МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ДГТУ)

ОЛИМПИАДА «Я-БАКАЛАВР» ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ

ФИЗИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

К ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМУ ЭТАПУ ОЛИМПИАДЫ

2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА ДЛЯ 11 КЛАССА

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Характер и уровень сложности олимпиадных задач направлены на достижение целей проведения олимпиады: выявить способных участников, твердо владеющих школьной программой и наиболее подготовленных к освоению образовательных программ ВУЗов, обладающих логикой и творческим характером мышления, знанием законов механики, молекулярной физики, электромагнетизма, геометрической оптики.

Задания дифференцированы по сложности и требуют различных временных затрат на верное и полное решение. Задания направлены на выявление интеллектуального потенциала, аналитических способностей и креативности мышления участников и т.п.

Каждый участник олимпиады получает бланк с заданием одного из двух вариантов, содержащий 5 заданий повышенной сложности.

В олимпиадные задания заключительного тура могут быть включены элементы содержания из следующих разделов курса физики:

• раздел «Механика»;

• раздел «Механические колебания и волны»;

• раздел «Молекулярная физика и термодинамика»;

• раздел «Электростатика»;

• раздел «Законы постоянного тока»;

• раздел «Электродинамика»;

• раздел «Геометрическая оптика».

Каждое задание оценивается в зависимости от уровня сложности и правильности полученного результата. Баллы, полученные участником олимпиады за выполненные задания, суммируются.

На решение задач отборочного этапа Олимпиады отводится 3 часа (три часа или 180 минут). Отсчет времени начинается с момента начала выполнения заданий.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ СОДЕРЖАНИЯ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАДЫ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА 2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА

Раздел 1. Механика

В этом разделе могут быть представлены задания, для выполнения которых необходимо умение описывать и анализировать кинематические процессы для равномерного и равнопеременного прямолинейного движений, определять среднюю скорость неравномерного прямолинейного движения, рассматривать движение тела, брошенного под углом к горизонту. В динамической части раздела необходимо обратить внимание на задачи, в которых полная механическая энергия либо сохраняется, либо изменяется. В последнем случае изменение энергии равно работе непотенциальных сил.

Примеры заданий:

Задание 1: Спортсмен разбегается в течение времени t = 1,2 с и прыгает в длину. Большую часть этого времени занимает сам разбег, меньшую – толчок от земли. Найти максимальную дальность прыжка, если коэффициент трения равен μ = 0,5, а наибольшее расстояние над землей h = 0,8 м. Учесть, что сила реакции при отталкивании от земли превышает силу тяжести по модулю, так как их разность сообщает спортсмену вертикальную компоненту скорости.

Возможное решение:

1. Запишем 2-й закон Ньютона в проекции на горизонтальную ось: $m(V_1 – V_0) = \mu mgt_1 + \mu Nt_2$, где V_1 – горизонтальная составляющая скорости в момент прыжка, t_1 – время разбега, t_1 – время толчка, m – масса спортсмена, N – сила реакции опоры при толчке. Начальная скорость V_0 равна 0.
2. Поскольку $t = t_1 + t_2$, а $(N – mg)t_2 = mV_{0y}$ (V_y – вертикальная составляющая скорости в момент прыжка), то $mV_1 = \mu(mgt + mV_{0y})$.
3. Вертикальную составляющую скорости в момент толчка выразим из закона сохранения энергии, $mV_{0y}^2/2 = mgh$, откуда $V_{0y}= (2gh)^{1/2}$.

4. Из п. 2 и 3 следует, что горизонтальная составляющая скорости равна $V_1 = \mu[gt + (2gh)^{1/2}]$

5. Время прыжка τ найдем как удвоенное время подъема на максимальную высоту: $\tau = 2(2h/g)^{1/2}$.

6. Дальность прыжка $s = 2\mu(2h/g)^{1/2}\,[gt + (2gh)^{1/2}] =$

$= 2{\cdot}0{,}5\,(2{\cdot}0{,}8{\cdot}10)^{1/2}\,[10{\cdot}1{,}2 + (2{\cdot}10{\cdot}0{,}8)^{1/2}] = 6{,}4$ м

Ответ: 6,4 м.

Особенность приведенной выше задачи состоит в том, что изменение импульса состоит из двух частей – 1) во время разбега, и 2) во время толчка. Совместная «работа» кинематики и 2-го закона Ньютона, записанного как закон изменения импульса, позволяют прийти к успешному результату.

Задание 2: К длинной доске, лежащей на неподвижном горизонтальном стеллаже, прикладывают параллельно поверхности стеллажа некоторую постоянную силу. Доска начинает двигаться с ускорением $a_1 = 0{,}7$ м/с^2. Брусок, помещенный перед началом опыта на доску, получает при этом относительно доски ускорение $a_2 = 0{,}2$ м/с^2 в противоположном направлении. Найти работу силы трения, действующей на брусок, за первые 2 секунды движения. Масса бруска $m = 0{,}5$ кг.

Возможное решение:

1.Ускорение бруска относительно неподвижной системы отсчета $a = a_1 - a_2$.

2. Это результирующее ускорение (направленное в сторону движения доски) сообщает ему сила трения, направленная также. Таким образом, $ma = m\,(a_1 - a_2) = F_{ТР}$.

3. Работа силы трения $A_{ТР} = F_{ТР}{\cdot}s{\cdot}\cos\alpha = F_{ТР}{\cdot}s$, так как $\cos\alpha = 1$.

4. Путь $s = at^2/2 = (a_1 - a_2)t^2/2$.

5. Выразим и вычислим работу силы трения $A_{ТР} = F_{ТР}{\cdot}s = m(a_1 - a_2)\times(a_1 - a_2)t^2/2 = m(a_1 - a_2)^2t^2/2 = ..\ 0{,}25$ Дж

Ответ: 0,25 Дж

Эта задача необычна тем, что демонстрирует нестандартную ситуацию – ситуацию, в которой сила трения совершает положительную работу.

Раздел 2. Механические колебания и волны

Раздел включает задания на гармонические колебания, их кинематическое описание, а также их характеристики: амплитуду, частоту, период колебаний и фазу колебаний. Также могут быть включены задания, для решения которых необходимо разобрать следующие темы: гармонические колебания пружинного и математического маятников, распространение упругих волн, продольные и поперечные волны, их математическое описание.

Пример задания:

Тело массой *0,1 кг* упало с высоты *20 см* на чашку пружинных весов массой *0,15 кг*. Пружина невесома, жесткость пружины *100 Н/м.* Прилипнув к чашке, тело начинает совершать гармонические колебания. Найти амплитуду колебаний.

Дано:	***СИ***
$m_1 = 0{,}1 кг$	
$k = 100 Н/м$	
$h = 20 см$	$0{,}2 м$
$m_2 = 0{,}15 кг$	
$x_m - ?$	

Возможное решение:

Нарисуем схематически систему в нескольких положениях (см. рис. 1). В первоначальном состоянии равновесия *а* силы, действующие на тело m_2, компенсированы. Поэтому справедлив равенство $kx_1 = m_2 g$, откуда $x_1 = \frac{m_2 g}{k}$ (1). Координату x_0 нового положения равновесия *б*, около которого будут совершаться колебания, найдем из равенства $(m_1 + m_2)g = kx_0$. откуда получаем $x_0 = \frac{(m_1 + m_2)g}{k}$ (2). Так как в системе действуют только потенциальные силы, то воспользуемся законом сохранения энергии при переходе системы из состояния 1 в 2:

$$-(m_1 + m_2)gx_1 + \frac{kx_1^2}{2} + \frac{(m_1 + m_2)\upsilon_0^2}{2} = -(m_1 + m_2)gx_2 + \frac{kx_2^2}{2} \ (3).$$

Из закона сохранения импульса $m_1\upsilon_1 = (m_1 + m_2)\upsilon_0$ получаем выражения для скорости, с которой начнут двигаться тела после соударения: $\upsilon_0 = \frac{m_1\sqrt{2gh}}{m_1 + m_2}$ (4), где $\upsilon_1 = \sqrt{2gh}$ – скорость падения тела.

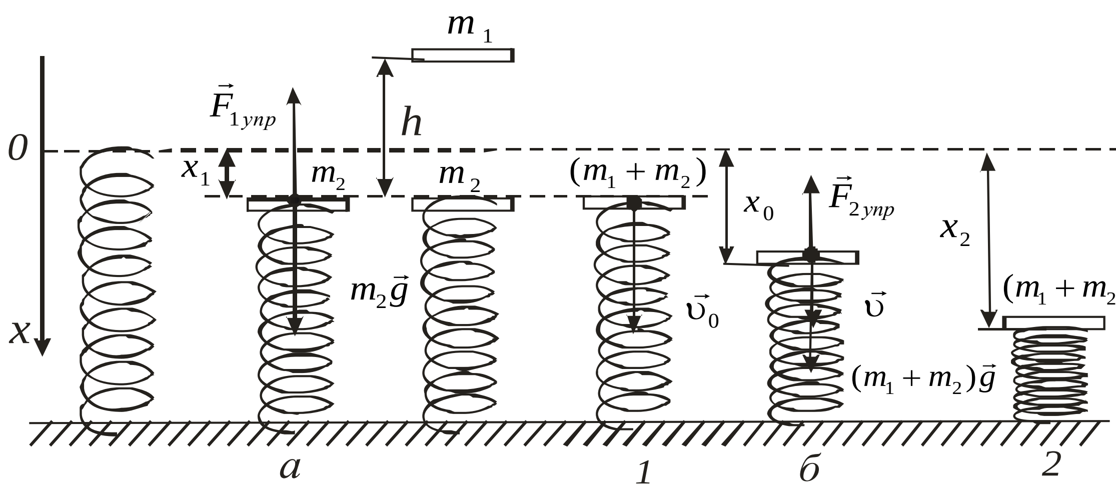

Рис. 1

После подстановки (1), (2) и (4) в формулу (3), получаем равенство

$$\frac{-(m_1 + m_2)g^2 m_2}{k} + \frac{m_2^2 g^2}{2k} + \frac{m_1^2 gh}{m_1 + m_2} = -(m_1 + m_2)gx_2 + \frac{kx_2^2}{2}.$$

Подставив числовые значения, получим квадратное уравнение $50x_2^2 - 2{,}5x_2 - 0{,}05175 = 0$. Корень этого уравнения $x_2 = 0{,}066\,м$. Отрицательный корень физически нас не устраивает (см. на рис. 1 направление выбранной оси *Ox*). По формуле (2) найдем $x_0 = 0{,}025\,м$. Как следует из чертежа, амплитуда колебаний равна $x_m = x_2 - x_1$; $x_m = 0{,}041\,м$

Ответ: $x_m = 0{,}041\,м$

Сложность приведенной задачи заключается в необходимости определения положения равновесия системы в измененном режиме

колебаний – после прилипания тела к чашке. Кроме того, потенциальная энергия системы здесь состоит из двух частей – энергии в поле тяжести и энергии деформированной пружины.

Раздел 3. Молекулярная физика и термодинамика

Для решения задач этого раздела необходимо знать основные положения молекулярно-кинетической теории строения вещества, и, в частности, основное уравнение МКТ идеального газа, агрегатные состояния и их графические, и аналитические описания, а также уравнение теплового баланса, знать первый закон термодинамики и его реализацию в изопроцессах, второй закон термодинамики, а также принцип действия теплового двигателя, цикл Карно, коэффициент полезного действия цикла Карно.

Пример задания:

Газ в количестве *12 г* занимает объем *4 л* при температуре *300К.* После нагревания газа при постоянном давлении его плотность стала равной *0,6 кг/м³*. До какой температуры нагрели газ?

Дано:	***СИ***	***Решение:***
$m_1 = 12г$ $V_1 = 4л$ $T_1 = 300K$ $\rho_2 = 0{,}6 кг/м^3$	$12\cdot10^{-3} кг$ $4\cdot10^{-3} м$	Покажем на рисунке 2 условно начальное и конечное состояние одного и того же газа. Давление и молярная масса соответствующих индексов не имеют, т.к. при переходе из одного состояния в другое остаются неизменными. Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона для
$T_2 - ?$		

начального и конечного состояний газа: $pV_1 = \dfrac{m_1}{M}\cdot RT_1$ и $pV_2 = \dfrac{m_2}{M}\cdot RT_2$.

Разделив друг на друга левые и правые части уравнений, получим $\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1 T_1}{m_2 T_2}$. Учитывая, что $\rho_2 = \frac{m_2}{V_2}$, из последнего равенства найдем выражение для температуры газа в конечном состоянии $T_2 = \frac{m_1 T_1}{\rho_2 V_1}$. Произведем вычисления:

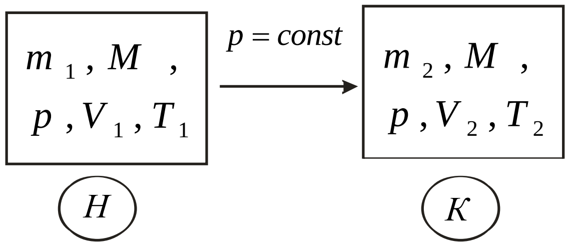

Рис. 2

$$T_2 = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 300}{0{,}6 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 155\ К.$$

Ответ: $T_2 = 155\ К.$

В рассмотренной задаче, помимо использования уравнения состояния идеального газа, необходимо выразить массу через плотность. Приведенное решение показывает необходимость умения работы с уравнениями. Если уравнения имеют одинаковую форму, в ряде случаев к успешному результату приводит деление одного уравнения на другое.

Раздел 4. Электростатика

В варианте могут быть задания из четвертого раздела. Они связаны с пониманием взаимодействия заряженных тел, законом Кулона, характеристиками электростатического поля: напряженностью и потенциалом, и связью между ними, принципом суперпозиции полей, теоретическими материалами, связанными с плоскими конденсаторами, а также их последовательном и параллельном соединении.

Пример задания:

На поверхности тонкостенной металлической полусферы радиуса R равномерно распределен заряд q. Найти величину потенциала электрического поля в центре заряженной полусферы, если она располагается в вакууме.

Дано:	***Возможное решение***
R q $\varepsilon = 1$	Разобьем площадь полусферы на элементарные площадки и выделим из них ΔS_i (см. рис. 3). Эта площадка имеет заряд $\Delta q_i = \sigma \cdot \Delta S$, где $\sigma = \frac{q}{S}$ – поверхностная площадь заряда, S –
φ_0 - ?	площадь полусферы. Воспользуемся формулой для определения

потенциала, созданного зарядом Δq_i в центре полусферы: $\Delta\varphi_i = k \cdot \frac{\Delta q_i}{r_i}$ или

$\Delta\varphi_i = \frac{kq\Delta S_i}{SR}$ (с учетом того, что $r_i = R$).

На основании принципа суперпозиции для электростатических полей получаем:

$$\varphi_0 = \sum_{i=1}^{N} \Delta\varphi_i = \sum_{i=1}^{N} \frac{kq\Delta S_i}{SR}.$$

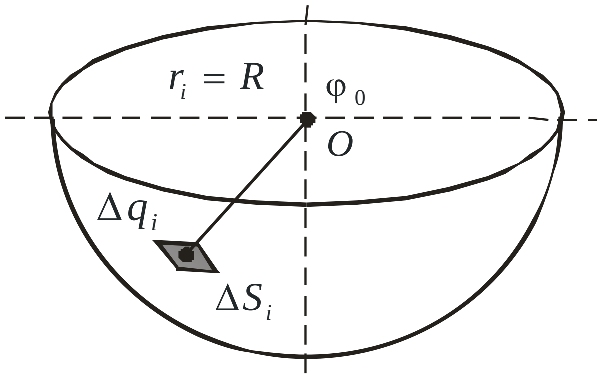

Рис. 3

После вынесения постоянных величин за знак суммы будем иметь

$\varphi_0 = \frac{kq}{SR\sum_{i=1}^{N} \Delta S_i}$. Сумма элементарных площадок равна площади полусферы.

Окончательно находим $\varphi_0 = \frac{kqS}{SR} = \frac{kq}{R}$ или $\varphi_0 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$, где q – заряд полусферы.

Ответ: $\varphi_0 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$.

В данной задаче надо знать формулы для поверхностной плотности заряда, потенциала сферы, принципа суперпозиции полей. Кроме того, в приведенном решении неявно производится интегрирование (находится

сумма малых площадок). Но оно следует из логики задачи и осуществляется без формул математического анализа.

Раздел 5. Законы постоянного тока

Если в варианте содержатся задания 5-го раздела, для их решения необходимо знать и уметь пользоваться законами Ома и Джоуля-Ленца (для участка цепи, не содержащей ЭДС и для полной цепи). Кроме того, необходимо уметь рассчитывать сложные электрические цепи, содержащие участки последовательно и параллельно соединенных сопротивлений, рассчитывать работу и мощность тока.

При решении заданий по этой теме необходимо помнить, что при зарядке аккумулятора ток I течет вспять, от его «–» полюса к «+». Поэтому зарядное напряжение превышает ЭДС на величину Ir, где r – внутреннее сопротивление источника; для нахождения работы тока следует исходить из формулы $A = IUt$, а для определения джоулевой теплоты $Q = I^2Rt$. Равны друг другу эти величины только для однородного участка, на котором не происходит преобразования механической или иной энергии в электрическую (источник тока), или наоборот (электродвигатель).

Пример задания:

Найти сопротивление цепи, изображенной на рис. 4, а если все сопротивления резисторов одинаковы и равны *1 Ом*. Сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь.

Дано:

$R_i = 1 Ом$

$= 1 \div 10$

$R_0 - ?$

Возможное решение

Преобразуем объемную схему в плоскую. Для этого объединим попарно точки A и A', B и B', C и C', D и D'. Для этого верхнюю плоскость куба опустим на нижнюю, т.к. сопротивление соединительных проводов равно нулю. После преобразования плоская схема будет иметь вид, показанный на рис. 4, б. Из симметрии ветвей цепи видно, что т очки B и D имеют равные потенциалы.

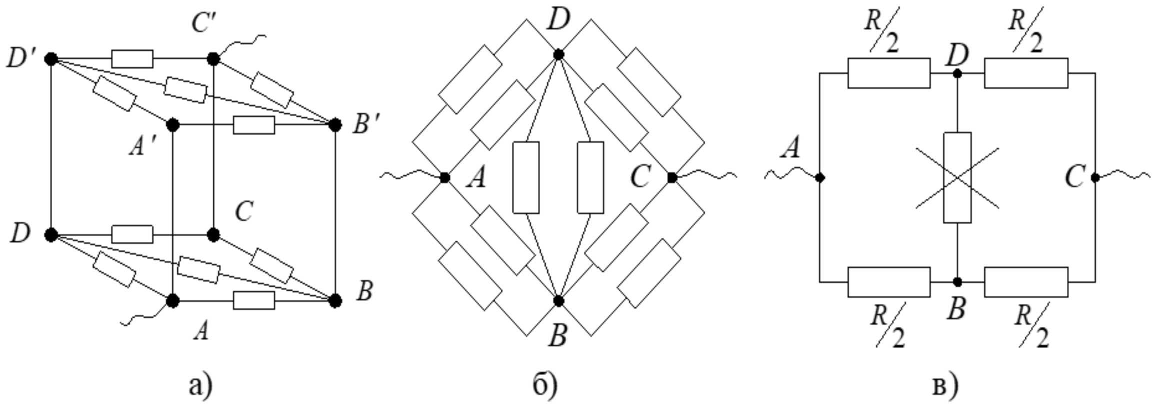

Рис. 4

Любой резистор, находящийся между точками с равными потенциалами, можно исключить из цепи, т.к. ток по нему не течет и резистор «пассивен». После этого получаем эквивалентную схему (рис. 4, в). Используя формулы для расчета общего сопротивления при последовательном и параллельном соединении резисторов, окончательно получим $R_0 = \frac{R}{2}$; $R_0 = 0{,}5\,Ом.$.

Ответ: $R_0 = 0{,}5\,Ом.$

В рассмотренной задаче важно уметь видеть симметрию схемы. Кроме того, необходимо замещать пространственную схему плоской. Понимание того, как распределяются потенциалы в цепи, и как это распределение влияет на токи в ветвях, позволяет прийти к успешному результату в решении.

Раздел 6. Электродинамика

Шестой раздел содержит задания, предполагающие знания следующих тем: магнитное поле и его характеристика – индукция магнитного поля, принцип суперпозиции полей, сила, действующая на проводник с током в магнитном поле – сила Ампера, сила, действующая на заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле – силу Лоренца, явления электромагнитной индукции, движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.

Пример задания:

Два одинаковых круговых проводника с токами расположены в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях так, что центры этих витков совпадают. Индукция в центре одного кругового тока равна $10 мТл$. Найти индукцию магнитного поля в центре этих витков.

Дано:	***СИ:***
$B_1 = B_2 = 10 Тл$ $I_1 = I_2$	$10^{-2} Тл$
$B_0 - ?$	

Возможное решение

Нарисуем чертеж и, используя правило буравчика, найдем направления векторов $\vec{B}_1$ и $\vec{B}_2$ в центре витков (см. рис. 5).

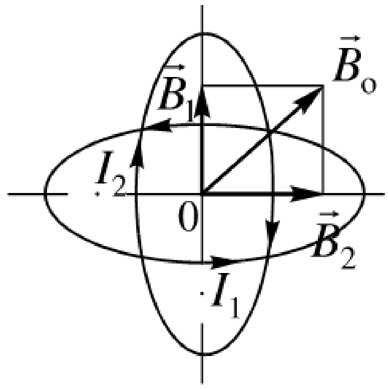

Рис. 5

Воспользуемся принципом суперпозиции для магнитных полей: $\vec{B}_0 = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$. Так как векторы $\vec{B}_1$ и $\vec{B}_2$ взаимно перпендикулярны, то модуль $\vec{B}_0$ равен $\vec{B}_0 = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = B_{1,2}\sqrt{2}$; $B_0 = 10^{-2} \cdot \sqrt{2} = 1{,}41 \cdot 10^{-2} Тл$.

Ответ: $B_0 = 1{,}41 \cdot 10^{-2} Тл$

В данной задаче необходимо знать правило правого винта («буравчика»), а также принцип суперпозиции.

Раздел 7. Геометрическая оптика

Если вариант содержит задания этого раздела, для их выполнения необходимо знать основные положения геометрической оптики, уметь строить изображения в тонких линзах, знать основные виды и характеристики тонких линз, уметь пользоваться формулой тонких линз в расчетах.

Пример задания:

При наблюдении поверхности воды по вертикали сверху вниз кажущаяся глубина водоема *3 м*. Определить истинную глубину водоема. Показатель преломления воды *1,33*.

Возможное решение

Дано:
$h = 3м$
$n = 1{,}33$
h_0-?

Построим ход лучей, вышедших из точки S на дне водоема и попавших в глаз наблюдателю (рис. 6). Так как наблюдение ведется по вертикали, один из лучей SA направим перпендикулярно поверхности воды, другой SB под малым углом α к поверхности.

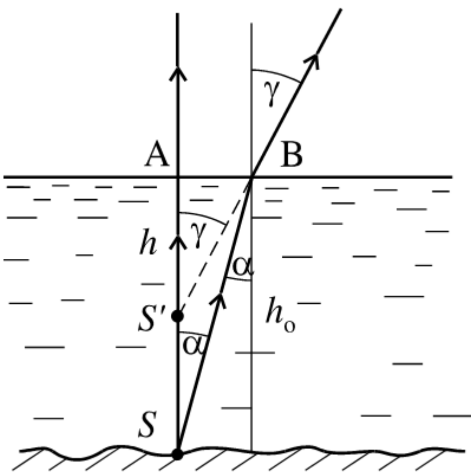

Рис. 6

После преломления на поверхности воды лучи идут расходящимся пучком. Вершина этого пучка представляет собой мнимое изображение S' точки S. По закону преломления света $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{1}{n}$, где n – показатель преломления воды; показатель преломления воздуха равен единице. Так как углы малы, то отношение синусов углов можно заменить отношением тангенсов углов: $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} \approx \frac{tg\alpha}{tg\gamma} = \frac{1}{n}$ (1). Из треугольника SAB следует, что $AB = h_0 \cdot tg\alpha$; из треугольника $S'AB$ имеем $AB = h \cdot tg\gamma$. Таким образом, получаем равенство $h_0 \cdot tg\alpha = h \cdot tg\gamma$, откуда $h_0 = h\left(\frac{tg\gamma}{tg\alpha}\right)$ (2). С учетом (1) и (2) окончательно для истинной глубины водоема получим $h_0 = n \cdot h$; $h_0 = 1{,}33 \cdot 3м \approx 4м$.

Ответ: $h_0 = 4м$.

В приведенной задаче нужно знать закон преломления света, а также геометрические соотношения. В ряде задач достаточно использовать признаки подобия треугольников. В заданиях, где рассматривается преломление в линзах, нужно уметь строить получающиеся изображения в собирающих и рассеивающих линзах.

Литература для подготовки

1. А.С. Кондратьев, Е.И. Бутиков, А.А. Быков. «Физика в примерах и задачах». М.: «Наука»: Главн. ред. физ.-мат. литературы, 1989
2. «Задачи по физике: Учеб. пособие / И. И. Воробьев, П. И. Зубков, Г. А. Кутузова и др.; под ред. О. Я. Савченко. 3-е изд., испр. и доп. — Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2008.
3. Задачи Московских городских олимпиад по физике. 1986-2005 С.Д. Варламов, В.И. Зинковский, М.В. Семенов, Ю.В. Старокуров, О.Ю. Шведов, А.А. Якута. М.: МЦНМО, 2007. 696 с.

Информационные ресурсы:

1. https://mathus.ru/phys/
2. https://skysmart.ru/articles/physics