdot B$.

Откуда: $B = \frac{R}{\pi}$.

$$B = \frac{R}{\pi} = \frac{4 \cdot I}{d^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 100}{25 \cdot 10^{-4} \cdot 3,14} \frac{\text{кД}}{\text{м}^2} = 5,1 \cdot 10^4 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $B = 5,1 \cdot 10^4 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$

19. Решение.

Дано: Яркость лампы $B = \frac{\Phi}{S}$, где S — площадь излучающей сферической поверхности. Излучающей поверхностью по условию является поверхность раскалённого шарика, т.е.

$I = 85 \text{ кД}$

$d = 3 \text{ мм}$

$D = 6 \text{ см}$

$S = \pi \cdot d^2$. Следовательно: $B = \frac{\Phi}{S} = \frac{4I}{\pi \cdot d^2}.$

Найти: $B = \frac{4I}{\pi \cdot d^2} \cong \frac{4 \cdot 85}{3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2} \frac{\text{кД}}{\text{м}^2} \cong 1,2 \cdot 10^7 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$

В -?

Ответ: $B \cong 1,2 \cdot 10^7 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$

20. Решение.

Дано: По определению: $E = \frac{I}{r^2}$. $E = \frac{I}{r^2} = \frac{85 \text{ кД}}{5^2 \text{ м}^2} = 3,4 \text{ лк}.$

$I = 85 \text{ кД}$

$d = 3 \text{ мм}$

$D = 6 \text{ см}$

$r = 5 \text{ м}$

Ответ: $E = \frac{I}{r^2} = 3,4 \text{ лк}.$

Найти:

Е -?

Ответ: $E = \frac{I}{r^2} = 3,4 \text{ лк}.$

21. Решение.

Дано: Яркость лампы $B = \frac{\Phi}{S}$, где S — площадь излучающей сферической поверхности. Излучающей поверхностью по условию является поверхность колбы из матового стекла, т.е.

$I = 85 \text{ кД}$

$d = 3 \text{ мм}$

$$D = 6 \text{ см} \quad S = \pi \cdot D^2. \text{ Следовательно: } B = \frac{\Phi}{S} = \frac{4I}{\pi \cdot D^2}.$$

Найти:

B -?

$$B = \frac{4I}{\pi \cdot D^2} \cong \frac{4 \cdot 85}{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2} \frac{\text{кД}}{\text{м}^2} \cong 3 \cdot 10^4 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $B \cong 3 \cdot 10^4 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$

22. Решение.

Дано:

$$I = 85 \text{ кД}$$

$$d = 3 \text{ мм}$$

$$D = 6 \text{ см}$$

$$r = 5 \text{ м}$$

Пренебрежём потерей света в колбе. $\frac{r}{D/2} = \frac{5 \text{ м}}{0,03 \text{ м}} \cong 167,$

поэтому источник света-колбу из матового стекла можно считать точечным источником. По определению: $E = \frac{I}{r^2}.$

$$E = \frac{I}{r^2} = \frac{85 \text{ кД}}{5^2 \text{ м}^2} = 3,4 \text{ лк}.$$

Найти:

E -?

Ответ: $E = 3,4 \text{ лк}.$

23. Решение.

Дано:

$$S = 20 \times 30 \text{ см}^2$$

$$\Phi = 120 \text{ лм}$$

$$\rho = 0,75$$

Поскольку светимость листа бумаги обусловлена его освещённостью, а, по определению, освещённость

$$E = \frac{\Phi}{S}, \text{ то светимость}$$

$$R = \rho \cdot E = \frac{\rho \cdot \Phi}{S} = \frac{0,75 \cdot 120 \text{ лм}}{(20 \times 30) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 1,5 \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}.$$

Найти:

R -?

Ответ: $R = 1,5 \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$

24. Решение.

Дано:

$$S = 20 \times 30 \text{ см}^2$$

Светимость и яркость в простейшем случае, под который подходит ситуация, описанная в условии задачи, связаны соотношением $R = \pi \cdot B,$

$$\Phi = 120 \text{ лм}$$

$$\rho = 0,75$$

Найти:

B -?

откуда: $B = \frac{R}{\pi}$. Поскольку светимость листа бумаги R обусловлена его освещённостью E , то светимость

$$R = \rho \cdot E. \quad \text{По определению } E = \frac{\Phi}{S}.$$

$$B = \frac{R}{\pi} = \frac{\rho \cdot \Phi}{\pi \cdot S} \cong \frac{0,75 \cdot 120 \text{ лм}}{3,14 \cdot (20 \times 30) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \cong 478 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$$

Ответ: $B \cong 478 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$

25. Решение.

Дано:

$$S = 20 \times 30 \text{ см}^2$$

$$\Phi = 120 \text{ лм}$$

$$\rho = 0,75$$

$$B = 10^4 \text{ кД/м}^2$$

Найти:

E -?

Имеем: $B = \frac{R}{\pi}$ (1), $R = \rho \cdot E$ (2)

Подставив (2) в (1), получим $B = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$, откуда $E = \frac{\pi \cdot B}{\rho}$.

$$E = \frac{\pi \cdot B}{\rho} \cong \frac{3,14 \cdot 10^4}{0,75} \cong 4,187 \cdot 10^4 \text{ лк.}$$

Ответ: $E \cong 4,2 \cdot 10^4 \text{ лк.}$

26. Решение.

Дано:

$$S = 10 \times 30 \text{ см}^2$$

$$I = 100 \text{ кд}$$

$$k = 0,5\% = 0,005$$

Найти:

E -?

Обозначим: $\Phi_{\text{полн}}$ – полный световой поток, создаваемый светильником. Φ_1 поток, попавший на бумагу. $\Phi_1 = k \cdot \Phi_{\text{полн}}$

По определению 1) (при условии, что бумага освещена равномерно):

$$E = \frac{\Phi_1}{S}, \quad 2) \Phi_{\text{полн}} = 4 \cdot \pi \cdot I.$$

Тогда: $E = \frac{\Phi_1}{S} = \frac{k \cdot \Phi_{\text{полн}}}{S} = \frac{k \cdot 4 \cdot \pi \cdot I}{S} \cong \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,005 \cdot 100 \text{ лм}}{(10 \times 30) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \cong 209 \text{ лк.}$

Ответ: $E \cong 209 \text{ лк.}$

27. Решение.

Дано: $I = 100$ кД $d = 5$ см.	Учтём, что матовое стекло одновременно диффузно отражает и диффузно пропускает свет. При диффузном пропускании (в отличие от направленного пропускания) происходит
Найти: R -?	увеличение телесного угла, в котором распространяется

световой поток. Другими словами, матовая сферическая колба создаёт равномерно (изотропно) распределённый световой поток, что позволяет записать: $R = \frac{\Phi}{\sigma}$, где Φ — равномерно распределённый полный световой поток, исходящий от источника $\Phi = 4\pi \cdot I$.

σ — поверхность матовой сферической колбы $\sigma = \pi \cdot d^2$

$$R = \frac{\Phi}{\sigma} = \frac{4 \cdot \pi \cdot I}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot I}{d^2}.$$

$$R = \frac{4 \cdot I}{d^2} = \frac{4 \cdot 100}{25 \cdot 10^{-4}} \frac{\text{лм}}{\text{м}^2} = 16 \cdot 10^4 \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $R = 16 \cdot 10^5 \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$.

28. Решение.

Дано: $I = 100$ кД $d = 5$ см.	Учтём, что матовое стекло одновременно диффузно отражает и диффузно пропускает свет. При диффузном пропускании (в отличие от направленного пропускания) происходит
Найти: B -?	увеличение телесного угла, в котором распространяется

световой поток. Другими словами матовая сферическая колба создаёт равномерно (изотропно) распределённый световой поток, что позволяет записать: $R = \frac{\Phi}{\sigma}$, где Φ — равномерно распределённый полный световой поток, исходящий от источника $\Phi = 4\pi \cdot I$. σ — поверхность матовой сферической колбы.

$$R = \frac{4 \pi \cdot I}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot I}{d^2}$$

В данном случае светимость R и яркость B связаны соотношением

$$R = \pi \cdot B, \text{ откуда } B = \frac{R}{\pi}, \quad B = \frac{R}{\pi} = \frac{4 \cdot I}{\pi \cdot d^2}.$$

Подставляя числовые данные, получим

$$B = \frac{4 \cdot I}{\pi \cdot d^2} \cong \frac{4 \cdot 100 \text{ кД}}{3,14 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \cong 5,1 \cdot 10^4 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $B \cong 5,1 \cdot 10^4 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$.

29. Решение.

Дано: $I = 85$ кД $d = 3$ мм $D = 6$ см	Яркость лампы $B = \frac{I}{\sigma}$, где σ — площадь проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную направлению наблюдения. Если пренебречь поглощением в стекле колбы лампы, то при прозрачной для света колбе
Найти: В - ?	

излучающей поверхностью является поверхность вольфрамового шарика — $4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$. Тогда, как площадь проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную направлению наблюдения

$$\sigma = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}. \quad \text{Таким образом } B = \frac{4 \cdot I}{\pi \cdot d^2}.$$

$$B = \frac{4 \cdot I}{\pi \cdot d^2} \cong \frac{4 \cdot 85 \text{ кД}}{3,14 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} \cong 1,2 \cdot 10^7 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $B \cong 1,2 \cdot 10^7 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$.

30. Решение.

Дано: $I = 85$ кД $d = 3$ мм $D = 6$ см	Матовое стекло одновременно диффузно отражает и диффузно пропускает свет. Другими словами матовая сферическая колба создаёт равномерно (изотропно) распределённый световой поток, и
Найти: В - ?	излучающей поверхностью является поверхность лампы — $4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2$.

Тогда, как площадь проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную направлению наблюдения

$$\sigma = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}.$$

Таким образом $B = \frac{4 \cdot I}{\pi \cdot D^2}$.

$$B = \frac{4 \cdot I}{\pi \cdot D^2} \cong \frac{4 \cdot 85 \text{ кД}}{3,14 \cdot 36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \cong 3 \cdot 10^4 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}.$$

Ответ: $B \cong 3 \cdot 10^4 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$.

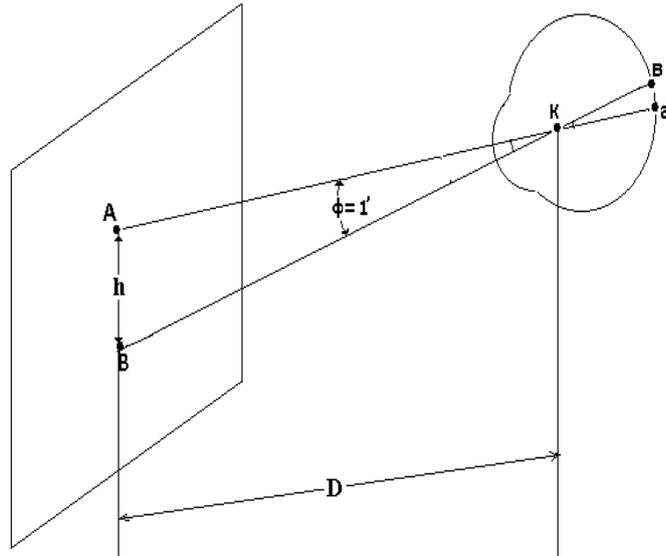
31. Решение.

Дано:

$h = 1 \text{ мм}$

Найти:

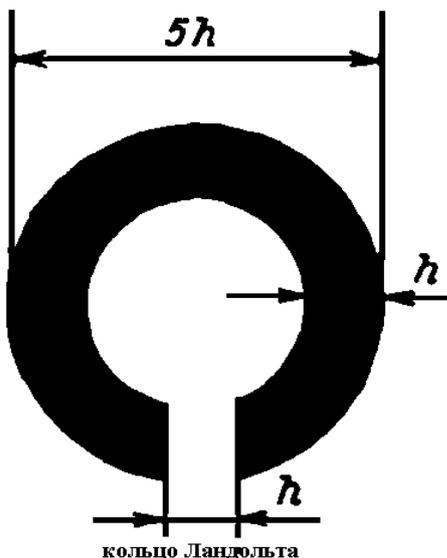
V -?



Предел разрешения глаза минимальное расстояние между двумя точками в пространстве, которые он видит раздельно. Если поместить перед глазом точки А и В, то их изображение будет на сетчатке

т. «а» и т. «в», т.е. в точках пересечения сетчаткой прямых линий, проведённых через точки А, В и узловую точку К, находящуюся в хрусталике. Точки А и В будут видны раздельно только при том условии, если расстояние между ними ($R = h = AB$) и, следовательно, расстояние между их изображениями (ав) на сетчатке будет не меньше определённой величины. В то же время величина изображения точек А и В зависит от угла $\angle АКВ$ и равного ему $\angle вКа$, под которым они видны. Этот угол называется углом зрения (angulus visorius). В основе метода исследования остроты зрения находится определение *минимального угла зрения*, под которым может быть раздельно воспринято два световых изображения сетчатой оболочкой. Многочисленными измерениями было установлено, что нормальный глаз человека может раздельно видеть две

точки в пространстве под углом зрения не менее одной угловой минуты.



кольцо Ландольта

Принято остроту зрения оценивать: $\Omega = \frac{1}{\varepsilon}$, где ε — разрешаемый глазом предельный угол в минутах ($\Omega = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{\phi}{\phi_{\text{испыт}}}$).

В норме Ω равна единице. Для практических диагностических целей в медицине при

исследовании остроты зрения были предложены таблицы, состоящие из нескольких рядов специально подобранных знаков (оптотипов). Знаки могут быть буквами алфавита, картинками, кольцами с разрезом.

Острота зрения при использовании оптотипа Ландольта (кольца Ландольта) может быть вычислена по формуле:

$$V = \frac{d}{D},$$

где V (visus) — острота зрения; d — расстояние, с которого производится исследование; D — расстояние, на котором глаз с нормальным зрением должен видеть разрыв кольца под углом зрения в одну угловую минуту.

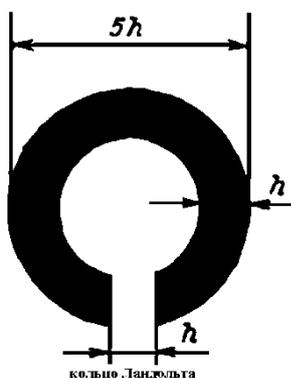
В таблицах для проверки остроты зрения величина D указана для каждого ряда знаков и обычно расположена с правой стороны. Величина d при исследовании остроты зрения по таблицам чаще всего равна 5 метрам, так как с этого расстояния лучи, попадающие в глаз, идут практически параллельным пучком.

Из рисунка видно, что из-за малости угла ϕ $D = \frac{h}{\text{tg}\phi}$ и $d = \frac{h}{\text{tg}\phi_{\text{испыт}}}$ откуда: $\text{tg}\phi = \frac{h}{D}$ и $\text{tg}\phi_{\text{испыт}} = \frac{h}{d}$ $V = \frac{d}{D} = \frac{\frac{h}{\text{tg}\phi_{\text{испыт}}}}{\frac{h}{\text{tg}\phi}} = \frac{\text{tg}\phi}{\text{tg}\phi_{\text{испыт}}}$. Так как, углы очень небольшие, то $V = \frac{\text{tg}\phi}{\text{tg}\phi_{\text{испыт}}} = \frac{\phi}{\phi_{\text{испыт}}}$.

Следовательно: $V = \frac{\text{tg}\phi}{\text{tg}\phi_{\text{испыт}}} = \frac{\phi}{\phi_{\text{испыт}}} = \Omega$, что и требовалось доказать.

32. Решение.

Дано:



$h = 1 \text{ мм}$

Предел разрешения глаза минимальное расстояние между двумя точками в пространстве, которые он видит раздельно. Если поместить перед глазом точки А и В, то их изображение будет на сетчатке а и в, т.е. в точках пересечения сетчаткой прямых линий, проведённых через точки А, В и узловую точку К, находящуюся в хрусталике. Точки А и В будут видны раздельно только при том условии, если расстояние между ними ($R = h = AB$) и, следовательно, расстояние между их изображениями (ab) на сетчатке будет не меньше определённой величины. В то же

$$d_1 = 6,88 \text{ м}$$

$$d_2 = 1,72 \text{ м}$$

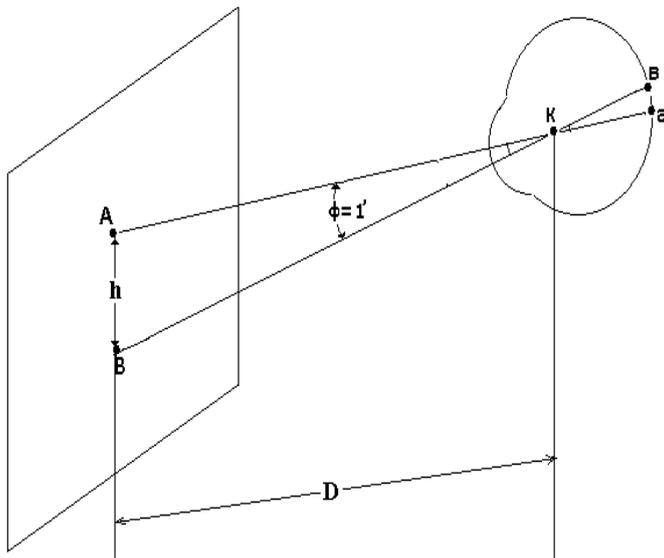
Найти:

$$V_1 \text{ -?}$$

$$V_2 \text{ -?}$$

время величина изображения точек А и В зависит от угла $\angle АКВ$ и равного ему $\angle ВКа$, под которым они видны. Этот угол называется углом зрения (*angulus visorius*). В основе метода исследования остроты зрения находится определение *минимального угла зрения*, под которым может быть отдельно воспринято два световых изображения сетчатой оболочкой.

Многочисленными измерениями было установлено, что нормальный глаз человека может отдельно видеть две точки в пространстве под углом зрения не менее одной угловой минуты. Острота зрения при



использовании опто типа Ландольта (кольца Ландольта) может быть вычислена по формуле:

$V = \frac{d}{D}$, где V (*visus*) — острота зрения; d — расстояние, с которого производится исследование; D — расстояние, на котором глаз с нормальным зрением должен видеть разрыв кольца под углом зрения в одну угловую минуту.

Задача сводится к отысканию расстояния D . Из рисунка видно, что из-за малости угла ϕ $D = \frac{h}{tg\phi}$. $D = \frac{h}{tg\phi} \cong \frac{1 \text{ мм}}{2,91 \cdot 10^{-4}} \cong$

$$3,44 \text{ м} \quad V_1 = \frac{d_1}{D} = \frac{6,88 \text{ м}}{3,44 \text{ м}} = 2 \quad \text{и} \quad V_2 = \frac{d_2}{D} = \frac{1,72 \text{ м}}{3,44 \text{ м}} = 0,5$$

Ответ: $V_1 = 2, V_2 = 0,5$.

33. Решение.

Дано:

$$\delta_3 = 3 \text{ мкм}$$

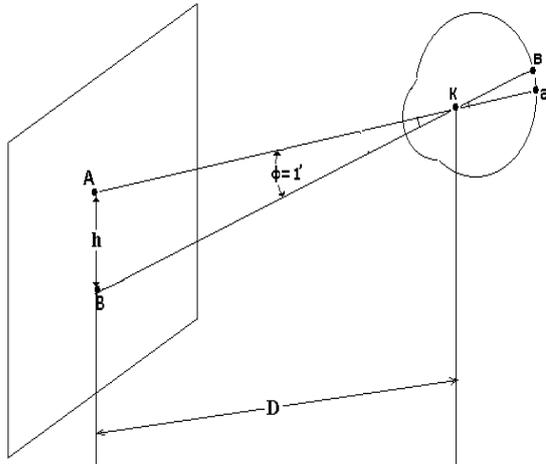
$$D = 250 \text{ мм}$$

Задача сводится к определению предела разрешения в линейной мере на расстоянии наилучшего зрения для нормального глаза минимальный угол зрения для которого составляет одну угловую минуту. Обозначим

Найти:

Г -?

это расстояние между двумя разрешаемыми глазом

точками h . Из рисунка видно, что: $h = D \cdot tg\phi$. Максимально возможное увеличение в данном случае

определяется тем соображением, что зерно будет не заметно для глаза в том случае, если оно окажется после увеличения меньше, чем предел разрешения. $\Gamma \cdot \delta_3 \leq h = D \cdot tg\phi$

$$\Gamma \leq \frac{D \cdot tg\phi}{\delta_3}$$

$$\Gamma \leq \frac{D \cdot tg\phi}{\delta_3} \leq \frac{250 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot tg\left(\frac{1}{60}\right)^\circ}{3 \cdot 10^{-6} \text{ м}} \leq \frac{250 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 2,91 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-6} \text{ м}} \leq 25.$$

Ответ: $\Gamma \leq 25$.

34. Решение.

Дано:

 $E = 50$ лк $\rho = 0,8$

Найти:

В -?

Считая, что освещённость равномерна и яркость не зависит от направления будем последовательно использовать формулы: $R = \rho \cdot E$, $R = \pi \cdot V$. Откуда:

$$\pi \cdot V = \rho \cdot E \text{ и } V = \frac{\rho \cdot E}{\pi}.$$

$$V = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \cong \frac{0,8 \cdot 50 \text{ лк}}{3,14} \cong 12,74 \text{ нт} \cong 12,74 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$$

Ответ: $V \cong 12,74 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$.

35. Решение.

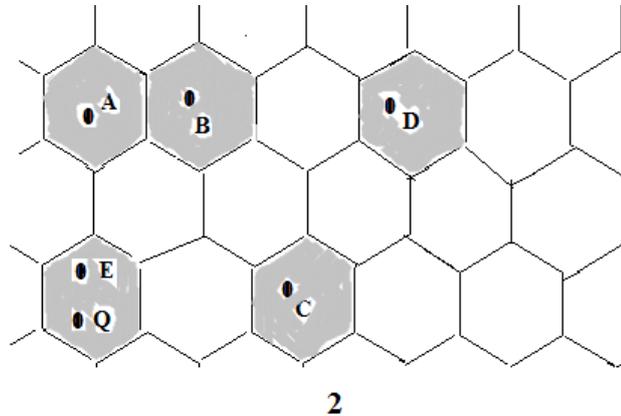
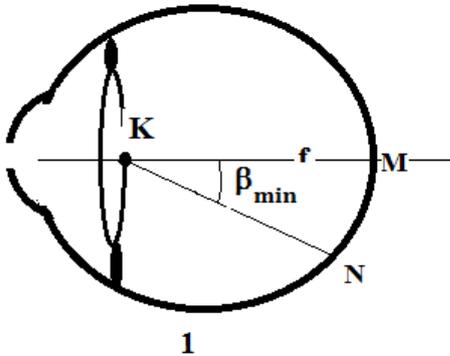
Дано:

 $a = 5$ мкм $f = 17,1$ мм

В оптической системе схематического глаза по Гульстранду задняя узловая точка K' располагается внутри глаза на расстоянии f , равном переднему фокусному расстоянию, от заднего фокуса. Задний фокус

Найти: | глаза располагается на сетчатке

β_{min} -?



Тогда минимальный угол зрения определяется из тех соображений, что изображение двух ещё отдельно воспринимаемых человеком точек должно приходиться на две колбочки, между которыми находится по крайней мере одна не засвеченная клетка. Случай CD на рис.2, но не AB и тем более не EQ. Другими словами, при минимальном угле зрения (являющегося угловой мерой предела разрешения) протяжённость изображения на сетчатке должна быть равна размеру колбочки ($NM = a$). $\beta_{min} = \arctg \frac{a}{f}$.

$$\beta_{min} = \arctg \frac{a}{f} = \arctg \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{17,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = \arctg(0,29239 \cdot 10^{-3}) = 0,016753^\circ = 1,0005'$$

$$\beta_{min} = \arctg \frac{a}{f} \cong 1'$$

Ответ: анатомический предел глаза практически равен дифракционному пределу и составляет $\beta_{min} \cong 1'$

36. Решение.

Дано:

$$\Phi_\lambda = 3,22 \cdot 10^{-16} \text{ Вт}$$

$$\lambda = 491 \text{ нм} = 491 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Найти:

n - ?

Искомое число фотонов n можно найти, разделив значение потока на энергию одного фотона. Энергию одного кванта видимого света ε (фотона) можно найти по формуле Планка $\varepsilon = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$.

Т.о. $n = \frac{\Phi_\lambda}{\varepsilon} = \frac{\Phi_\lambda \cdot \lambda}{h \cdot c}$. Подставив числовые данные получим:

$$n = \frac{\Phi_{\lambda} \cdot \lambda}{h \cdot c} \cong \frac{3,22 \cdot 10^{-16} \text{ Вт} \cdot 491 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{6,34 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cong 800 \frac{\text{квантов}}{\text{с}}$$

Ответ: $n \cong 800 \frac{\text{квантов}}{\text{с}}$.

37. Решение.

Дано:

$$\lambda = 555 \text{ нм}$$

$$\beta_{\text{мин}} = 2'$$

$$n = 1,5$$

$$U = 40^\circ$$

Найти:

$\Gamma_{\text{пол}}$ -?

Полезным увеличением микроскопа будет такое увеличение, при котором расстояние между двумя точками, равное пределу разрешения микроскопа окажется больше или равно пределу разрешения глаза, выраженному в линейной мере.

Теория дифракции даёт для предела разрешения объектива микроскопа формулу: $\delta = \frac{0,61 \cdot \lambda}{n \cdot \sin U}$, где $A = n \cdot \sin U$ называется числовой (нумерической) апертурой объектива. Микроскоп с увеличением Γ даст возможность глазу человека рассматривать увеличенное изображение с расстояния наилучшего зрения $L = 0,25 \text{ м}$. Микроскоп увеличивает предел разрешения объектива в Γ раз. Предел разрешения глаза в линейной мере: $z = L \cdot \text{tg } \beta_{\text{мин}}$. Полезным увеличением микроскопа будет такое, при котором: $\Gamma \cdot \delta \geq z$. Для оценки ограничимся равенством:

$$\Gamma_{\text{пол}} \cdot \delta = z. \quad \Gamma_{\text{пол}} = \frac{z}{\delta} = \frac{L \cdot \text{tg } \beta_{\text{мин}}}{\frac{0,61 \cdot \lambda}{n \cdot \sin U}} = \frac{L \cdot \text{tg } \beta_{\text{мин}} \cdot n \cdot \sin U}{0,61 \cdot \lambda} = \left(\frac{L \cdot \text{tg } \beta_{\text{мин}}}{0,61 \cdot \lambda} \right) \cdot A .$$

Подставим числа и получим оценку:

$$\Gamma_{\text{пол}} = \frac{L \cdot \text{tg } \beta_{\text{мин}} \cdot n \cdot \sin U}{0,61 \cdot \lambda} = \left(\frac{L \cdot \text{tg } \beta_{\text{мин}}}{0,61 \cdot \lambda} \right) \cdot A = \left(\frac{0,25 \cdot 0,00058}{0,61 \cdot 555 \cdot 10^{-9}} \right) \cdot A \cong (430) \cdot A \cong \\ \cong (430) \cdot 1,5 \cdot \sin(40^\circ) \cong (430) \cdot 0,96 \cong 415.$$

Ответ: $\Gamma_{\text{пол}} \cong 415$.

38. Решение.

Дано:

$$\lambda_1 = 0,45 \text{ мкм}$$

$$\lambda_2 = 0,56 \text{ мкм}$$

$$\lambda_3 = 0,65 \text{ мкм}$$

Световые потоки оцениваются по зрительному впечатлению и это впечатление определяется спектральной зависимостью чувствительности глаза человека.

$$\Phi_{e,\lambda_1} = 2 \text{ Вт}$$

$$\Phi_{e,\lambda_2} = 2 \text{ Вт}$$

$$\Phi_{e,\lambda_3} = 2 \text{ Вт.}$$

$$K_{\lambda_{max}} = 680 \text{ лм/Вт}$$

$$\Phi_{v,\lambda_1} - ?$$

$$\Phi_{v,\lambda_2} - ?$$

$$\Phi_{v,\lambda_3} - ?$$

Учёт спектральной зависимости связан с использованием Спектральной световой эффективности излучения K_λ .

$$K_\lambda = \frac{\Phi_{v,\lambda}}{\Phi_{e,\lambda}}, \quad \text{откуда: } \Phi_{v,\lambda} = K_\lambda \cdot \Phi_{e,\lambda}.$$

Для монохроматического излучения с $\lambda_{max} = 0,555 \text{ мкм}$, к которому глаз обладает максимальной чувствительностью максимальная световая эффективность

$K_{\lambda_{max}} = 680 \text{ лм/Вт}$. Отношение K_λ для какой-либо длины волны излучения к $K_{\lambda_{max}}$ называется относительной спектральной световой эффективностью $V_\lambda = \frac{K_\lambda}{K_{\lambda_{max}}}$. Для приближённых расчётов можно использовать аппроксимирующую формулу $V(\lambda) = \exp[-\eta(\lambda - \lambda_0)^2]$, где $\lambda_0 = 0,56 \text{ мкм}$, $\eta = 275 \text{ мкм}^{-2}$.

$$\text{Итак: } \Phi_{v,\lambda} = K_\lambda \cdot \Phi_{e,\lambda} = V_\lambda \cdot K_{\lambda_{max}} \cdot \Phi_{e,\lambda} \cong e^{-\eta(\lambda - \lambda_0)^2} \cdot K_{\lambda_{max}} \cdot \Phi_{e,\lambda}$$

Подставляя числовые значения, получим:

$$\Phi_{v,\lambda_1} \cong e^{-\eta(\lambda_1 - \lambda_0)^2} \cdot K_{\lambda_{max}} \cdot \Phi_{e,\lambda_1} \cong 0,03588 \cdot 680 \text{ лм/Вт} \cdot 2 \text{ Вт} \cong 48,8 \text{ лм};$$

$$\Phi_{v,\lambda_2} \cong e^{-\eta(\lambda_2 - \lambda_0)^2} \cdot K_{\lambda_{max}} \cdot \Phi_{e,\lambda_2} \cong K_{\lambda_{max}} \cdot \Phi_{e,\lambda_2} \cong 1360 \text{ лм};$$

$$\Phi_{v,\lambda_3} \cong e^{-\eta(\lambda_3 - \lambda_0)^2} \cdot K_{\lambda_{max}} \cdot \Phi_{e,\lambda_3} \cong 0,1077 \cdot 680 \text{ лм/Вт} \cdot 2 \text{ Вт} \cong 146,6 \text{ лм}.$$

$$\text{Ответ: } \Phi_{v,\lambda_1} \cong 48,8 \text{ лм}; \quad \Phi_{v,\lambda_2} \cong 1360 \text{ лм}; \quad \Phi_{v,\lambda_3} \cong 146,6 \text{ лм}.$$

Раздел.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

1. Решение

Дано:

$$\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$$

$$c_1 = 330 \text{ м/с}$$

Найти:

$$z - ?$$

Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ_1 на скорость распространения звука c_1 : $z = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$. Соответственно заданным числовым значениям акустическое сопротивление воздуха:

$$z = 0,1 \cdot 330 = 33 \text{ кг/м}^2 \text{ с}.$$

$$\text{Ответ: } z = 33 \text{ кг/м}^2 \text{ с}.$$

2. Решение.

Дано: $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1920 \text{ м/с}$	Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ_1 на скорость распространения звука c_1 : $z = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Найти: $z = ?$	Соответственно заданным числовым значениям акустическое сопротивление глицерина: $z = 1300 \cdot 1920 = 2,496 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Ответ: $z = 2,496 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.	

3. Решение.

Дано: $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1480 \text{ м/с}$	Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ_1 на скорость распространения звука c_1 : $z = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Найти: $z = ?$	Соответственно заданным числовым значениям акустическое сопротивление воды: $z = 1000 \cdot 1480 = 1,48 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Ответ: $z = 1,48 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.	

4. Решение.

Дано: $\rho_1 = 2650 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 5760 \text{ м/с}$	Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ_1 на скорость распространения звука c_1 :
Найти: $z = ?$	$z = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$. Соответственно заданным числовым значениям акустическое сопротивление кварца: $z = 2650 \cdot 5760 = 15,3 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Ответ: $z = 15,3 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.	

5. Решение.

Дано: $\rho_1 = 870 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1740 \text{ м/с}$	Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ_1 на скорость распространения звука c_1 : $z = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Найти: $z = ?$	Соответственно заданным числовым значениям акустическое сопротивление моторного масла: $z = 870 \cdot 1740 = 1,51 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Ответ: $z = 1,51 \cdot 10^6$	

6. Решение.

Дано: $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 2730 \text{ м/с}$	Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ_1 на скорость распространения звука c_1 : $z = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Найти: $z = ?$	Соответственно заданным числовым значениям акустическое сопротивление люцита: $z = 1180 \cdot 2730 = 3,2 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.

Ответ: $z = 3,2 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.

7. Решение.

Дано: $\rho_1 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 2395 \text{ м/с}$	Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ_1 на скорость распространения звука c_1 : $z = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$.
Найти: $z = ?$	Соответственно заданным числовым значениям акустическое сопротивление ПВХ: $z = 1400 \cdot 2395 = 3,35 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.

Ответ: $z = 3,35 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$.

8. Решение.

Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$	Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ на скорость распространения звука c . Следовательно: $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$, $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Акустическое сопротивление воздуха при нормальных условиях относительно воды определяем как отношение $\frac{z_1}{z_2} = \frac{\rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2}$. Подставляем числовые данные: $\frac{z_1}{z_2} = \frac{0,1 \cdot 330}{1000 \cdot 1480} \cong 2,2 \cdot 10^{-5}$.
Найти: $\frac{z_1}{z_2} = ?$	

Ответ: $\frac{z_1}{z_2} \cong 2,2 \cdot 10^{-5}$.

9. Решение.

Дано:

$$\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$$

$$c_1 = 1920 \text{ м/с}$$

$$\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$c_2 = 1480 \text{ м/с}$$

Найти:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = ?$$

Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ на скорость распространения звука c . Следовательно:

$$Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \quad \text{кг/м}^2\text{с}, \quad Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \quad \text{кг/м}^2\text{с},$$

где Z_1 – акустическое сопротивление глицерина,

ρ_1 – плотность глицерина, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине;

Z_2 – акустическое сопротивление воды,

ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Акустическое

сопротивление глицерина при нормальных условиях относительно воды определяем, как

$$\text{отношение } \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2}.$$

Подставляем числовые данные:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{1300 \cdot 1920}{1000 \cdot 1480} \cong 1,69 \cong 1,7.$$

Ответ: $\frac{Z_1}{Z_2} \cong 1,7$.

10. Решение.

Дано:

$$\rho_1 = 2650 \text{ кг/м}^3$$

$$c_1 = 5760 \text{ м/с}$$

$$\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$c_2 = 1480 \text{ м/с}$$

Найти:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = ?$$

Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ на скорость распространения звука c . Следовательно:

$$Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \quad \text{кг/м}^2\text{с}, \quad Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \quad \text{кг/м}^2\text{с},$$

где Z_1 – акустическое сопротивление кварца,

ρ_1 – плотность кварца, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в кварце;

Z_2 – акустическое сопротивление воды,

ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Акустическое

сопротивление кварца при нормальных условиях относительно воды определяем, как

$$\text{отношение } \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2}.$$

Подставляем числовые данные: $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{2650 \cdot 5760}{1000 \cdot 1480} \cong 10,3$.

Ответ: $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{2650 \cdot 5760}{1000 \cdot 1480} \cong 10,3$.

11. Решение.

Дано:

$$\rho_1 = 870 \text{ кг/м}^3$$

Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ на скорость

$$c_1 = 1740 \text{ м/с}$$

$$\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$c_2 = 1480 \text{ м/с}$$

Найти:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = ?$$

распространения звука c . Следовательно:

$$Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}, Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с},$$

где Z_1 – акустическое сопротивление моторного масла, ρ_1 – плотность моторного масла,

c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в моторном масле; Z_2 – акустическое

сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды,

c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Акустическое сопротивление моторного

масла при нормальных условиях относительно воды определяем как отношение $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2}$.

Подставляем числовые данные:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{870 \cdot 1740}{1000 \cdot 1480} \cong 1,02.$$

Ответ: $\frac{Z_1}{Z_2} \cong 1,02$.

12. Решение.

Дано:

$$\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$$

$$c_1 = 2730 \text{ м/с}$$

$$\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$c_2 = 1480 \text{ м/с}$$

Найти:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = ?$$

Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ на скорость распространения звука c . Следовательно:

$$Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}, Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с},$$

где Z_1 – акустическое сопротивление люцита,

ρ_1 – плотность люцита, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в люците;

Z_2 – акустическое сопротивление воды,

ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Акустическое

сопротивление воздуха при нормальных условиях относительно воды определяем как

отношение $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2}$. Подставляем числовые

данные: $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{1180 \cdot 2730}{1000 \cdot 1480} \cong 2,18$.

Ответ: $\frac{Z_1}{Z_2} \cong 2,18$.

13. Решение.

Дано:

$$\rho_1 = 1400 \text{ кг/м}^3$$

$$c_1 = 2395 \text{ м/с}$$

Акустическое сопротивление по определению – произведение плотности среды ρ на скорость распространения звука c . Следовательно:

$\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$	$z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}, z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с},$ где z_1 – акустическое сопротивление ПВХ, ρ_1 – плотность ПВХ, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ; z_2 - акустическое сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды, c_2 - скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Акустическое сопротивление ПВХ при нормальных условиях относительно воды определяем как отношение $\frac{z_1}{z_2} = \frac{\rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2}$. Подставляем числовые данные: $\frac{z_1}{z_2} = \frac{1400 \cdot 2395}{1000 \cdot 1480} \cong 2,27.$ Ответ: $\frac{z_1}{z_2} \cong 2,27.$
Найти: $\frac{z_1}{z_2} = ?$	

Ответ: $\frac{z_1}{z_2} \cong 2,27.$

14. Решение.

Дано: $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 2730 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$	Рассчитывают коэффициент отражения по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}\right)^2,$ при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}; z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с},$ где z_1 – акустическое сопротивление люцита, ρ_1 – плотность люцита, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в люците; z_2 - акустическое сопротивление ПВХ, ρ_2 – плотность ПВХ, c_2 - скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1}\right)^2$ Подставляем числовые данные: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{1400 \cdot 2395 - 1180 \cdot 2730}{1400 \cdot 2395 + 1180 \cdot 2730}\right)^2 = (0,02)^2 = 4 \cdot 10^{-4}.$
Найти: $r_{\text{инт}} = ?$	

Ответ: $r_{\text{инт}} = 4 \cdot 10^{-4}.$

15. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 2730 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отраженной и падающей акустических волн: $r_{\text{ампл}} = \frac{ z_2 - z_1 }{(z_2 + z_1)}$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление люцита, ρ_1 – плотность люцита, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в люците; z_2 – акустическое сопротивление ПВХ, ρ_2 – плотность ПВХ, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ. Запишем формулу коэффициента отражения по амплитуде, подставив выражения для акустических сопротивлений: $r_{\text{ампл}} = \frac{ \rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1 }{(\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1)}$.</p> <p>Подставляем числовые данные: $r_{\text{ампл}} = \frac{ (1400 \cdot 2395 - 1180 \cdot 2730) }{(1400 \cdot 2395 + 1180 \cdot 2730)} = 0,02$.</p>
<p>Найти: $r_{\text{ампл}} = ?$</p>	<p>Ответ: $r_{\text{ампл}} = 0,02$.</p>

16. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}\right)^2$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление ПВХ, ρ_2 – плотность ПВХ, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для</p>
<p>Найти: $r_{\text{инт}} = ?$</p>	

	<p>акустических сопротивлений:</p> $r_{\text{инт}} = \left(\frac{\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1} \right)^2.$ <p>Подставляем числовые данные:</p> $r_{\text{инт}} = \left(\frac{1400 \cdot 2395 - 0,1 \cdot 330}{1400 \cdot 2395 + 0,1 \cdot 330} \right)^2 = (0,9999)^2 \cdot 0,9999 = 1.$ <p>Ответ: $r_{\text{инт}} = 1.$</p>
--	--

17. Решение.

<p>Дано:</p> $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1} \right)^2$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде.</p> <p>Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:</p> $r_{\text{инт}} = \left(\frac{\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1} \right)^2.$ <p>Подставляем числовые данные:</p> $r_{\text{инт}} = \left(\frac{1000 \cdot 1480 - 0,1 \cdot 330}{1000 \cdot 1480 + 0,1 \cdot 330} \right)^2 = (0,9999)^2 \cong 1.$
<p>Найти:</p> $r_{\text{инт}} \text{ — ?}$	<p>Ответ: $r_{\text{инт}} \cong 1.$</p>

18. Решение.

<p>Дано:</p> $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по амплитуде согласно формуле, содержащей</p>
--	---

$\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$	<p>акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{ампл}} = \frac{ Z_2 - Z_1 }{(Z_2 + Z_1)}$</p> <p>, при $Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где Z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; Z_2 – акустическое сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде.</p> <p>Запишем формулу коэффициента отражения по амплитуде, подставив выражения для акустических сопротивлений:</p> $r_{\text{ампл}} = \frac{ \rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1 }{(\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1)}$ <p>Подставляем числовые данные: $r_{\text{ампл}} = \frac{ (1400 \cdot 2395 - 0,1 \cdot 330) }{(1400 \cdot 2395 + 0,1 \cdot 330)} = 0,999 \cong 1.$</p>
<p>Найти:</p> $r_{\text{ампл}} \text{ — ?}$	

Ответ: $r_{\text{ампл}} \cong 1.$

19. Решение.

<p>Дано:</p> $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отраженной и падающей акустических волн: $r_{\text{ампл}} = \frac{ Z_2 - Z_1 }{(Z_2 + Z_1)}$, при $Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где Z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; Z_2 – акустическое сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде.</p> <p>Запишем формулу коэффициента отражения по амплитуде, подставив выражения для акустических сопротивлений: $r_{\text{ампл}} = \frac{ \rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1 }{(\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1)}$.</p> <p>Подставляем числовые данные:</p> $r_{\text{ампл}} = \frac{ (1000 \cdot 1480 - 0,1 \cdot 330) }{(1000 \cdot 1480 + 0,1 \cdot 330)} = 0,999 \cong 1.$
<p>Найти:</p> $r_{\text{ампл}} \text{ — ?}$	

Ответ: $r_{\text{ампл}} \cong 1$.

20. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1480 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1920 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}\right)^2$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление воды, ρ_1 – плотность воды, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде; z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:</p> $r_{\text{инт}} = \left(\frac{\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1}\right)^2.$ <p>Подставляем числовые данные:</p> $r_{\text{инт}} = \left(\frac{1300 \cdot 1920 - 1000 \cdot 1480}{1300 \cdot 1920 + 1000 \cdot 1480}\right)^2 = 0,2555^2 = 0,065$
<p>Найти: $r_{\text{инт}} — ?$</p>	

Ответ: $r_{\text{инт}} = 0,065$.

21. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1920 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}\right)^2$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине.</p>
<p>Найти: $r_{\text{инт}} — ?$</p>	

Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:

$$r_{\text{инт}} = \left(\frac{\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1} \right)^2.$$

Подставляем числовые данные:

$$r_{\text{инт}} = \left(\frac{1300 \cdot 1920 - 0,1 \cdot 330}{1300 \cdot 1920 + 0,1 \cdot 330} \right)^2 = 1^2 = 1.$$

Ответ: $r_{\text{инт}} = 1$.

22. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1480 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1920 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{ампл}} = \frac{ Z_2 - Z_1 }{(Z_2 + Z_1)}$, при $Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где Z_1 – акустическое сопротивление воды, ρ_1 – плотность воды, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде; Z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине. Запишем формулу коэффициента отражения по амплитуде, подставив выражения для акустических сопротивлений: $r_{\text{ампл}} = \frac{ \rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1 }{(\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1)}$.</p> <p>Подставляем числовые данные: $r_{\text{ампл}} = \frac{ (1300 \cdot 1920 - 1000 \cdot 1480) }{(1300 \cdot 1920 + 1000 \cdot 1480)} = 0,26$.</p>
<p>Найти: $r_{\text{ампл}} = ?$</p>	

Ответ: $r_{\text{ампл}} = 0,26$.

23. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1920 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{ампл}} = \frac{ Z_2 - Z_1 }{(Z_2 + Z_1)}$,</p>
---	---

<p>Найти: $r_{\text{ампл}} = ?$</p>	<p>при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1$ кг/м²с; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2$ кг/м²с, где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине. Запишем формулу коэффициента отражения по амплитуде, подставив выражения для акустических сопротивлений: $r_{\text{ампл}} = \frac{ \rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1 }{(\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1)}$.</p> <p>Подставляем числовые данные:</p> $r_{\text{ампл}} = \frac{ (1300 \cdot 1920 - 0,1 \cdot 330) }{(1300 \cdot 1920 + 0,1 \cdot 330)} = 0,9999 = 1.$ <p>Ответ: $r_{\text{ампл}} = 1$.</p>
---	---

24. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1300$ кг/м³ $c_1 = 1920$ м/с $\rho_2 = 1000$ кг/м³ $c_2 = 1480$ м/с</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}\right)^2$,</p> <p>при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1$ кг/м²с; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2$ кг/м²с, где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:</p> $r_{\text{инт}} = \left(\frac{\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1}\right)^2.$ <p>Подставляем числовые данные:</p> $r_{\text{инт}} = \left(\frac{1000 \cdot 1480 - 1300 \cdot 1920}{1000 \cdot 1480 + 1300 \cdot 1920}\right)^2 = (-0,2555)^2 = 0,065.$
<p>Найти: $r_{\text{инт}} = ?$</p>	

Ответ: $r_{\text{инт}} = 0,065$.

25. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1920 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 330 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{инт}} = \left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}\right)^2$,</p>
<p>Найти: $r_{\text{инт}} — ?$</p>	<p>при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_1 – плотность глицерина, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине; z_2 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_2 – плотность воздуха, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:</p>

$$r_{\text{инт}} = \left(\frac{\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1}{\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1}\right)^2. \text{ Подставляем числовые данные:}$$

$$r_{\text{инт}} = \left(\frac{0,1 \cdot 330 - 1300 \cdot 1920}{0,1 \cdot 330 + 1300 \cdot 1920}\right)^2 = (-1)^2 = 1.$$

Ответ: $r_{\text{инт}} = 1$.

26. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 2730 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн:</p>
<p>Найти: $T_{\text{инт}} — ?$</p>	<p>$T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot z_1 \cdot z_2}{(z_1 + z_2)^2}$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$,</p>

где z_1 – акустическое сопротивление люцита, ρ_1 – плотность люцита, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в люците; z_2 – акустическое сопротивление ПВХ, ρ_2 – плотность ПВХ, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ. Запишем формулу коэффициента пропускания по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений: $T_{\text{инт}} = \frac{4\rho_1 \cdot c_1 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{(\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2)^2}$.

Подставляем числовые данные:

$$T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot 1180 \cdot 2730 \cdot 1400 \cdot 2395}{(1180 \cdot 2730 + 1400 \cdot 2395)^2} = 0,9995 \cong 1.$$

Ответ: $T_{\text{инт}} = 0,9995 \cong 1$.

27. Решение.

<p>Дано:</p> $\rho_1 = 1180 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 2730 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отраженной и падающей акустических волн: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot z_2}{z_1 + z_2}$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление люцита,</p>
<p>Найти:</p> $T_{\text{ампл}} — ?$	

ρ_1 – плотность люцита, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в люците; z_2 - акустическое сопротивление ПВХ, ρ_2 – плотность ПВХ, c_2 - скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}$.

Подставляем числовые данные: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot 1400 \cdot 2395}{1180 \cdot 2730 + 1400 \cdot 2395} \cong 1,02$.

Ответ: $T_{\text{ампл}} \cong 1,02$.

28. Решение.

<p>Дано:</p> $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн:</p> $T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot z_1 \cdot z_2}{(z_1 + z_2)^2}, \text{ при}$ $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}; \quad z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с},$
<p>Найти:</p> $T_{\text{инт}} — ?$	

где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 - акустическое сопротивление ПВХ, ρ_2 – плотность ПВХ, c_2 - скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений: $T_{\text{инт}} = \frac{4 \rho_1 \cdot c_1 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{(\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2)^2}$.

Подставляем числовые данные: $T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot 0,1 \cdot 330 \cdot 1400 \cdot 2395}{(0,1 \cdot 330 + 1400 \cdot 2395)^2} \cong 3,9 \cdot 10^{-5}$.

Ответ: $T_{\text{инт}} \cong 3,9 \cdot 10^{-5}$.

29. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$</p> <p>Найти: $T_{\text{инт}} = ?$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн:</p> $T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot z_1 \cdot z_2}{(z_1 + z_2)^2}, \text{ при}$ $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2 \text{с}; \quad z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2 \text{с},$
---	---

где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений: $T_{\text{инт}} = \frac{4\rho_1 \cdot c_1 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{(\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2)^2}$.

Подставляем числовые данные: $T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot 0,1 \cdot 330 \cdot 1000 \cdot 1480}{(0,1 \cdot 330 + 1000 \cdot 1480)^2} \cong 8,9 \cdot 10^{-5}$.

Ответ: $T_{\text{инт}} \cong 8,9 \cdot 10^{-5}$.

30. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 2395 \text{ м/с}$</p> <p>Найти: $T_{\text{ампл}} = ?$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot z_2}{z_1 + z_2}$, при</p> $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2 \text{с}; \quad z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2 \text{с}, \text{ где } z_1 -$ <p>акустическое сопротивление воздуха,</p>
--	---

ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление ПВХ,

ρ_2 – плотность ПВХ, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в ПВХ. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}$.

Подставляем числовые

данные:

$$T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot 1400 \cdot 2395}{0,1 \cdot 330 + 1400 \cdot 2395} \cong 1,999 \cong 2.$$

Ответ: $T_{\text{ампл}} \cong 2$.

31. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$</p> <p>Найти: $T_{\text{ампл}} = ?$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$, при</p> <p>$Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$; $Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$, где Z_1 – акустическое сопротивление воздуха,</p>
--	---

c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; Z_2 – акустическое сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}$. Подставляем

числовые данные:

$$T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 1480}{0,1 \cdot 330 + 1000 \cdot 1480} \cong 1,999 \cong 2.$$

Ответ: $T_{\text{ампл}} \cong 2$.

32. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1480 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1920 \text{ м/с}$</p> <p>Найти: $T_{\text{инт}} = ?$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн:</p> $T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}, \quad \text{при}$ <p>$Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$; $Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$,</p>
---	---

где Z_1 – акустическое сопротивление воды, ρ_1 – плотность воды, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде; Z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:

$$T_{\text{инт}} = \frac{4 \rho_1 \cdot c_1 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{(\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2)^2}. \quad \text{Подставляем числовые данные:}$$

$$T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot 1000 \cdot 1480 \cdot 1300 \cdot 1920}{(1000 \cdot 1480 + 1300 \cdot 1920)^2} \cong 0,93.$$

Ответ: $T_{\text{инт}} \cong 0,93$.

33. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1920 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн:</p>
<p>Найти: $T_{\text{инт}} = ?$</p>	$T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot z_1 \cdot z_2}{(z_1 + z_2)^2}, \text{ при}$ $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}; \quad z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с},$

где z_1 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:

$$T_{\text{инт}} = \frac{4\rho_1 \cdot c_1 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{(\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2)^2}. \quad \text{Подставляем числовые данные:}$$

$$T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot 0,1 \cdot 330 \cdot 1300 \cdot 1920}{(0,1 \cdot 330 + 1300 \cdot 1920)^2} \cong 5,2 \cdot 10^{-5}.$$

$$\text{Ответ: } T_{\text{инт}} \cong 5,2 \cdot 10^{-5}.$$

34. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1480 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1920 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot z_2}{z_1 + z_2}$, при</p>
<p>Найти: $T_{\text{ампл}} = ?$</p>	$z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}; \quad z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}, \text{ где}$ <p>z_1 – акустическое сопротивление воды,</p>

ρ_1 – плотность воды, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде; z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических

сопротивлений: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}$. Подставляем числовые данные:

$$T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot 1300 \cdot 1920}{1000 \cdot 1480 + 1300 \cdot 1920} \cong 1,26.$$

Ответ: $T_{\text{ампл}} \cong 1,26$.

35. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 330 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1920 \text{ м/с}$</p> <p>Найти: $T_{\text{ампл}} \text{ — ?}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$, при $Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где Z_1 – акустическое сопротивление воздуха,</p>
--	--

ρ_1 – плотность воздуха, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе; Z_2 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_2 – плотность глицерина, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}$. Подставляем числовые данные:

$$T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot 1300 \cdot 1920}{0,1 \cdot 330 + 1300 \cdot 1920} \cong 1,999 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} \cong 2.$$

Ответ: $T_{\text{ампл}} \cong 2$.

36. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1920 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$</p> <p>Найти: $T_{\text{инт}} \text{ — ?}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн:</p> $T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}, \text{ при}$ $Z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}; \quad Z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с},$
---	---

где Z_1 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_1 – плотность глицерина, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине; Z_2 – акустическое сопротивление воды, ρ_2 – плотность воды, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив

выражения для акустических сопротивлений: $T_{\text{инт}} = \frac{4\rho_1 \cdot c_1 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{(\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2)^2}$.

Подставляем числовые данные: $T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot 1300 \cdot 1920 \cdot 1000 \cdot 1480}{(1300 \cdot 1920 + 1000 \cdot 1480)^2} \cong 0,93$.

Ответ: $T_{\text{инт}} \cong 0,93$.

37. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1920 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 330 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по интенсивности согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн:</p>
<p>Найти: $T_{\text{инт}} \text{ — ?}$</p>	$T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot z_1 \cdot z_2}{(z_1 + z_2)^2} \text{ при}$ $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}; \quad z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с},$

где z_1 – акустическое сопротивление глицерина, ρ_1 – плотность глицерина, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине; z_2 – акустическое сопротивление воздуха, ρ_2 – плотность воздуха, c_2 – скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:

$T_{\text{инт}} = \frac{4\rho_1 \cdot c_1 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{(\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2)^2}$ Подставляем числовые данные:

$$T_{\text{инт}} = \frac{4 \cdot 1300 \cdot 1920 \cdot 0,1 \cdot 330}{(1300 \cdot 1920 + 0,1 \cdot 330)^2} \cong 5,2 \cdot 10^{-5}.$$

Ответ: $T_{\text{инт}} \cong 5,2 \cdot 10^{-5}$.

38. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1920 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot z_2}{z_1 + z_2}$, при</p>
<p>Найти: $T_{\text{ампл}} \text{ — ?}$</p>	$z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}; \quad z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}, \text{ где}$ <p>z_1 – акустическое сопротивление глицерина,</p>

ρ_1 – плотность глицерина, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине; z_2 – акустическое сопротивление воды,

ρ_2 – плотность воды, c_2 - скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических сопротивлений:

$$T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}. \quad \text{Подставляем числовые данные:}$$

$$T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 1480}{1300 \cdot 1920 + 1000 \cdot 1480} \cong 0,74.$$

Ответ: $T_{\text{ампл}} \cong 0,74$.

39. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1920 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 330 \text{ м/с}$</p> <hr/> <p>Найти: $T_{\text{ампл}} \text{ — ?}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент пропускания по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot z_2}{z_1 + z_2}$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление глицерина,</p>
--	--

ρ_1 – плотность глицерина, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине; z_2 - акустическое сопротивление воздуха, ρ_2 – плотность воздуха, c_2 - скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе. Запишем формулу коэффициента отражения по интенсивности, подставив выражения для акустических

сопротивлений: $T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}$. Подставляем числовые данные:

$$T_{\text{ампл}} = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 330}{1300 \cdot 1920 + 0,1 \cdot 330} \cong 2,6 \cdot 10^{-5}.$$

Ответ: $T_{\text{ампл}} \cong 2,6 \cdot 10^{-5}$.

40. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1920 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 1480 \text{ м/с}$</p> <hr/> <p>Найти: $r_{\text{ампл}} \text{ — ?}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{ампл}} = \frac{ z_2 - z_1 }{z_2 + z_1}$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление глицерина,</p>
--	--

ρ_1 – плотность глицерина, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине; z_2 - акустическое сопротивление воды,

ρ_2 – плотность воды, c_2 - скорость продольной ультразвуковой волны в воде. Запишем формулу коэффициента отражения по амплитуде, подставив выражения для акустических сопротивлений:

$$r_{\text{ампл}} = \frac{|\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1|}{(\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1)}. \text{ Подставляем числовые данные:}$$

$$r_{\text{ампл}} = \frac{|(1000 \cdot 1480 - 1300 \cdot 1920)|}{(1000 \cdot 1480 + 1300 \cdot 1920)} = \frac{|1016000|}{(3976000)} = 0,26$$

Ответ: $r_{\text{ампл}} = 0,26$.

41. Решение.

<p>Дано: $\rho_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ $c_1 = 1920 \text{ м/с}$ $\rho_2 = 0,1 \text{ кг/м}^3$ $c_2 = 330 \text{ м/с}$</p>	<p>Рассчитывают коэффициент отражения по амплитуде согласно формуле, содержащей акустические сопротивления отражённой и падающей акустических волн: $r_{\text{ампл}} = \frac{ z_2 - z_1 }{(z_2 + z_1)}$, при $z_1 = \rho_1 \cdot c_1 \text{ кг/м}^2\text{с}$; $z_2 = \rho_2 \cdot c_2 \text{ кг/м}^2\text{с}$, где z_1 – акустическое сопротивление глицерина,</p>
<p>Найти: $r_{\text{ампл}} = ?$</p>	

ρ_1 – плотность глицерина, c_1 – скорость продольной ультразвуковой волны в глицерине; z_2 - акустическое сопротивление воздуха, ρ_2 – плотность воздуха, c_2 - скорость продольной ультразвуковой волны в воздухе. Запишем формулу коэффициента отражения по амплитуде, подставив выражения для акустических сопротивлений:

$$r_{\text{ампл}} = \frac{|\rho_2 \cdot c_2 - \rho_1 \cdot c_1|}{(\rho_2 \cdot c_2 + \rho_1 \cdot c_1)}. \text{ Подставляем числовые данные:}$$

$$r_{\text{ампл}} = \frac{|(0,1 \cdot 330 - 1300 \cdot 1920)|}{(0,1 \cdot 330 + 1300 \cdot 1920)} = \frac{|2495967|}{(2496033)} = 0,9999 \cong 1$$

Ответ: $r_{\text{ампл}} = 1$.

42. Решение.

<p>Дано: $C = 1540 \text{ м/с}$ $f = 3,5 \text{ МГц}$</p>	<p>Соотношение, связывающее частоту f (период T) колебаний, фазовую скорость распространения волны C и длину волны λ: $\lambda = C \cdot T = \frac{C}{f}$.</p>
<p>Найти: $\lambda - ?$ $z - ?$</p>	<p>Принято считать, что за предел разрешения, т.е. за минимальное расстояние между двумя точками, которые при построении изображения данным волновым процессом окажутся различимыми,</p>

можно взять длину волны данного волнового процесса. Поэтому возможной оценкой предела разрешения в данном случае: $Z \approx \lambda = \frac{c}{f}$.

Подставим в формулы исходные данные и получим:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1540 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3,5 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{с}}} = 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,44 \text{ мм.} \quad Z \approx \lambda = 0,44 \text{ мм.}$$

Ответ: $\lambda = 0,44$ мм; $Z \approx 0,44$ мм.

43. Решение.

Дано:

$$C = 1540 \text{ м/с}$$

$$f = 5,0 \text{ МГц}$$

Найти:

λ - ?

z - ?

Соотношение, связывающее частоту f (период T) колебаний, фазовую скорость распространения волны C и длину волны λ : $\lambda = C \cdot T = \frac{c}{f}$.

Принято считать, что за предел разрешения, т.е. за минимальное расстояние между двумя точками,

которые при построении изображения данным волновым процессом окажутся различимыми, можно взять длину волны данного волнового процесса. Поэтому возможной оценкой предела разрешения в данном случае: $Z \approx \lambda = \frac{c}{f}$. Подставим в формулы исходные данные и получим:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1540 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5,0 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{с}}} = 3,08 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,308 \text{ мм.} \quad Z \approx \lambda = 0,308 \text{ мм.}$$

Ответ: $\lambda = 0,308$ мм; $Z \approx \lambda \cong 0,308$ мм.

44. Решение.

Дано:

$$C = 1540 \text{ м/с}$$

$$f = 7,5 \text{ МГц}$$

Найти:

λ - ?

z - ?

Соотношение, связывающее частоту f (период T) колебаний, фазовую скорость распространения волны C и длину волны λ : $\lambda = C \cdot T = \frac{c}{f}$.

Принято считать, что за предел разрешения, т.е. за минимальное расстояние между двумя точками,

которые при построении изображения данным волновым процессом окажутся различимыми, можно взять длину волны данного волнового

процесса. Поэтому возможной оценкой предела разрешения в данном случае: $Z \approx \lambda = \frac{c}{f}$. Подставим в формулы исходные данные и получим:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1540 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{7,5 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{с}}} \cong 2,05 \cdot 10^{-4} \text{ м} \cong 0,205 \text{ мм.} \quad Z \approx \lambda \cong 0,205 \text{ мм.}$$

Ответ: $\lambda \cong 0,205$ мм; $Z \approx \lambda \cong 0,205$ мм.

45. Решение.

Дано: $C = 1540 \text{ м/с}$ $f = 10,0 \text{ МГц}$	Соотношение, связывающее частоту f (период T) колебаний, фазовую скорость распространения волны C и длину волны λ : $\lambda = C \cdot T = \frac{c}{f}$.
Найти: $\lambda - ?$ $z - ?$	Принято считать, что за предел разрешения, т.е. за минимальное расстояние между двумя точками,

которые при построении изображения данным волновым процессом окажутся различимыми, можно взять длину волны данного волнового процесса. Поэтому возможной оценкой предела разрешения в данном случае: $Z \approx \lambda = \frac{c}{f}$. Подставим в формулы исходные данные и получим:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1540 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10,0 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{с}}} = 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,154 \text{ мм.} \quad Z \approx \lambda = 0,154 \text{ мм.}$$

Ответ: $\lambda = 0,154$ мм; $Z \approx \lambda \cong 0,154$ мм.

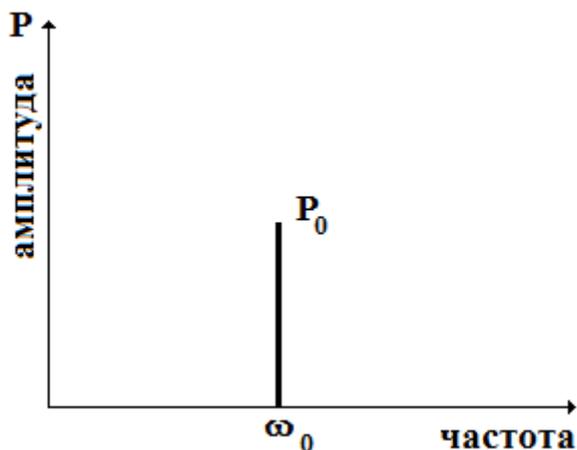
46. Решение.

Дано: $p(t) = P_0 \cdot \cos(12t + 5)$	Частотный спектр интересен для негармонического колебания.
Найти: Отобразить амплитуду как функцию частоты.	Возможны случаи сплошных спектров и дискретных спектров.
	Поскольку в условиях указано гармоническое

колебание вида $p(t) = P_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$, то спектр дискретный и состоит из одного отрезка вертикальной прямой (длина его в выбранном масштабе соответствует P_0) опирающейся на частоту 12 рад/с .

$$\omega = 2\pi\nu \text{ или } \nu = \frac{\omega}{2\pi} \cong 1,91 \text{ Гц.}$$

Ответ:



47. Решение.

Дано:

$$P = 23 \text{ мВт}$$

$$S = 8 \text{ см}^2$$

$$c = 1500 \text{ м/с}$$

$$\nu = 15 \text{ МГц}$$

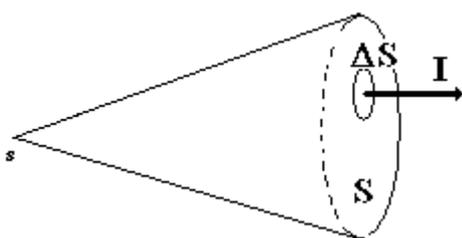
$$\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$$

Найти:

I -?

Интенсивность – это средняя по времени энергия, которую переносит волна через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно направлению распространения волны.

Считая источник ультразвука точечным, изобразим схематически конус излучения:



I – интенсивность,

S – площадь поперечного сечения конуса излучения,

ΔS -единичная площадка,

s – источник излучения.

Пренебрегая поглощением, запишем формулу для интенсивности ультразвуковой волны: $I = \frac{P}{S}$, где P - мощность излучателя.

Обратим внимание на единицы измерения физических величин. Переведём их в единицы «СИ»: $P = 23 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$. $S = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Подставим числовые значения в расчётную формулу. Получим окончательный ответ: $I = \frac{P}{S} = \frac{23 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}}{8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 28,75 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

Ответ: $I = 28,75 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

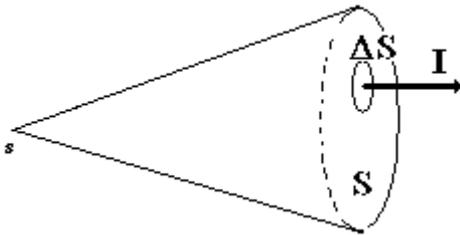
48. Решение.

Дано:
 $P = 23 \text{ мВт}$
 $S = 8 \text{ см}^2$
 $c = 1500 \text{ м/с}$
 $\nu = 15 \text{ МГц}$
 $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$

Найти:
 $I - ?$

Интенсивность – это средняя по времени энергия, которую переносит волна через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно направлению распространения волны.

Считая источник ультразвука точечным, изобразим схематически конус излучения:



I – интенсивность,

S – площадь поперечного сечения конуса излучения,

ΔS -единичная площадка,

s – источник излучения.

Пренебрегая поглощением, запишем формулу для интенсивности ультразвуковой волны: $I = \frac{P}{S}$, где P - мощность излучателя.

Далее, воспользуемся модулем вектора Умова:

$$I = w \cdot V = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot A^2}{2} \cdot V = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot \rho \cdot \nu^2 \cdot A^2}{2} \cdot V.$$

В формуле для модуля вектора Умова (формуле интенсивности волны): w — объёмная плотность энергии, V — скорость распространения звуковой волны, ω - круговая частота колебаний в звуковой волне, ρ — плотность среды, в которой распространяется волна, ν — частота колебаний, A — амплитуда смещения в звуковой волне. Получим расчётную формулу из соотношения: $I = \frac{P}{S} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot \rho \cdot \nu^2 \cdot A^2}{2} \cdot V$.

$A = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \cdot \sqrt{\frac{2P}{\rho \cdot S \cdot V}}$. Подставим числовые значения в расчётную формулу.

Получим окончательный ответ:

$$A = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \cdot \sqrt{\frac{2P}{\rho \cdot S \cdot V}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^7 \frac{1}{c}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 13 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}}{1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 1500 \frac{\text{м}}{\text{с}}}} \cong 70,7 \text{ нм}.$$

Ответ: $A \cong 70, 7 \mu\text{м}$.

49. Решение

Дано:

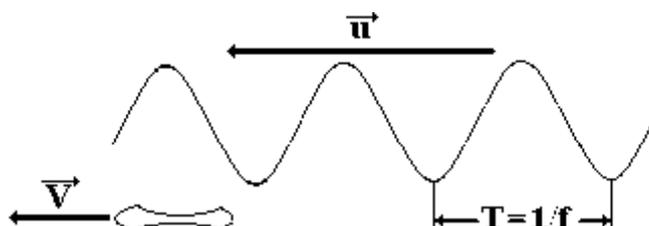
$$V = 258 \text{ мм/с}$$

$$f_0 = 21 \text{ МГц}$$

$$u = 1500 \text{ м/с}$$

Найти:

$$(f'' - f_0) - ?$$



$$\vec{u} = \vec{V} + \vec{u}_{\text{отн}}$$

$$\vec{u}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{V}$$

$$u_{\text{отн}} = u - V$$

Частота «воспринимаемая» удаляющимся эритроцитом f' :

$$f' = \frac{u'}{\lambda_0} = \frac{u-v}{\lambda_0} = \frac{u-v}{\frac{u}{f_0}} = \frac{u-v}{u} \cdot f_0.$$

Частота, приходящая на зонд от удаляющегося эритроцита:

$$f'' = \frac{u}{\lambda_0 + v \cdot T} = \frac{u}{\frac{u}{f'} + \frac{v}{f'}} = \frac{u}{u+v} f' = \frac{u}{u+v} \cdot \frac{u-v}{u} \cdot f_0.$$

Выведем расчётную формулу, получим числовой ответ.

$$\begin{aligned} f'' - f_0 &= \frac{u}{u+v} \cdot \frac{u-v}{u} \cdot f_0 - f_0 = \left(\frac{u}{u+v} \cdot \frac{u-v}{u} - 1 \right) \cdot f_0 = \\ &= \left(\frac{u-v-u-v}{u+v} \right) \cdot f_0 = \frac{-2v}{u+v} f_0. \end{aligned}$$

$$f'' - f_0 = \frac{-2v}{u+v} f_0 = - \left(\frac{2,58 \cdot 10^{-1}}{1500 + 0,258} \right) \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 21 \text{ МГц} \cong -3,611 \text{ кГц}.$$

Ответ: $f'' - f_0 = \frac{-2v}{u+v} f_0 \cong -3,611 \text{ кГц}.$

50. Решение.

Дано:

$$V = 208 \text{ мм/с}$$

$$f_0 = 13 \text{ МГц}$$

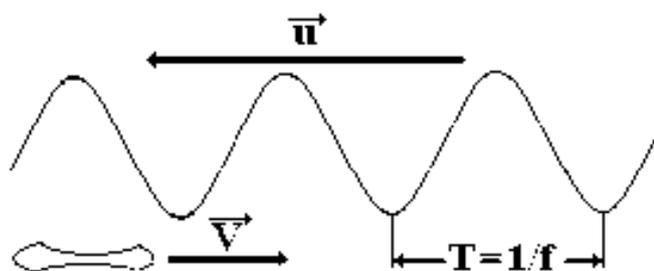
$$u = 1500 \text{ м/с}$$

Найти:

$$(f'' - f_0) - ?$$

Вспомним соотношение, связывающее длину волны, скорость распространения волны и частоту колебаний в волне: $\lambda = u \cdot T = \frac{u}{f}$. Для определения относительной скорости волны используем правило сложения скоростей

классической механики: $u_{отн} = u + v$



$$\vec{u} = \vec{v} + \vec{u}_{отн}$$

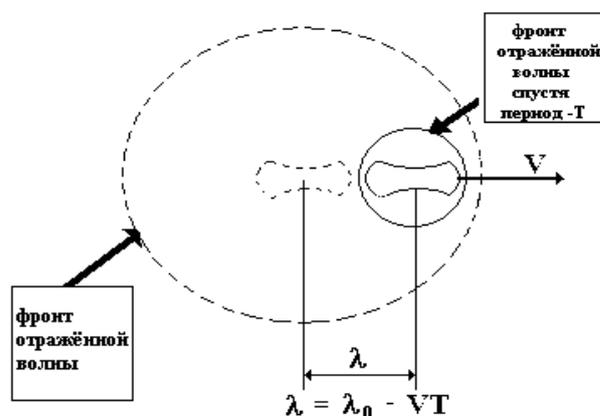
$$\vec{u}_{отн} = \vec{u} - \vec{v}$$

$$u_{отн} = u + v$$

Определим частоту ультразвука, которую «воспринимает» эритроцит:

$$f_1 = \frac{v+u}{\lambda_0} = \frac{v+u}{u} \cdot f_0$$

Определим частоту, отражённую движущимся эритроцитом:



$$f_2 = \frac{u}{\lambda_0 - v \cdot T} = \frac{u}{\lambda_0 - v \cdot \frac{1}{f_1}} = \frac{u}{u - v} \cdot f_1 = \left(\frac{u}{u - v} \right) \cdot \left(\frac{u + v}{u} \right) \cdot f_0 = \left(\frac{u + v}{u - v} \right) \cdot f_0$$

Выведем расчётную формулу, получим числовой ответ.

$$f_2 - f_0 = \left(\frac{u + v}{u - v} - 1 \right) \cdot f_0 = \frac{2v}{u - v} f_0 = \frac{2 \cdot 208 \cdot 10^{-3}}{1500 - 208 \cdot 10^{-3}} \cdot 13 \cdot 10^6 \text{ Гц} \\ \cong 3,6 \text{ кГц.}$$

Ответ: $f_2 - f_0 \cong 3,6 \text{ кГц.}$

51. Решение.

Дано:

$$\alpha_{кр} = 25^\circ$$

$$C_{крови} = 1570 \frac{м}{с}$$

Найти:

$$C_{ткани} - ?$$

Угол α не может быть сделан меньше некоторого критического угла $\alpha_{кр}$ из-за различия значений скорости распространения ультразвука в крови и в тканях стенки сосуда



$$\frac{1}{C_{ткани}} \cdot \sin(90^\circ - \alpha_{кр}) = \frac{1}{C_{крови}}$$

$$C_{крови} = \frac{C_{ткани}}{\sin(90^\circ - \alpha_{кр})}, \quad C_{крови} > C_{ткани}$$

$$C_{ткани} = C_{крови} \cdot \sin(90^\circ - \alpha_{кр}).$$

$$C_{ткани} = C_{крови} \cdot \sin(90^\circ - \alpha_{кр}) = 1570 \frac{м}{с} \cdot \sin(65^\circ) \cong 1422 \frac{м}{с}$$

Ответ: $C_{ткани} \cong 1422 \frac{м}{с}$.

52. Решение.

Дано:

$$TI = 2$$

Найти:

$$P(R) - ?$$

В национальном стандарте США в качестве одного из требований по безопасности при УЗИ вводится

тепловой индекс: $TI = \frac{P(R)}{P_{t^{\circ}C}(R)}$, где $P(R)$ — акустическая

мощность на глубине R , которую создаёт датчик,

$P_{t^{\circ}C}(R)$ — акустическая мощность на глубине R , которая вызывает локальное повышение температуры в тканях на 1°C .

Используя условия задачи: $2 = \frac{P(R)}{P_{t^{\circ}C}(R)}, \quad P(R) = 2 \cdot P_{t^{\circ}C}(R).$

Ответ: Зонд прибора создаёт акустическую мощность на глубине R в два раза превышающую акустическую мощность, которая на той же глубине R вызывает повышение температуры в тканях на 1°C .

53. Решение.

Дано:

Интервал времени между началом зондирования

$\tau = 150$ мкс	и моментом прихода эхо-сигнала затрачен ультразвуком на прохождение до отражателя и обратно, поэтому: $2h = \tau \cdot u$. h – глубина расположения отражателя.
$u = 1540$ м/с	
Найти:	
h — ?	

$$h = \frac{\tau \cdot u}{2} = \frac{150 \text{ мкс} \cdot 1540 \text{ м/с}}{2} \cong 116 \text{ мм.}$$

Ответ: $h \cong 116$ мм.

54. Решение.

Частота доплеровского сдвига f_d

$$(f_d = \frac{2 \cdot f_0 \cdot V}{u} \cdot \cos\theta):$$

- 1) пропорциональна частоте (f_0) излучения;
- 2) пропорциональна скорости (V) движения отражателя (рассеивателя);
- 3) обратно пропорциональна скорости (u) ультразвука в биологической ткани;
- 4) зависит от углов θ , образуемых вектором скорости с направлениями излучения и приёма (в частности, при $\theta = 90^\circ$ $f_d = 0$).

55. Решение.

Дано:

$$f_d = \frac{2 \cdot f_0 \cdot V}{u} \cdot \cos\theta$$

Найти:

f_{d1} — ?

f_{d2} — ?

Увеличение затухания и возрастание мощности рассеянного сигнала с ростом частоты и ширины пучка делает оптимальным выбор диапазона f_0 от 2 МГц до 20 МГц.

$$f_{d1} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{с}} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1500 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot 1 \cong 2667 \text{ Гц}$$

$$f_{d2} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{с}} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1500 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot 1 \cong 26667 \text{ Гц}$$

Оказалось, что частоты доплеровского сдвига $f_d = \frac{2 \cdot f_0 \cdot V}{u} \cdot \cos\theta$ находятся практически в звуковом диапазоне: от 2667 Гц до 26667 Гц. Эта особенность используется для обнаружения кровотока по слуховому ощущению исследователя.

Ответ: от 2667 Гц до 26667 Гц.

56. Решение.

$$\rho = 1,03 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\beta = 5,00 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$$

Найти:

c -?

Скорость распространения акустических колебаний в некоторой среде определяется формулой $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ модуль Юнга связан со сжимаемостью соотношением $E = \frac{1}{\beta}$. Получаем $c = \sqrt{\frac{1}{\rho\beta}}$.

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho\beta}} = \sqrt{\frac{1}{1,03 \cdot 10^3 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3} \cdot 5,00 \cdot 10^{-10} \text{ Па}}} \cong 1394 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: $c \cong 1394 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

57. Решение.

$$\rho = 1,03 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\beta = 5,0 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$$

$$t = 2,6 \text{ мкс}$$

Найти:

l -?

Скорость распространения акустических колебаний в некоторой среде определяется формулой $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ модуль Юнга связан со сжимаемостью соотношением $E = \frac{1}{\beta}$. Получаем: $l = \frac{c \cdot t}{2} = \frac{t}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho\beta}}$,

$$l = \frac{t}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho\beta}} = \frac{2,6 \cdot 10^{-6}}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{1,03 \cdot 10^3 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3} \cdot 5,0 \cdot 10^{-10}}} \cong 1,8 \text{ мм}.$$

Ответ: $l \cong 1,8 \text{ мм}$.

58. Решение.

Дано:

$$t_1 = -20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_3 = +20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Скорость распространения акустических колебаний в газах определяется формулой

$$c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{\mu}}, \text{ где } \mu \text{ — молярная масса газа,}$$

Найти:

t, °C	-20	0	+20
T, K	?	?	?
$c \frac{M}{c}$?	?	?

Ответ:

t, °C	- 20	0	+ 20
T, K	253	273	293
C, м\с	321	333	345

T — абсолютная температура газа,
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ — универсальная газовая
 постоянная, γ — показатель адиабаты
 газа. Воздух в первом приближении
 можно считать двухатомным газом,
 поэтому $\mu = 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$, $\gamma = \frac{i+2}{i}$, где
 i — число степеней свободы, причём для
 двухатомных газов $i = 5$, тогда $\gamma = 1,4$.
 Подставим числовые данные, составим
 таблицу ответов.

59. Решение.

Дано:

$t_1 = +27 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_2 = -33 \text{ }^\circ\text{C}$

Найти:

$\frac{c_1}{c_2} - ?$

Скорость распространения акустических колебаний

в газах определяется формулой $c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{\mu}}$, где μ — молярная масса газа, T — абсолютная температура газа, $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ — универсальная газовая постоянная, γ — показатель адиабаты газа.Следовательно: $\frac{c_1}{c_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$.

$$\frac{c_1}{c_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \sqrt{\frac{t_1+273}{t_2+273}} = \sqrt{\frac{300}{240}} = \sqrt{\frac{5}{4}} \cong 1,12.$$

Ответ: $\frac{c_1}{c_2} \cong 1,12$.

60. Решение.

Дано:

$p = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$

$\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$

Скорость распространения акустических колебаний

в газах определяется формулой $c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{\mu}}$,

Найти: c - ?

где μ — молярная масса газа, T — абсолютная температура газа, $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ — универсальная газовая

постоянная, γ — показатель адиабаты газа. Из уравнения Менделеева-Клапейрона $P \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$ давление $P = \frac{m}{\mu \cdot V} \cdot R \cdot T = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{\mu}$ или $P = \frac{m}{\mu \cdot V} \cdot R \cdot T = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{\mu}$ или $\frac{P}{\rho} = \frac{R \cdot T}{\mu}$. $c = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}}$. По условию газ двухатомный, следовательно показатель адиабаты $\gamma = 1,4$.

$$c = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}} = \sqrt{1,4 \cdot \frac{1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1,29 \text{ кг/м}^3}} \cong 331 \text{ м/с}.$$

Ответ: $c \cong 331 \text{ м/с}$.

61. Решение.

Дано: $E = 6,9 \cdot 10^{10} \text{ Па}$
 $\rho = 2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
 $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Найти: n - ?

Скорость распространения акустических колебаний в газах определяется формулой $c_1 = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{\mu}}$, где μ — молярная масса газа, T — абсолютная температура газа, $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ — универсальная газовая постоянная, γ — показатель адиабаты газа.

Скорость распространения акустических колебаний в твёрдых и жидких телах определяется формулой $c_2 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$. По определению показателя преломления $n = \frac{c_1}{c_2}$. $n = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{\mu}}}{\sqrt{\frac{E}{\rho}}} = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T \cdot \rho}{E \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot (t + 273) \cdot \rho}{E \cdot \mu}}$.

Воздух в первом приближении будем считать двухатомным газом, следовательно показатель адиабаты $\gamma = 1,4$.

Молекулярная масса: $\mu = 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$.

$$n = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot (t + 273) \cdot \rho}{E \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{1,4 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (20 + 273) \text{ К} \cdot 2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3}{6,9 \cdot 10^{10} \text{ Па} \cdot 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}}$$

$$n = \sqrt{\frac{1,4 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{К}} \cdot (20 + 273)\text{К} \cdot 2,6 \cdot 10^3 \text{КГ/М}^3}{6,9 \cdot 10^{10} \text{Па} \cdot 0,029 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}} \cong 6,655 \cdot 10^{-2}.$$

Ответ: $n \cong 6,66 \cdot 10^{-2}$.

62. Решение.

Дано:

$$E = 6,9 \cdot 10^{10} \text{ Па}$$

$$\rho = 2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Найти:

$$\alpha_0 - ?$$

При переходе через границу раздела двух сред волн любой природы происходит отражение и преломление. Согласно закону преломления показатель преломления $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$,

где α — угол падения, β — угол преломления. Если волна распространяется из среды с меньшей скоростью распространения возмущения в среду, где скорость распространения больше при определённом значении угла падения α_0 преломлённая волна скользит вдоль границы раздела двух сред.

В этом случае $\beta = \frac{\pi}{2}$ и $\sin \beta = 1$.

Это явление называется полным внутренним отражением, а α_0 — предельным углом.

При этом $n = \sin \alpha_0$. С другой стороны

$$n = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{\mu}}}{\sqrt{\frac{E}{\rho}}} = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T \cdot \rho}{E \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot (t+273) \cdot \rho}{E \cdot \mu}}. \quad \sin \alpha_0 = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot (t+273) \cdot \rho}{E \cdot \mu}}, \quad \text{откуда}$$

$$\alpha_0 = \arcsin \left(\sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot (t+273) \cdot \rho}{E \cdot \mu}} \right). \text{ Воздух в первом приближении будем считать}$$

двухатомным газом, следовательно, показатель адиабаты $\gamma = 1,4$.

Молекулярная масса: $\mu = 0,029 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$.

$$\alpha_0 = \arcsin \left(\sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot (t + 273) \cdot \rho}{E \cdot \mu}} \right) =$$

$$= \arcsin \left(\sqrt{\frac{1,4 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{К}} \cdot (20 + 273) \text{К} \cdot 2,6 \cdot 10^3, \frac{6 \text{КГ}}{\text{М}^3}}{6,9 \cdot 10^{10} \text{Па} \cdot 0,029 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}}} \right)$$

$$\cong \arcsin(6,655 \cdot 10^{-2}) \cong$$

$$\cong 3,84^\circ.$$

Ответ: $\alpha_0 \cong 3,84^\circ$.

63. Решение.

Дано:	Многочисленные эксперименты с ультразвуком подтверждают тот факт, что ультразвук «затухает по экспоненте» т.е. интенсивность с расстоянием x изменяется как: $I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$.
μ	
Найти:	По определению μ — коэффициент затухания по интенсивности ультразвуковых волн постоянной частоты в однородной среде: $\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) = -\frac{1}{x} \ln \frac{I_x}{I_0}$, где I_0 — интенсивность
α - ?	

в точке акустического поля с координатой 0, I_x — интенсивность в точке с координатой x . Коэффициент затухания по амплитуде: $\alpha \left(\frac{1}{\text{см}} \right) = -\frac{1}{x} \ln \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0}$. При прочих равных условиях, интенсивность прямо пропорциональна квадрату акустического (избыточного) давления Δp в продольной ультразвуковой (звуковой) волне: $\frac{I_x}{I_0} = \left(\frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} \right)^2$. Тогда:

$$\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) = -\frac{1}{x} \ln \frac{I_x}{I_0} = -\frac{1}{x} \ln \left(\frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} \right)^2 = -\frac{2}{x} \ln \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} = 2 \cdot \alpha \left(\frac{1}{\text{см}} \right)$$

Ответ: $\mu = 2 \cdot \alpha$.

64. Решение.

Дано:	Многочисленные эксперименты с ультразвуком подтверждают тот факт, что ультразвук «затухает по экспоненте» т.е. интенсивность с расстоянием x
$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$	изменяется как: $I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$. Воспользуемся тем фактом, что показатель степени у экспоненты $e^{-\mu x}$ — μx должен быть безразмерным
Найти:	
μ - ?	

$\left(\frac{1}{e}\right)$ повторяется множителем μx раз). Тогда физическая величина μ должна иметь единицу в СИ $1\left(\frac{1}{\text{м}}\right)$. Т.е. по смыслу μ является величиной обратной расстоянию. Чтобы выяснить что это за расстояние потребуем для произведения μx равенства единице. И обозначим соответствующее этому равенству расстояние через x_e т.е. $(\mu x_e = 1)$. Следовательно: $I_{x_e} = I_0 \cdot e^{-\mu x_e}$ и $I_{x_e} = \frac{I_0}{e^1}$ — на расстоянии x_e интенсивность волны уменьшается в e раз. Итак, μ является величиной обратной расстоянию, пройдя которую интенсивность ультразвуковой волны уменьшится в e раз. (e — основание натуральных логарифмов, $e \approx 2,72$; $\frac{1}{e} \approx 0,37$).

Ответ: μ является величиной обратной расстоянию, пройдя которую интенсивность ультразвуковой волны уменьшится в e раз.

65. Решение.

<p>Дано:</p> $x = \frac{1}{\mu}$	<p>Многочисленные эксперименты с ультразвуком подтверждают тот факт, что ультразвук «затухает по экспоненте» т.е. интенсивность с расстоянием x изменяется как: $I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$. По определению μ — коэффициент затухания по интенсивности ультразвуковых волн постоянной частоты в однородной среде: $\mu \left(\frac{1}{\text{см}}\right) = -\frac{1}{x} \ln \frac{I_x}{I_0}$,</p>
<p>Найти:</p> $\frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} - ?$	<p>где I_0 — интенсивность в точке акустического поля с координатой 0,</p>

I_x — интенсивность в точке с координатой x . Коэффициент затухания по амплитуде: $\alpha \left(\frac{1}{\text{см}}\right) = -\frac{1}{x} \ln \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0}$. При прочих равных условиях, интенсивность прямо пропорциональна квадрату акустического (избыточного) давления Δp в продольной ультразвуковой (звуковой) волне: $\frac{I_x}{I_0} = \left(\frac{\Delta p_x}{\Delta p_0}\right)^2$. Тогда:

$$\mu \left(\frac{1}{\text{см}}\right) = -\frac{1}{x} \ln \frac{I_x}{I_0} = -\frac{1}{x} \ln \left(\frac{\Delta p_x}{\Delta p_0}\right)^2 = -\frac{2}{x} \ln \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} = 2 \cdot \alpha \left(\frac{1}{\text{см}}\right),$$

$$\mu \left(\frac{1}{\text{см}}\right) = -\frac{2}{x} \ln \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0}, \quad \ln \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} = -\frac{\mu \cdot x}{2}, \quad \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} = e^{-\frac{\mu \cdot x}{2}}, \quad \frac{\Delta p_0}{\Delta p_x} = e^{\frac{\mu \cdot x}{2}},$$

$$\frac{\Delta p_0}{\Delta p_x} = e^{\frac{\mu \cdot 1}{2 \cdot \mu}} = e^{\frac{1}{2}}.$$

Ответ: $\frac{\Delta p_0}{\Delta p_x} \approx 1,65$.

66. Решение.

Дано:

$$\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) = -\frac{1}{x} \ln \frac{I_x}{I_0}$$

Найти:

$$\mu \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) - ?$$

По определению: $\mu \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) = -\frac{10}{x} \lg \frac{I_x}{I_0}$,

где I_0 — интенсивность в точке акустического поля с координатой 0, I_x — интенсивность в точке с координатой x .

Для ответа на поставленный вопрос учтём свойства логарифмов. Пусть $\lg N = k$ тогда: $N = 10^k = 10^{\lg N}$.

$$\ln N = \ln 10^{\lg N} = \lg N \cdot \ln 10 = \ln 10 \cdot \lg N, \quad \lg N = \frac{\ln N}{\ln 10}.$$

$$\mu \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) = -\frac{10}{x} \lg \frac{I_x}{I_0} = -\frac{10}{x} \frac{\ln \frac{I_x}{I_0}}{\ln 10} = \frac{10}{\ln 10} \left(-\frac{1}{x} \ln \frac{I_x}{I_0} \right) = \frac{10}{\ln 10} \left(\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) \right).$$

$$\mu \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) = \frac{10}{\ln 10} \left(\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) \right) \cong \frac{10}{2,303} \left(\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) \right) \cong 4,343 \left(\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) \right)$$

Ответ: $\mu \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) \cong 4,343 \left(\mu \left(\frac{1}{\text{см}} \right) \right)$

67. Решение.

Дано:

$$x = 3 \text{ см}$$

$$f_1 = 7,5 \text{ МГц}$$

$$f_2 = 3,5 \text{ МГц}$$

$$f_0 = 1 \text{ МГц}$$

$$\alpha_0 = 1 \frac{\text{дБ}}{\text{см}}$$

$$a = 0,7 \frac{1}{\text{МГц}}$$

По определению:

$$K_{f\text{дБ}} = \alpha_f \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) \cdot x(\text{см}) = -20 \cdot \lg \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) \cdot x(\text{см}),$$

где Δp_0 — интенсивность в точке акустического поля с координатой 0, Δp_x — интенсивность в точке с координатой x ,

$$\alpha_f \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) = \alpha_0 \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) \cdot a \frac{1}{\text{МГц}} \cdot f \text{ МГц}.$$

$$K_{f\text{дБ}} = \alpha_f \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) \cdot x(\text{см}) = \alpha_0 \left(\frac{\text{дБ}}{\text{см}} \right) \cdot a \frac{1}{\text{МГц}} \cdot f \text{ МГц} \cdot x(\text{см})$$

Найти:

$$\frac{K_{f_{1дБ}}}{K_{f_{2дБ}}} - ? \quad \left| \quad \frac{K_{f_{1дБ}}}{K_{f_{2дБ}}} = \frac{\alpha_0 \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot a \frac{1}{МГц} \cdot f_1 МГц}{\alpha_0 \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot a \frac{1}{МГц} \cdot f_2 МГц} = \frac{f_1 МГц}{f_2 МГц} = \frac{7,5}{3,5} \cong 2,1$$

Ответ: $\frac{K_{f_{1дБ}}}{K_{f_{2дБ}}} \cong 2,1$

68. Решение.

Дано:

$$x = 3 \text{ см}$$

$$f_1 = 7,5 \text{ МГц}$$

$$f_2 = 3,5 \text{ МГц}$$

$$f_0 = 1 \text{ МГц}$$

$$\alpha_0 = 1 \frac{дБ}{см}$$

$$a = 0,7 \frac{1}{МГц}$$

Найти:

$$K_{f_{1дБ}} - K_{f_{2дБ}} - ?$$

$$\begin{aligned} K_{f_{1дБ}} - K_{f_{2дБ}} &= \alpha_0 \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot a \frac{1}{МГц} \cdot f_1 МГц \cdot x(см) - \alpha_0 \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot a \frac{1}{МГц} \cdot f_2 МГц \cdot x(см) = \\ &= \alpha_0 \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot a \frac{1}{МГц} \cdot x(см) (f_1 МГц - f_2 МГц) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{f_{1дБ}} - K_{f_{2дБ}} &= \alpha_0 \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot a \frac{1}{МГц} \cdot x(см) (f_1 МГц - f_2 МГц) = \\ &= 1 \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot 0,7 \frac{1}{МГц} \cdot 3(см) (7,5 МГц - 3,5 МГц) = 8,4 \text{ дБ.} \end{aligned}$$

Ответ: $K_{f_{1дБ}} - K_{f_{2дБ}} = 8,4 \text{ дБ}$

69. Решение.

Дано:

$$x = 3 \text{ см}$$

$$f_1 = 7,5 \text{ МГц}$$

По определению:

$$K_{f_{дБ}} = \alpha_f \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot x(см) = -20 \cdot \lg \frac{\Delta p_x}{\Delta p_0} \left(\frac{дБ}{см}\right) \cdot x(см), \text{ где } \Delta p_0$$

— интенсивность в точке акустического поля с

$$f_2 = 3,5 \text{ МГц}$$

$$f_0 = 1 \text{ МГц}$$

$$\Delta K = 8,4 \text{ дБ.}$$

$$\frac{\Delta p_{2x}}{\Delta p_{1x}} = ?$$

координатой 0, Δp_x — интенсивность в точке с координатой x.

$$\Delta K = 20 \cdot x \cdot \lg \frac{\Delta p_{2x}}{\Delta p_0} - 20 \cdot x \cdot \lg \frac{\Delta p_{1x}}{\Delta p_0}$$

$$\Delta K = 20 \cdot x \cdot \left(\lg \frac{\Delta p_{2x}}{\Delta p_0} - \lg \frac{\Delta p_{1x}}{\Delta p_0} \right)$$

$$\frac{\Delta K}{20 \cdot x} = \left(\lg \frac{\Delta p_{2x}}{\Delta p_{1x}} \right)$$

$$\frac{\Delta p_{2x}}{\Delta p_{1x}} = 10^{\frac{\Delta K}{20 \cdot x}}$$

$$\frac{\Delta p_{2x}}{\Delta p_{1x}} = 10^{\frac{\Delta K}{20 \cdot x}} = 10^{\frac{8,4}{20}} \cong 1,38$$

Ответ: $\frac{\Delta p_{2x}}{\Delta p_{1x}} = 1,38$

ТАБЛИЦА ЭТАЛОНОВ ОТВЕТОВ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	1	4	1	2	3	4	5	2	5	5	3	2
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
5	1	3	5	3	5	1	4	3	1	1	1	2
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
3	1	5	3	2	1	2	4	1	1	1	4	4

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Фундаментальные постоянные

Универсальная газовая постоянная	$R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{К}\cdot\text{моль})$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}$
Число Фарадея	$F = 96485 \text{ Кл}/\text{моль}$
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$
Магнетон Бора	$\mu_B = 9,28 \cdot 10^{-24} \text{ А}\cdot\text{м}^2 \text{ (Дж/Тл)}$
Ядерный магнетон	$\mu_n = 5,05 \cdot 10^{-27} \text{ А}\cdot\text{м}^2 \text{ (Дж/Тл)}$
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/(\text{Н}\cdot\text{м}^2)$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}/\text{м}$
Заряд электрона (абс. значение)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Атомная единица массы (а.е.м.)	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н}\cdot\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Внесистемная единица электрического дипольного момента – дебай (Д)	$1\text{Д} = 3,33 \cdot 10^{-30} \text{ Кл}\cdot\text{м}$

Наименования и обозначения приставок СИ

для образования десятичных кратных и дольных единиц и их множители

Наименование приставки	Обозначение приставки		Множитель	Примеры
	международное	Русское		
Экса	E	Э	10^{18}	эксабеккерель
Пета	P	П	10^{15}	петаджоуль
Тера	T	Т	10^{12}	терагерц
Гига	G	Г	10^9	гигаватт
Мега	M	М	10^6	мегаом
Кило	k	к	10^3	километр
Гекто	h	г	10^2	гектолитр
Дека	da	да	10^1	декалитр
Деци	d	д	10^{-1}	дециметр
Санتي	c	с	10^{-2}	сантиметр
Милли	m	м	10^{-3}	милливольт
Микро	μ	мк	10^{-6}	микроампер
Нано	n	н	10^{-9}	наносекунда
Пико	p	п	10^{-12}	пикофарад
Фемто	f	ф	10^{-15}	фемтокулон
Атто	a	а	10^{-18}	аттограмм

**Функция видности дневного зрения человека для некоторых длин волн.
Значения относительной спектральной световой эффективности
монохроматического излучения для дневного зрения.**

Длина волны (λ_0 , нм)	400	440	480	520	555	560	600	640	700
Функция видности (V_λ)	0,0004	0,023	0,139	0,710	1,00	0,955	0,631	0,175	0,004

Для приближённых расчётов можно использовать аппроксимирующую формулу $V(\lambda) = \exp[-\eta(\lambda - \lambda_0)^2]$, где $\lambda_0 = 0,56$ мкм, $\eta = 275$ мкм⁻².

ПРАВИЛА ПРИБЛИЖЁННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.

При решении задач, как правило, имеют дело с приближёнными числовыми значениями физических величин.

Используя калькуляторы, которые при вычислениях дают большое число значащих цифр, необходимо чётко знать сколько значащих цифр следует оставить, а остальные отбросить.

При этом используют правила округления:

- 1) Если первая отбрасываемая цифра больше 5, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу. Например, число 49,2568 после округления до сотых долей нужно записать 49,26;
- 2) Если первая отбрасываемая цифра меньше 5, то последняя сохраняемая цифра не меняется. Например, число 49,2536 после округления до сотых долей нужно записать 49,25;
- 3) Если отбрасывается одна цифра и она равна 5, то последняя сохраняемая цифра должна быть чётной. Например, число 49,25 после округления до десятых долей нужно записать 49,2, а 49,35 после округления до десятых долей записать 49,4.

При выполнении числовых расчётов следует придерживаться основных правил приближённых вычислений:

1. При сложении и вычитании результат округляется так, чтобы он не имел значащих цифр в тех разрядах, которые отсутствуют хотя бы в одной из заданных величин, например, $1,3846 + 2,52 - 0,537 = 3,3676 \cong 3,37$.
2. При умножении сомножители округляются так, чтобы каждый содержал столько значащих цифр, сколько их имеет сомножитель с минимальным их числом. В произведении при этом следует оставить такое же число значащих цифр, как в сомножителях после округления, например, $2,47 \times 6,268 \times 1,1 \cong 2,5 \times 6,3 \times 1,1 = 17,3$.

3. При делении поступают как и при умножении, например, $9,653:3,20 \cong 9,65:3,20 \cong 3,0156 = 3,02$.
4. При возведении в степень в результате оставляют столько значащих цифр, сколько их имеет основание степени, например, $3,56^3 = 45,12$.
5. При извлечении корней в результате оставляют столько значащих цифр, сколько их имеет подкоренное выражение, например, $\sqrt{8,76} = 2,96$.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РЕКОМЕНДАЦИИ К РАБОТЕ С ПОСОБИЕМ	4
Раздел 1. ОСНОВЫ ФОТОМЕТРИИ. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И ВОСПРИЯТИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ	8
Раздел 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ	13
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ	20
ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.	
ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ	31
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ФОТОМЕТРИИ. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И ВОСПРИЯТИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ	31
РАЗДЕЛ 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ	49
ТАБЛИЦА ЭТАЛОНОВ ОТВЕТОВ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ	86
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	87
ПРАВИЛА ПРИБЛИЖЁННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	88