

**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД
ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ОЛИМПИАДЫ
ПО ФИЗИКЕ**

Задания заключительного этапа по физике включают по 5 задач для каждого класса. На его выполнение отводится 4 часа (**180 минут**). Внимательно прочтите задания. Постарайтесь взять задания в том порядке, в котором они даны. К пропущенному заданию можете вернуться после выполнения всей работы, если останется время. Разрешается пользоваться калькулятором.

Физические постоянные, которые могут быть востребованы при решении задач для 8-11 классов:

Ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Атмосферное давление $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Плотность алюминия $\rho_{\text{А}} = 2700 \text{ кг/м}^3$,

Теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

Теплоемкость льда $c_{\text{л}} = 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

Теплоемкость железа $c_{\text{ж}} = 460 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°С)}$.

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$.

Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}\cdot\text{м}^{-1}$, $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ (Н}\cdot\text{м}^2)/\text{Кл}^2$.

Гравитационная постоянная $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг}\cdot\text{с}^2)$.

Удачи!

8 класс (Вариант 1)

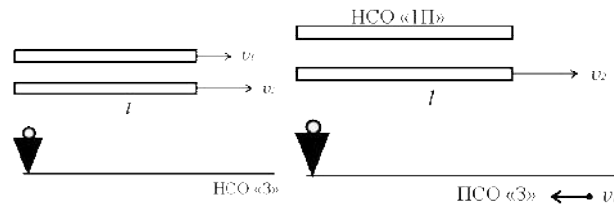
Задача 1. Три поезда

Пассажир поезда 1, движущегося равномерно со скоростью 54 км/ч, видит в течение 60 с товарный поезд (поезд 2) длиной 350 м, который движется по соседнему пути в том же направлении с большей скоростью. На каком расстоянии (в км) от станции экспресс (поезд 3), идущий со скоростью 30 м/с нагонит товарный поезд, если экспресс вышел от станции через 10 мин после отправления товарного поезда? (**10 баллов**)

$\vec{v}_a = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{суст}}$	2 балла
$v_a = v_{\text{отн}} - v_{\text{суст}} = v_2 - v_1$	2 балла
$l = v_a \cdot t = (v_2 - v_1) \cdot t \quad v_2 = v_1 + \frac{l}{t} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	2 балла
Учитывая разницу времен движения поездов, напишем уравнение перемещения каждого поезда. $S_T = v_T \cdot t \quad (1) \quad S_3 = v_3(t - \tau) \quad (2)$ $S_T = S_3 \quad v_T \cdot t = v_3(t - \tau) \quad t = \frac{v_3 \tau}{v_3 - v_T}$	2 балла
$t = 1800 \text{ с}, \quad l = 350 \text{ м}$	2 балла

Дано:
 $l = 300 \text{ м}$
 $v_1 = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $t = 60 \text{ сек}$
 $v_2 = ?$

Решение:



Пусть первый поезд будет неподвижной системой отсчета (НСО «1П»), Земля – подвижной системой отсчета (НСО «3»), тогда:

$$(1) \vec{v}_a = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{сист}; \quad (2) \quad v_a = v_{отн} - v_{сист} = v_2 - v_1$$

$$l = v_a \cdot t = (v_2 - v_1) \cdot t \quad v_2 = v_1 + \frac{l}{t} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Учитывая разницу времен движения поездов, напишем уравнение перемещения каждого поезда.

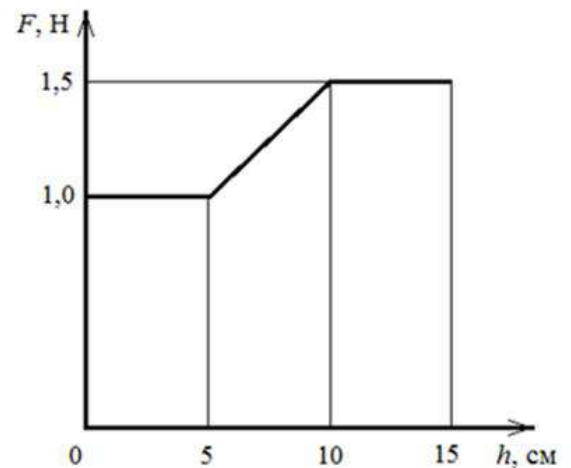
$$S_T = v_T \cdot t \quad (1) \quad S_3 = v_3(t - \tau) \quad (2)$$

$$S_T = S_3 \quad v_T \cdot t = v_3(t - \tau) \quad t = \frac{v_3 \tau}{v_3 - v_T}$$

$$t = 1800 \text{ сек} \quad l = v_T \cdot t = 36 \text{ км}$$

Задача 2. Цилиндр в воде

Подвешенный к динамометру цилиндрический груз плавно опускают в сосуд с водой, одновременно фиксируя зависимость показаний динамометра от расстояния до нижнего основания груза от дна сосуда. По результатам измерений построили график, представленный на рисунке. С помощью данного графика определите плотность материала груза и площадь его основания. Плотность воды 1000 кг/м^3 . (10 баллов)



определена масса 150 г	2 балла
$F_{\max} = 1,5 \text{ Н} - 1,0 \text{ Н} = 0,5 \text{ Н}$	2 балла
$V = \frac{F_{\max}}{\rho_{\text{воды}} g} = \frac{0,5 \text{ Н}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,00005 \text{ м}^3 = 50 \text{ см}^3$	2 балла
плотность материала груза: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{150 \text{ г}}{50 \text{ см}^3} = 3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 3000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	2 балла
$S = \frac{V}{h} = \frac{50 \text{ см}^3}{5 \text{ см}} = 10 \text{ см}^2$	2 балла

Решение: Из графика видно, что вес груза 1,5 Н, следовательно его масса 150 г. Легко определить, что при полном погружении груза на него со стороны воды действует максимальная выталкивающая сила

$F_{\max} = 1,5 \text{ Н} - 1,0 \text{ Н} = 0,5 \text{ Н}$,
а также высота цилиндра равна 5 см.

Далее по закону Архимеда вычисляем объём груза:

$$V = \frac{F_{\max}}{\rho_{\text{воды}} g} = \frac{0,5 \text{ Н}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,00005 \text{ м}^3 = 50 \text{ см}^3.$$

Тогда плотность материала груза:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{150 \text{ г}}{50 \text{ см}^3} = 3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 3000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

а площадь основания цилиндра:

$$S = \frac{V}{h} = \frac{50 \text{ см}^3}{5 \text{ см}} = 10 \text{ см}^2.$$

Задача 3. К чаепитию

Известно, что в электрическом чайнике типа «Тефаль» $V = 1,5 \text{ л}$ закипают через $\tau = 5$ минут. Оцените с какой скоростью будет выходить струя пара из отверстия носика чайника. Площадь отверстия $S = 5 \text{ см}^2$, плотность насыщенного водяного пара при температуре $t_{\text{кип}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ равна $\rho_{\text{н.п.}} = 0,59 \text{ кг/м}^3$. Удельная теплота парообразования воды $2,3 \text{ МДж/кг}$. (10 баллов)

Принята начальная температура воды $20 \text{ }^\circ\text{C}$.	1 балла
Найдено количество теплоты для кипения воды $Q = c\rho V(100 - 20)^\circ\text{C} = 504 \text{ кДж}$.	2 балла
Определена мощность чайника $N = \frac{Q}{\tau} = 1680 \text{ Вт}$.	2 балла
Выражена масса пара, образующегося за 1 секунду $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{N}{r} = \frac{\rho_{\text{н.п.}} S v \Delta t}{\Delta t}$.	3 балла
Получен ответ $v \approx 2,5 \text{ м/с}$.	2 балла

Решение: Примем начальную температуру воды равной комнатной температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Тогда для кипения воды необходимо количество теплоты $Q = c\rho V(100 - 20)^\circ\text{C} = 504 \text{ кДж}$. Мощность чайника примерно будет равна

$$N = \frac{Q}{\tau} = 1680 \text{ Вт}.$$

Массу пара, образующегося за 1 секунду, при кипении воды, выразим двумя способами:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{N}{r} = \frac{\rho_{\text{н.п.}} S v \Delta t}{\Delta t}.$$

Решая данное равенство, получаем ответ $v \approx 2,5 \text{ м/с}$.

Задача 4. Безмен

Эрчим в краеведческом музее увидел старинные весы-безмен (см. фото) и ознакомился с принципом действия безмена. Придя домой, он решил смоделировать весы-безмен при помощи ученической линейки длиной 40 см и гири массой 100 г. Для этого он уравновесил линейку с гирей на одном конце на карандаше, взятом в качестве опоры. Точка равновесия оказалась на расстоянии 2,6 см от конца линейки, где висела гиря.



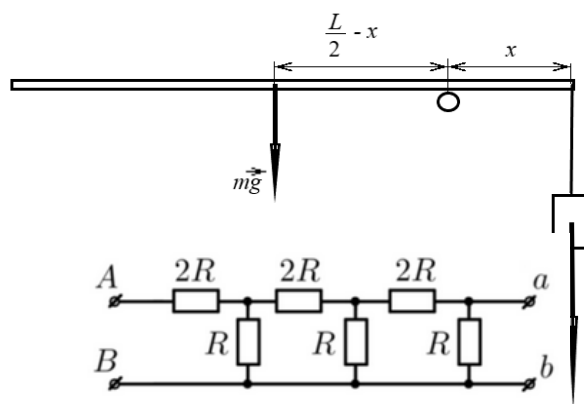
Затем Эрчим гирю заменил на кусочек пластилина и вновь уравновесил линейку. На этот раз точка равновесия оказалась на расстоянии 1 см от того же конца линейки. Далее Эрчим рассчитал массу пластилина. Какое значение массы линейки получил Эрчим? (10 баллов)

записано условие равновесия линейки с грузами $mg\left(\frac{L}{2} - x\right) = Mg x$ для первого случая	3 балла
записано условие равновесия линейки с грузами $mg\left(\frac{L}{2} - x\right) = Mg x$ для второго случая	3 балла
Выведена формула для массы кусочка пластилина	2 балла
Найдена масса кусочка пластилина $m \approx 284$	2 балла

Решение: Дважды напишем условие равновесия линейки с грузами (см. рис.):

$$mg\left(\frac{L}{2} - x\right) = Mg x$$

и получаем массу кусочка пластилина $m \approx 284$ г.



Задача 5. Цепочка резисторов

Какое напряжение нужно подать на клеммы А и В, чтобы между точками а и б было напряжение 1 В? (10 баллов)

$U_{ab} = IR = 2$ В.	3 балла
заменены значения напряжений на резисторах через напряжения на них	4 балла
$U_{AB} = 60$ В + 22 В = 82 В	3 балла

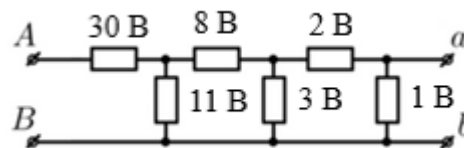
Решение: Выразим напряжение между точками ab по закону Ома:

$$U_{ab} = IR = 1$$
 В.

Далее заменим значения напряжений на резисторах через напряжения на них, учитывая суммирование сил токов на узлах (см. рис).

Нетрудно видеть, что в итоге получаем:

$$U_{AB} = 30$$
 В + 11 В = 41 В.



8 класс. (Вариант 2)

Задача 1. Автобус и мотоциклист

Из пункта А в направлении пункта В, находящегося на расстоянии 260 км от пункта А, по прямолинейной дороге выехал автобус. Навстречу ему в тот же момент из пункта В выехал мотоциклист. В момент встречи автобус и мотоциклист остановились. В течении первых 50 мин автобус двигался со скоростью 74 км/ч, в оставшееся время – со скоростью 91 км/ч. Мотоциклист двигался со скоростью 120 км/ч. Найдите среднюю скорость автобуса в км/ч. (10 баллов)

$v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_M(t_1 + t_2) = L,$	3 балла
$L = 260$ км	2 балла

Вычислен t_2	2 балла
$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2} \approx 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$	3 балла

Решение: До встречи с автобусом мотоциклист ехал с постоянной скоростью $v_M = 120$ км/ч, а скорость автобуса изменилась через $t_1 = 50$ минут с $v_1 = 74$ км/ч на $v_2 = 91$ км/ч:

$$v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_M (t_1 + t_2) = L,$$

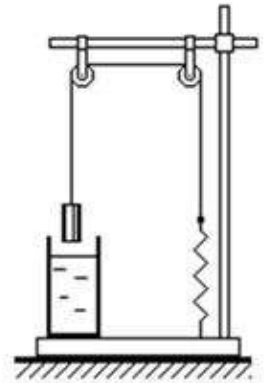
где $L = 260$ км – расстояние между пунктами А и В, t_2 – время, в течение которого автобус ехал со скоростью $v_2 = 91$ км/ч. Из данного выражения вычисляем t_2 , что позволяет найти среднюю скорость автобуса:

$$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2} \approx 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: ≈ 80 км/ч

Задача 2. Цилиндр в воде

К пружине жесткостью k через систему неподвижных блоков при помощи нити прикреплен цилиндр массы m (см. рис.). Груз погружают в стакан с водой, медленно поднимая стакан. В каких пределах при этом изменяется удлинение пружины? Плотность воды ρ_B , плотность материала грузар. Объем воды в стакане позволяет полностью погружать груз в воду, при погружении груз не касается дна стакана. **(10 баллов)**



определен $x_1 = \frac{mg}{k}$	2 балла
Рассмотрен случай $\rho > \rho_B$	1 балла
$\frac{mg}{k} \left(1 - \frac{\rho_B}{\rho}\right) < x < \frac{mg}{k}$	2 балла
Рассмотрен случай $\rho < \rho_B$.	1 балла
$0 < x < \frac{mg}{k}$	2 балла
Получен ответ $v \approx 2,5$ м/с.	2 балла

Решение: Понятно, что до начала погружения цилиндра в воду

$$x_1 = \frac{mg}{k}$$

Так как в условии задачи плотность материала цилиндра задана безотносительно к плотности воды, нужно рассмотреть случаи, когда

а) $\rho > \rho_B$. В этом случае при полном погружении цилиндра в воду условие равновесия цилиндра в воде имеет вид:

$$F_{арх} + T = mg,$$

$$T = F_{упр} = kx_2,$$

$$F_{арх} = \rho_B \frac{m}{\rho} g.$$

Получаем первый ответ:

$$\frac{mg}{k} \left(1 - \frac{\rho_B}{\rho}\right) < x < \frac{mg}{k}$$

б) $\rho < \rho_B$. В этом случае нить провисает к моменту, когда цилиндр начнет свободно плавать на поверхности воды, поэтому:

$$0 < x < \frac{mg}{k}$$

Задача 3. К чаепитию

Известно, что в электрическом чайнике типа «Тефаль» $V = 1,5$ л закипают через $\tau = 5$ минут. Оцените с какой скоростью будет выходить струя пара из отверстия носика чайника. Площадь отверстия $S = 2$ см², плотность насыщенного водяного пара при температуре $t_{\text{кип}} = 100$ °С равна $\rho_{\text{н.п.}} = 0,59$ кг/м³. Удельная теплота парообразования воды $= 2,3$ МДж/кг.

Принята начальная температура воды 20 °С.	1 балла
Найдено количество теплоты для кипения воды $Q = c\rho V(100 - 20)^\circ\text{C} = 504$ кДж.	2 балла
Определена мощность чайника $N = \frac{Q}{\tau} = 1680$ Вт.	2 балла
Выражена масса пара, образующегося за 1 секунду $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{N}{r} = \frac{\rho_{\text{н.п.}} S v \Delta t}{\Delta t}$.	3 балла
Получен ответ $v \approx 6$ м/с.	2 балла

Решение: Примем начальную температуру воды равной комнатной температуре 20 °С. Тогда для кипения воды необходимо количество теплоты $Q = c\rho V(100 - 20)^\circ\text{C} = 504$ кДж. Мощность чайника примерно будет равна

$$N = \frac{Q}{\tau} = 1680 \text{ Вт.}$$

Массу пара, образующегося за 1 секунду, при кипении воды, выразим двумя способами:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{N}{r} = \frac{\rho_{\text{н.п.}} S v \Delta t}{\Delta t}.$$

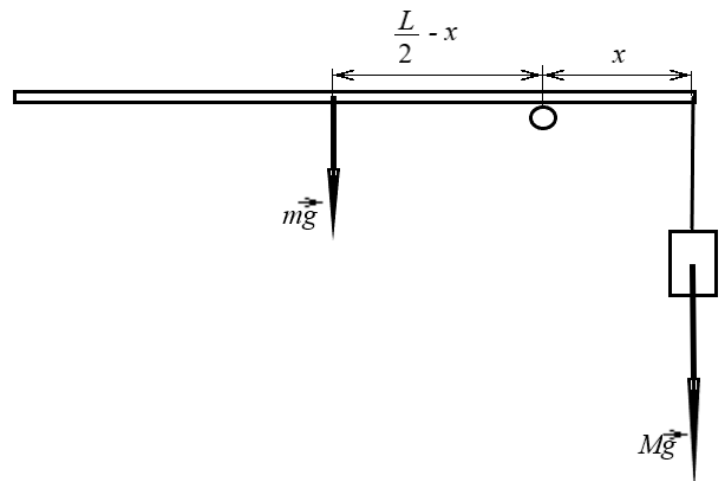
Решая данное равенство, получаем ответ $v \approx 6$ м/с. (10 баллов)

Задача 4. Безмен

Эрчим в краеведческом музее увидел старинные весы-безмен (см. фото) и ознакомился с принципом действия безмена. Придя домой, он решил смоделировать весы-безмен при помощи ученической линейки длиной 40 см и гири массой 100 г. Для этого он уравновесил линейку с гирей на одном конце на карандаше, взятом в качестве опоры. Точка



равновесия оказалась на расстоянии 2,6 см от конца линейки, где висела гиря. Затем Эрчим гирю заменил на кусочек пластилина и вновь уравновесил линейку. На этот раз точка равновесия оказалась на расстоянии 3 см от того же конца линейки. Далее Эрчим рассчитал массу пластилина. Какое значение массы линейки получил Эрчим?



записано условие равновесия линейки с грузами $mg\left(\frac{L}{2} - x\right) = Mg x$ для первого случая	3 балла
записано условие равновесия линейки с грузами $mg\left(\frac{L}{2} - x\right) = Mg x$ для второго случая	3 балла
Выведена формула для массы кусочка пластилина	2 балла
Найдена масса кусочка пластилина $m \approx 85$	2 балла

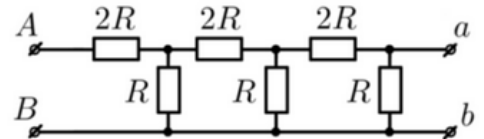
Решение: Дважды напишем условие равновесия линейки с грузами (см. рис.):

$$mg\left(\frac{L}{2} - x\right) = Mg x$$

и получаем массу кусочка пластилина $m \approx 85$ г.

Задача 5. Цепочка резисторов

Какое напряжение нужно подать на клеммы А и В, чтобы между точками а и в было напряжение 2 В?
(10 баллов)



$U_{ab} = IR = 2$ В.	3 балла
заменены значения напряжений на резисторах через напряжения на них	4 балла
$U_{AB} = 60$ В + 22 В = 82 В	3 балла

Решение: Выразим напряжение между точками ab по закону Ома:

$$U_{ab} = IR = 2$$
 В.

Далее заменим значения напряжений на резисторах через напряжения на них, учитывая суммирование сил токов на узлах (см. рис).

Нетрудно видеть, что в итоге получаем:

$$U_{AB} = 60$$
 В + 22 В = 82 В.

