Физика, 9 класс, муниципальный этап

Возможные решения задач

<u>Задача № 1</u>. «Зеркало» (10 баллов)

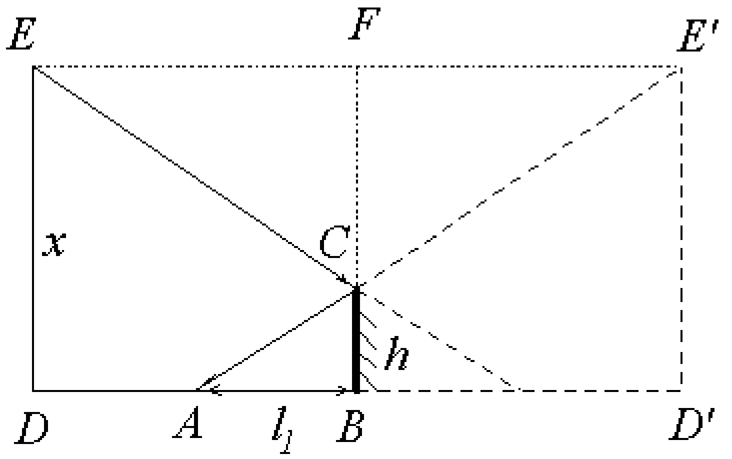
На стене висит плоское зеркало высотой *h*. Человек стоит на расстоянии $l_1 = 2\,м$ от зеркала. Противоположная стена находится на расстоянии $l_2 = 4\,м$ от зеркала. Человек, не меняя положения головы, видит участок противоположной стены комнаты, высота которого равна $l_3 = 3\,м$. Определить минимальную высоту зеркала *h*?

Возможное решение:

Пусть наш глаз расположен в точке *A*.
BC – зеркало, расположенное вертикально на стене.

Расстояние $BD' = BD = l_2$ *(2 балла)*

Высота зеркала $BC = h$. Тогда в глаз могут попасть после отражения в зеркале BC лучи, исходящие из всех точек участка стены *DE*. Отражение этого участка в плоском зеркале *BC* есть $D'E'$.



(4 балла)

Следуя правилам зеркального отражения можно записать $DE = D'E'$.
Рассмотрим треугольник ΔABC и треугольник $\Delta AE'D'$.
Эти треугольники прямоугольные, исходя из закона зеркального отражения. Тогда мы можем записать соотношения для катетов

$$\frac{AB}{AD'} = \frac{BC}{D'E'},$$ *(3 балла)*

отсюда

$$BC = \frac{AB \cdot D'E'}{AD'} = \frac{l_1 l_3}{l_1 + l_2} = 1\ (м)$$ *(1 балл)*

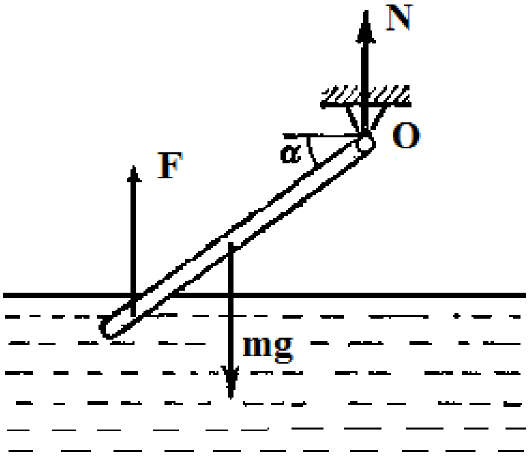
<u>Ответ:</u> $h = 1\,м$.

<u>Задача № 2.</u> «Палочка на шарнире» (10 баллов)

Однородная тонкая палочка шарнирно закреплена за верхний конец, ее нижняя часть опущена в воду. Палочка находится в равновесии, когда в воду погружена четверть ее длины. Найти плотность материала палочки, если плотность воды $\rho_в = 10^3$ *кг/м*^{3} .

Возможное решение:

На палочку, частично погруженную в воду, действуют: *mg* – сила тяжести, *F* – выталкивающая сила воды, *N* – сила нормальной реакции шарнира (см. рисунок).



Пусть *L* – длина всей палочки, *S* – сечение палочки, а $l = L/4$ – длина палочки, которая погружена в воду.

Применяя к палочке условие равновесия относительно оси вращения, проходящей через точку *O* перпендикулярно плоскости рисунка, должны потребовать равенства нулю суммы трех сил:

силы тяжести *mg*;

выталкивающей силы Архимеда $F = \rho_в gLS/4$,

N – реакции шарнира,

приложенных к палочке (см. рис.), и равенства нулю моментов этих сил относительно точки *O*.

(4 балла)

$$F + N - mg = 0 \qquad (1)$$

$$M_1 - M_2 = 0. \qquad (2)$$

Здесь

$M_1 = Fl_l$ и $M_2 = mgl_2$ – моменты сил *F* и *mg* относительно точки *O*,

$l_l = (L - l/2)\cos\alpha$ и $l_2 = L/2 \cos\alpha$ – плечи сил *F* и *mg*.

Подставляя выражения для M_1 и M_2 в уравнение (2), получим

$$F(L - l/2)\cos\alpha - mg\, L/2 \cos\alpha = 0. \qquad (3) \qquad \textit{(4 балла)}$$

Учитывая, что $F = \rho_в gSl = \rho_в gLS/4$ и $mg = \rho gSL$, запишем уравнение (3) в виде

$$\rho_в gS(L - l/2) - \rho gSL = 0 \qquad (4)$$

откуда получаем выражение для плотности материала палочки

$$\rho = \rho_в(L - l/2)/L = 7/16\, \rho_в = 437{,}5 \text{ кг/м}^3. \qquad (5) \qquad \textit{(2 балла)}$$

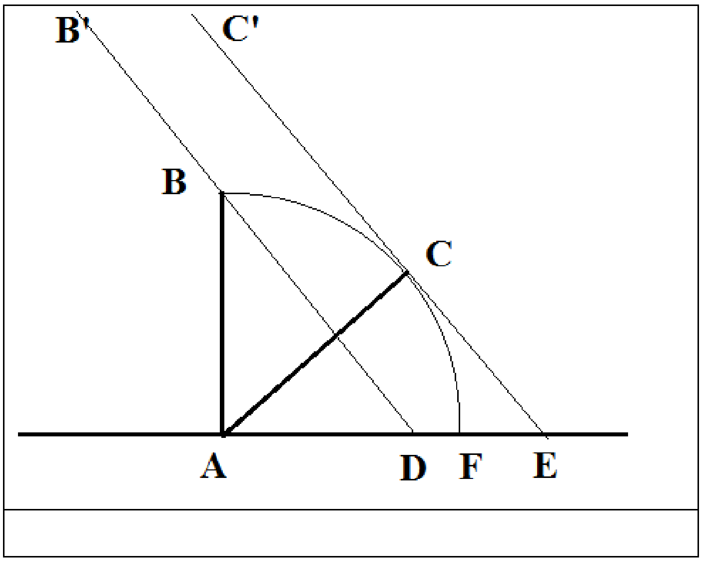
<u>Ответ:</u> $\rho = 437{,}5$ *кг/м*^{3}.

Задача № 3. «Тень столба» (10 баллов)

Столб, стоящий вертикально на горизонтальной площадке, освещаемый солнечным светом, имеет высоту $h = 9$ *м* и отбрасывает тень длиной $L = 12$ *м*. Столб начинает медленно падать в сторону отбрасываемой им тени так, что его нижний конец не сдвигается с места. Длина тени при этом до определенного момента увеличивается, а потом начинает уменьшаться. Чему равна максимальная длина тени от столба?

Возможное решение:

Большая удаленность источника света (Солнца) определяет параллельность солнечного излучения: лучи *B'BD* и *C'CE* параллельны друг другу (смотри рисунок). *(2 балла)*



В соответствии с условием задачи вершина столба *B* при медленном падении описывает дугу окружности *BCF* с радиусом, равным высоте столба *AB*. Тень от столба определяется параллельными лучами, которые располагаются между лучами *B'BD* и *C'CE*. При этом край тени от падающего столба находится в интервале *DE*. *(3 балла)*

Поскольку луч *C'CE* является касательной к дуге окружности *BCF*, то радиус *AC* перпендикулярен *C'CE*. В силу этих обстоятельств, треугольник ΔDBA равен треугольнику Δ*EAC*. *(3 балла)*

Исходя из равенства треугольников, максимальная длина тени от падающего столба соответствует длине отрезка *AE*, который представляет собой гипотенузу Δ*EAC*. Таким образом, максимальная длина тени от падающего столба соответствует следующему выражению:

$$AE = \sqrt{(AC)^2 + (CE)^2} = 1{,}5(м).$$ *(2 балла)*

Ответ: 1,5 *м*.

Задача № 4. «Туристы в палатке» (10 баллов)

Палатка для туристов с полом из теплоизоляционного материала теряет в единицу времени количество теплоты, пропорциональное разности температур внутри и снаружи палатки. Установлено, что тренированный турист не замерзает в такой палатке при наружной температуре выше $t_1 = 12^\circ C$. Два таких туриста не замерзают при наружной температуре выше $t_2 = 4^\circ C$. При какой температуре воздуха туристы начинают использовать палатку? При каких температурах наружного воздуха три туриста не будут замерзать в такой палатке?

Возможное решение:

Тело каждого туриста ежесекундно выделяет одинаковое количество теплоты $Q_{изл}$ внутрь палатки. Известно, что палатка теряет ежесекундно $Q_{пот}$, которое определяется соотношением

$$Q_{пот} = (T_{пал} - T_{нар}) \cdot C, \qquad (1) \qquad \textit{(3 балла)}$$

где $T_{пал}$ – температура в палатке,
$T_{нар}$ – температура воздуха,
C – коэффициент пропорциональности.

Пусть температура T_0 – это температура воздуха, при которой турист не замерзает без палатки.

Тогда условием определения температуры $T_{1нар}$, при которой один турист, находясь в палатке, не замерзнет при температурах наружного воздуха $T \geq T_{1нар}$, является равенство излученного тепла телом туриста $Q_{изл}$ потерям тепла палаткой

$$Q_{пот} = (T_0 - T_{1нар}) \cdot C = Q_{изл}, \qquad (2) \qquad \textit{(1 балл)}$$

Аналогично уравнению (2) мы можем записать уравнение теплового баланса для двух туристов, находящихся в палатке при температуре наружного воздуха $T_{2нар.}$

$$Q_{пот} = (T_0 - T_{2нар}) \cdot C = 2Q_{изл} \qquad (3) \qquad \textit{(2 балла)}$$

Аналогично уравнению (2) и (3) мы можем записать уравнение теплового баланса для трех туристов, находящихся в палатке при температуре наружного воздуха $T_{3нар}$

$$Q_{пот} = (T_0 - T_{3нар}) \cdot C = 3Q_{изл} \qquad (4) \qquad \textit{(2 балла)}$$

Решая уравнения (2), (3), (4) определим значения T_0 и $T_{3нар}$:

$$T_0 = (2T_{1нар} - T_{2нар}) = 293\ K = 20^\circ C \qquad (5)$$

$$T_{3нар} = T_0 - 3(T_0 - T_{1нар}) = 269\ K = -4^\circ C \qquad (6) \qquad \textit{(2 балла)}$$

Задача № 5. «Поломка автомобиля» (10 баллов)

В полдень из пункта A в пункт B выехал автомобиль. Двигаясь с некоторой постоянной скоростью, он мог прибыть в пункт назначения через два часа. По дороге произошла поломка автомобиля. На ремонт автомобиля шофер использовал одну треть времени, ушедшего на перемещение автомобиля из пункта A к месту поломки. Чтобы вовремя прибыть в пункт назначения, шоферу автомобиля пришлось ехать со скоростью вдвое большей, чем планировалась. В какое время произошла поломка автомобиля?

Возможное решение:

Пусть автомобиль равномерно (с неизменной скоростью) со скоростью V_1 движется из пункта A в пункт B, при этом расстояние $AB = S$ преодолевает за время t_1.

Тогда справедливо соотношение:

$$S = V_1 t_1 . \qquad (1) \qquad \textit{(2 балла)}$$

До поломки автомобиля прошло время t_2, при этом автомобиль прошел путь S_1, который определяется соотношением

$$S_1 = V_1 t_2. \qquad (2) \qquad \textit{(2 балла)}$$

Оставшуюся часть пути S_2, которая определяется соотношением

$$S_2 = S - S_1 \qquad (3)$$

автомобиль должен пройти со скоростью $V_2 = 2V_1$ за время t_3, определяемое соотношением

$$t_3 = t_1 - 4\, t_2/3 \qquad (4) \qquad \textit{(3 балла)}$$

Используя соотношения (1 – 4) можно переписать соотношение (3) в следующем виде

$$S_2 + S_1 = S = V_1 t_2 + V_2 t_3 = V_1 t_2 + 2V_1 (t_1 - 4\, t_2/3) = V_1 t_1 \qquad (5) \qquad \textit{(1 балл)}$$

Решая уравнение (5) относительно неизвестного t_2 получим

$$t_2 = 6/5 \text{ (часа)}$$

Таким образом, поломка автомобиля произошла в 13 часов 12 минут. *(2 балла)*

Ответ: в 13 часов 12 минут.

Всего за все задания олимпиады – 50 баллов.