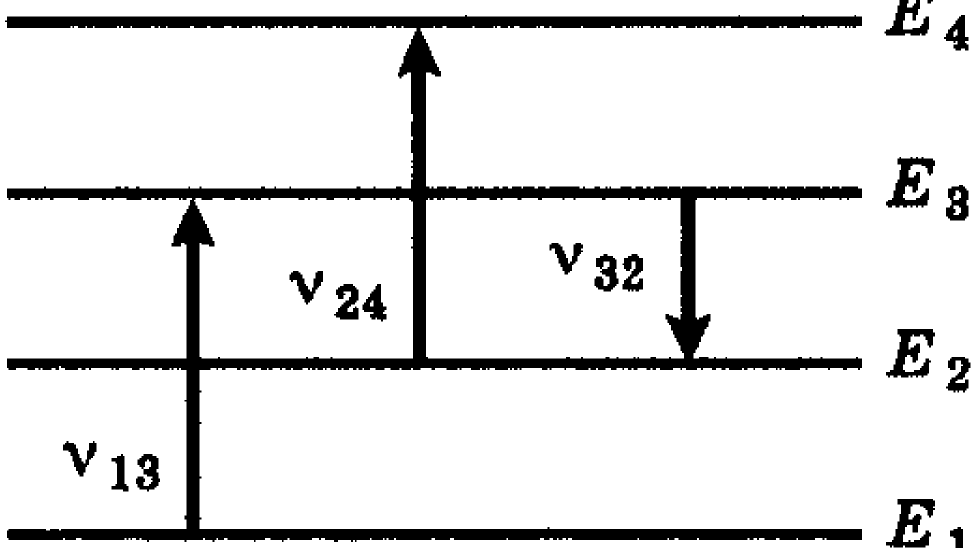
Решение типовых тестовых заданий ЕГЭ №32

Мальгина Галина Васильевна,

учитель физики МБОУ СОШ №13

На рисунке представлена схема энергетических уровней электронной оболочки атома и указаны частоты фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах между этими уровнями. Какова минимальная длина волны фотонов, излучаемых атомом при любых возможных переходах между уровнями E_1, E_2, E_3 и E_4, если $\nu_{13} = 7 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{24} = 5 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{32} = 3 \cdot 10^{14}$ Гц?



Дано:

$\nu_{13} = 7*10^{14}\,Гц$

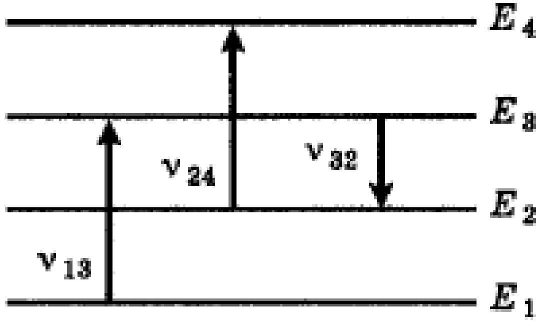
$\nu_{24} = 5*10^{14}\,Гц$

$\nu_{32} = 3*10^{14}\,Гц$

Найти:

$\lambda_{мин}$

Решение:



Минимальная длина волны соответствует максимальной частоте. Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней. Поэтому $\nu_{мах}$ **соответствует** ν_{41}**.**

$$\nu_{41} = \nu_{13} + \nu_{24} - \nu_{32}$$

Длина волны

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Значит,

$$\lambda_{мин} = \frac{c}{\nu_{41}} = \frac{c}{\nu_{13} + \nu_{24} - \nu_{32}}$$

$$\lambda_{мин} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}}{7 \cdot 10^{14}\,Гц + 5 \cdot 10^{14}\,Гц - 3 \cdot 10^{14}\,Гц} =$$

$$\frac{3 \cdot 10^8}{10^{14}(7 + 5 - 3)} = \frac{3 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^{14}} = 3{,}3 \cdot 10^{-7}\,м$$

Ответ: $330\,нм$

Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ эВ, где $n = 1, 2, 3, \ldots$. При переходе атома из состояния E_3 в состояние E_1 атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода, $\nu_{кр} = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. Чему равен максимально возможный импульс фотоэлектрона?

Дано

$$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}\,эВ$$

$$\nu_{кр} = 6\cdot 10^{14}\,Гц$$

Найти

$p_{макс}$

Решение

По второму постулату Бора энергия фотона

$h\nu = E_2 - E_1$ (1)

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_{вых} + E_к$$

$h\nu = h\nu_{кр} + \frac{m\upsilon^2_{макс}}{2}$ (2)

Приравнивая правые части формул (1) и (2), получим

$$E_2 - E_1 = h\nu_{кр} + \frac{m\upsilon^2_{макс}}{2}$$

$$\frac{m\upsilon^2_{макс}}{2} = (E_2 - E_1) - h\nu_{кр}$$

$$\upsilon_{макс} = \sqrt{\frac{2\left[(E_2 - E_1) - h\nu_{кр}\right]}{m}}$$

$$p = m\upsilon$$

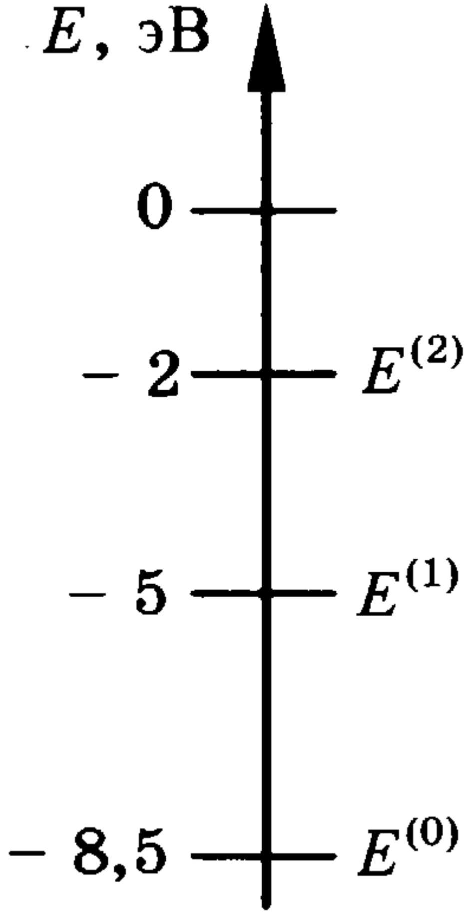
$$\upsilon_{макс} = 9{,}1\cdot 10^{-31}кг\sqrt{\frac{2\left[(-\frac{13{,}6}{4}+\frac{13{,}6}{1})\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\,Дж - 6{,}6\cdot 10^{-34}\,Дж\cdot с\cdot 6\cdot 10^{14}\,Гц\right]}{9{,}1\cdot 10^{-31}кг}} =$$

$$= 9{,}1\cdot 10^{-31}\sqrt{\frac{2\left[16{,}32\cdot 10^{-19} - 39{,}6\cdot 10^{-20}\right]}{9{,}1\cdot 10^{-31}}} = 9{,}1\cdot 10^{-31}\sqrt{\frac{2\left[16{,}32\cdot 10^{-19} - 3{,}96\cdot 10^{-19}\right]}{9{,}1\cdot 10^{-31}}} =$$

$$= 9{,}1\cdot 10^{-31}\sqrt{\frac{24{,}72\cdot 10^{-19}}{9{,}1\cdot 10^{-31}}} \approx 1{,}5\cdot 10^{-25}\,\frac{кг\cdot м}{с}$$

Ответ: $1{,}5\cdot 10^{-25}\,\frac{кг\cdot м}{с}$

Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон в результате столкновения с одним из таких атомов приобрел некоторую дополнительную энергию. Импульс электрона после столкновения с покоящимся атомом оказался равным $p_1 = 1{,}2 \cdot 10^{-24}$ кг · м/с. Определите кинетическую энергию E_0 электрона до столкновения. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь.



Дано

$$p_1 = 1{,}2 \cdot 10^{-24}\ \frac{кг \cdot м}{с}$$

$$E^{(0)} = -8{,}5 эВ$$

$$E^{(1)} = -5 эВ$$

Найти

$$E_0$$

Решение

Запишем закон сохранения энергии

$$E_0 + E^{(1)} = E^{(0)} + E_к \quad (1)$$

Кинетическая энергия электрона после столкновения

$$E_к = \frac{m\upsilon^2}{2} \quad (2)$$

v- скорость электрона

Импульс электрона после столкновения

$$p_1 = m\upsilon$$

$$\upsilon = \frac{p_1}{m} \quad (3)$$

Подставим (3) в (2)

$$E_к = \frac{m}{2} \cdot \frac{p_1^2}{m^2} = \frac{p_1^2}{2m} \quad (4)$$

Объединяя(1) и (4) , получим:

$$E_0 = E^{(0)} - E^{(1)} + E_к = E^{(0)} - E^{(1)} + \frac{p_1^2}{2m}$$

Подставим числовые значения

$$E_0 = -8{,}5 \cdot 10^{-19}\,Дж + 5 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,Дж + \frac{\left(1{,}2 \cdot 10^{-24}\ \frac{кг \cdot м}{с}\right)^2}{2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} кг} =$$

$$1{,}6 \cdot 10^{-19}(-8.5 + 5) + \frac{1{,}44 \cdot 10^{-48}}{18{,}2 \cdot 10^{-31}} = -5{,}6 \cdot 10^{-19} + 0.079 \cdot 10^{-17} =$$

$$-5.6 \cdot 10^{-19} + 7{,}9 \cdot 10^{-19} = 2{,}3 \cdot 10^{-19}\,Дж$$

Ответ : $2{,}3 \cdot 10^{-19}\,Дж$

Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле, испытывает α-распад. При этом рождаются α-частица и тяжелый ион нового элемента. Выделившаяся при α-распаде энергия ΔE целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек α-частицы находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть трека напоминает дугу окружности радиусом r. Масса α-частицы равна m_α, ее заряд равен 2e, масса тяжелого иона равна M. Определите значение модуля индукции B магнитного поля.

Дано:
r
ΔE
q=2e
M
m_α

Найти: B

Запишем законы сохранения энергии и импульса для α-распада ядра покоящегося нейтрального атома:

$$\Delta E = \frac{m_\alpha v^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} \quad (1)$$

$$0 = m_\alpha v + Mu \quad (2)$$

В этом случае v – скорость альфа-частицы, u – скорость тяжелого иона.

По второму закону Ньютона движение альфа-частицы в магнитном поле:

$$F_л = m_\alpha a \quad (3) \qquad a = \frac{v^2}{r} \quad (4) \qquad F_л = qvB = 2|evB| \quad (5)$$

(4),(5) $\rightarrow$ (3)

$$m_\alpha \frac{v^2}{r} = 2|evB| \Rightarrow \quad (6) \qquad v = \frac{2|eBr|}{m_\alpha} \quad (6)'$$

Скорость тяжелого иона

$$u = -\frac{m_\alpha v}{M} \quad (2)'$$

(6)' $\rightarrow$ (2)'

$$u = -\frac{m_\alpha 2|eBr|}{M \cdot m_\alpha} = -\frac{2|eBr|}{M} \quad (7)$$

(7),(6)’ $\rightarrow$ (1)

Путем преобразований и выражения B, получаем:

$$\Delta E = \frac{m_\alpha}{2}\frac{4e^2B^2r^2}{m_\alpha^2} + \frac{M}{2}\frac{4e^2B^2r^2}{M^2} = \frac{4e^2B^2r^2}{2m_\alpha} + \frac{4e^2B^2r^2}{2M} =$$

$$\frac{4e^2B^2r^2}{2m_\alpha}\left(1+\frac{m_\alpha}{M}\right)$$

$$B = \frac{1}{2er}\sqrt{\frac{2\Delta E m_\alpha}{1+\frac{m_\alpha}{M}}}$$

Ответ: $B = \frac{1}{2er} * \sqrt{\frac{2m_\alpha \Delta E}{1+\frac{m_\alpha}{M}}}$

В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью $C = 8000$ пФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд $q = 11 \cdot 10^{-9}$ Кл. Работа выхода электронов из кальция $A = 4{,}42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите длину волны λ света, освещающего катод.

Дано:

C=$8\cdot10^{-9}$ Ф

q=$11\cdot10^{-9}$ Кл

A=$4{,}42\cdot10^{-19}$Дж

Найти λ

Решение:

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, где ν– частота света, освещающего катод, $E_к$ -максимальная кинетическая электрона:

$$h\nu = A + E_к,$$

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{m v^2}{2} \ (1) \quad \nu = \frac{c}{\lambda}, \quad E_к = \frac{m\upsilon^2}{2}$$

Запишем выражение для запирающего напряжения – условие равенства max кинетической энергии электрона и потенциальной энергии электрона в электростатическом поле:

$$\frac{m v^2}{2} = eU \ (2)$$

Запишем уравнение, связывающее разность потенциалов с зарядом на конденсаторе:

q=CU

Выразим напряжение и подставим в формулу

максимальной кинетической энергии(2):

$$U = \frac{q}{C}$$

$$\frac{m\upsilon^2}{2} = \frac{eq}{C} \, (3)$$

Подставим (3) в (1) , выразим искомую величину

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{eq}{C} \Rightarrow \quad \lambda = \frac{hc}{A + \frac{eq}{C}}$$

Подставим значения констант и параметров:

$$\lambda = \frac{6{,}6 \cdot 10^{-34} \, Дж \cdot с \cdot 3 \cdot 10^{8} \, \frac{м}{с}}{4{,}42 \cdot 10^{-19} \, Дж + \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \, Кл \cdot 11 \cdot 10^{-9} \, Кл}{8 \cdot 10^{-9} \, Ф}} = \frac{19{,}8 \cdot 10^{-26}}{4{,}42 \cdot 10^{-19} + 2{,}2 \cdot 10^{-19}} = \approx 3 \cdot 10^{-7} \, м$$

Ответ: 300 нм

Радиоактивный препарат помещен в медный контейнер массой 0,5 кг. За 2 ч температура контейнера повысилась на 5,2 К. Известно, что данный препарат испускает α-частицы энергией 5,3 МэВ, причем энергия всех α-частиц полностью переходит во внутреннюю энергию. Определите активность препарата A, т.е. количество α-частиц, рождающихся в нем за 1 с. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Дано	СИ	Решение
$m = 0.5$ кг		Активность – количество частиц, испускаемых препаратом в единицу времени, т.е.
$t = 2$ ч	7200с	
$\Delta T = 5.2\ K$		
$E_0 = 5.3$ МэВ		
$c = 380\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$		
Найти: A		

$A = \frac{N}{t}$ (1), где N – количество частиц

Запишем уравнение теплового баланса:

E=Q (2), где Q – количество теплоты, полученное контейнером 2 часа, E – энергия всех частиц, испускаемых препаратом за 2 часа .

Распишем каждую величину:

$E=E_0N$(3)

$Q=cm\Delta T$ (4)

(3), (4) → (2)

$E_0N= cm\Delta T$ (5)

Выразим N из уравнения (5)

$N= \frac{cm\Delta T}{E_0}$ (6)

(6)→(1)

$A = \frac{cm\Delta T}{E_0 t}$ (7)

Подставим в формулу (7) числовые данные

$$A = \frac{0.5\ \text{кг} * 380\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} * 5.2\ \text{К}}{5.3\ * 10^6\ * 1.6 * 10^{-19}\text{Дж} * 7200\text{с}} \approx 1.7 * 10^{11}\text{с}^{-1}$$

На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положений линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получилось изображение с трехкратным увеличением. На сколько пришлось передвинуть предмет относительно его первоначального положения?

Дано:

$\Gamma_1 = 5$

$\Delta f = 0.3$ м

$\Gamma_2 = 3$

Найти: Δd

Решение:

Запишем формулу тонкой линзы для первого случая:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1}$ (1) , где F – фокусное расстояние линзы, f_1- расстояние от линзы до изображения, d_1- расстояние от предмета до линзы.

Запишем формулу увеличения линзы для первого случая:

$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1}$ *(2)*

Запишем формулу тонкой собирающей линзы для второго случая:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2}$ *(3)*

Формула увеличения линзы для второго случая: $\Gamma_2 = \frac{f_2}{d_2}$ *(4)*

По условию задачи нам известно, что $\Delta f = |f_2 - f_1|$ *(5)* $\Delta d = |d_2 - d_1|$*(6)*

Приравняем правые части уравнений (1) и (3)

$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2}$ *(7)*

Приведем к общему знаменателю каждую из частей уравнения (7) $\frac{d_1+f_1}{d_1 f_1} = \frac{d_2+f_2}{d_2 f_2}$ *(8)*

Выразим из формул (2) и (4) f через d $f_1 = 5d_1$ *(9)* $f_2 = 3d_2$*(10)*

Подставим (9) и (10) в (8) $\frac{6d_1}{5d_1^2} = \frac{4d_2}{3d_2^2}$ *(11)*

Сократим и получим

$\frac{3}{5d_1} = \frac{2}{3d_2}$ *(12)*

Перевернем дробь $\frac{5d_1}{3} = \frac{3d_2}{2}$ *(13)*

Выразим из равенства (13) d_1 *через* d_2*:* $d_1 = 0{,}9 d_2$ *(14)*

Подставим (14) в (9): $f_1 = 4{,}5 d_2$ *(15)*

Подставим (15) и (10) в (5), получим 0,3м=$1{,}5d_2$ *(16). Тогда* d_2=0,2м

Следовательно, подставив значение d_2 *в уравнение (14), найдем* d_1*:* $d_1 = 0{,}18$м

Теперь подставим все d_1 *и* d_2 *в (6) и высчитаем искомую величину:* $\Delta d = |0.18\text{м} - 0.2\text{м}| = 0.02\text{м} = 2\text{см}$

Ответ: 2 см

В идеальном колебательном контуре амплитуда силы тока в катушке индуктивности $I_m = 5$ мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе $U_m = 2,0$ В. В момент времени t сила тока в катушке $I = 3$ мА. Определите напряжение на конденсаторе в этот момент.

Дано

$I_m = 5мA$

$I = 3мA$

$U_m = 2,0B$

Найти

U

Решение

Закон сохранения энергии для момента времени t

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2}$$

$$U^2 + \frac{LI^2}{C} = U_m^2$$

Выразим напряжение

$$U^2 = U_m^2 - \frac{LI^2}{C}(1)$$

Закон сохранения энергии для максимальных значений энергии $\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$

Выразим отношение $\frac{L}{C} = \frac{U_m^2}{I_m^2}$

Подставим полученные данные в формулу(1), выносим за скобки U_m^2

$$U^2 = U_m^2 (1 - \frac{I^2}{I_m^2});$$

$$U = U_m \sqrt{1 - \frac{I^2}{I_m^2}};$$

$$U = 2В\sqrt{1 - \frac{9*10^{-6}А^2}{25*10^{-6}А^2}} = 2*\frac{4}{5} = 1.6 \text{ В}$$

Ответ: $U = 1.6B$

Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0{,}1$ м^2, ограниченная проводящим контуром, сопротивление которого $R = 5$ Ом, находится в однородном магнитном поле. Какой заряд протечет по контуру за большой промежуток времени, пока проекция магнитной индукции на вертикаль равномерно меняется с $B_{1z} = 2$ Тл до $B_{2z} = -2$ Тл ?

Дано

$S = 0.1\text{м}^2$

$R = 0.5\text{Ом}$

B_{1z}=2Тл

$B_{2z} = -2\text{Тл}$

Найти:

Δq

Решение

По закону электромагнитной индукции Фарадея

$\varepsilon = |\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|$=$\left|\frac{\Delta B_z}{\Delta t}\right| S$

Сила тока по определению

$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$;

Выразим $\Delta q = I\Delta t$

По закону Ома для замкнутой цепи $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{|\Delta B_z|}{\Delta t}\frac{S}{R}$

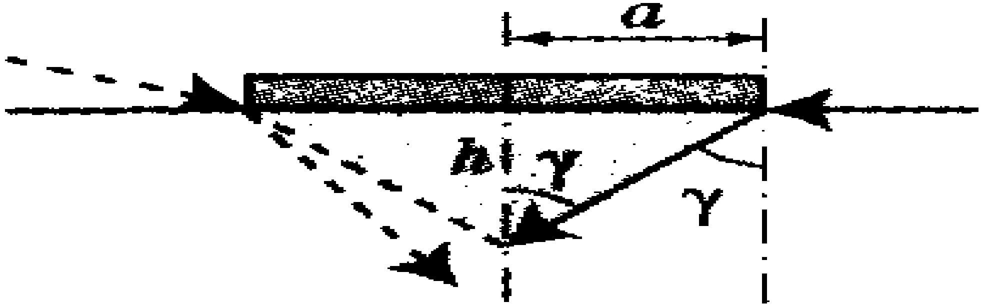
$\Delta q = I\Delta t = \frac{S}{R}|B_{2z} - B_{1z}|$;

$\Delta q = \frac{0.1\ м^2}{0.5\text{Ом}}|-2\text{Тл} - 2\text{Тл}|$=$\frac{0.1}{0.5} * 4$=0,08 Кл.

На поверхности воды плавает надувной плот шириной 4 м и длиной 6 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. Определите глубину тени под плотом. Глубиной погружения плота и рассеиванием света водой пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $\frac{4}{3}$.

Дано:
$c = 4м$
$b = 6м$
$n = \frac{4}{3}$
Найти:
h

Решение:



Область тени – это пирамида, боковые грани которой очерчивают те лучи света, которые до преломления у краев плота распространялись вдоль поверхности воды.
Вычислим синус угла γ через закон преломления света:

$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n$, следовательно

$\sin\gamma = \frac{\sin\alpha}{n}$, где $\alpha = 90^0$, значит $\sin\gamma = \frac{1}{n} = \frac{3}{4}$

Найдем гипотенузу треугольника образованного катетами h (глубина тени) и a из определения синуса:

$l = \frac{a}{\sin\gamma}$, где l - гипотенуза, a - полуширина плота. Вычислим значение гипотенузы:

$$l = \frac{4*4}{2*3} = \frac{8}{3}м$$

Найдем h по теореме Пифагора для того же треугольника:

$h = \sqrt{l^2 - a^2}$, вычислим:

$$h = \sqrt{\frac{64}{9} - 4} = \sqrt{\frac{64-36}{9}} = \frac{\sqrt{28}}{3} = 1{,}76м$$