

І этап (очный) Всесибирской олимпиады по физике (18 ноября 2018 г.)

Задачи 7 класса

Возможные решения (максимум 10 баллов за задачу)

1. В автомобильной гонке на 240 км участвовали две машины. Средняя скорость машины №1 на дистанции составила 100 км/час. Машина №2 в течение 1 часа проехала половину дистанции, а потом у нее перегрелся двигатель, и оставшийся путь вторая машина преодолела со средней скоростью 90 км/час. *Какая машина приехала первой?*

Решение: За 1 час машина №2 проехала 120 км (+1 балл), т.е. ей оставалось преодолеть 120 км (+1 балл). Ей это удалось сделать за время $120/90=1\text{ час } 20\text{ мин}$ (+ 2 балла), т.е. на весь путь она затратила 2ч 20мин (+ 1 балл) Машина №1 финишировала через 2 часа 24 минуты (+ 2 балла). Таким образом, первой на финиш приехала машина №2 (+3 балла), которая опередила машину №1 на 4 минуты.

2. В лаборатории есть два сосуда с неизвестной жидкостью. Лаборант взвесил каждый сосуд и определил, что сосуд №1 весил на 30 г больше, чем сосуд №2. После этого перелил 50 миллилитров жидкости из сосуда №1 в сосуд №2 и снова взвесил. Теперь сосуд №1 весил уже на 50 г меньше. Определите плотность жидкости в сосудах.

Решение: Обозначим M_1 исходную массу сосуда №1 вместе с жидкостью в граммах и, аналогично, M_2 - исходная масса сосуда №2. $V=50$ мл – объем перелитой жидкости в миллилитрах, ρ - искомая плотность жидкости (в граммах на миллилитр).

По условию задачи $M_1-M_2=30$ (+ 1 балл).

После переливания жидкости масса сосуда №1 стала равна $M_1-\rho \cdot V$ (+ 2 балла), а сосуда №2 - $M_2+\rho \cdot V$ (+ 2 балла).

По условию после переливания жидкости второй сосуд весил больше на 50 г, т.е. $(M_2+\rho \cdot V)-(M_1-\rho \cdot V)=50$ (+ 2 балла)

Перегруппировывая слагаемые, получаем $2 \cdot \rho \cdot V-(M_1-M_2)=50$, т.е. $2 \cdot \rho \cdot V=80$ (+ 1 балл). Таким образом, находим плотность $\rho=0.8\text{ г/мл}=800\text{ кг/м}^3$ (+ 2 балла).

Если условие было понято так, что масса сосуда №1 уменьшилась на 50 г, (т.е. масса сосуда №2 тоже увеличилась на 50 г), то за решение этой, существенно более простой задачи, ставилось 4 балла.

3. По воскресеньям два приятеля выезжают одновременно из двух разных городов и едут с постоянной скоростью навстречу друг другу. Обычно они встречаются, проехав по 120 км, но однажды один из них запоздал с выездом на 48 минут. Он ехал с обычной скоростью и поэтому проехал до встречи на 20 км меньше. Сколько всего времени ехал до встречи опоздавший приятель в этот день?

Решение:

Обозначим расстояние, которое приятели обычно проезжают до встречи, $L=120$ км (половина расстояния между городами), $L_1=20$ км – отличие от обычной длины пути запоздавшего приятеля, V – его скорость движения, T – искомое время, $T_1=48\text{ мин}=0.8\text{ ч}$ – задержка во времени выезда одного из приятелей.

Из равенства расстояний в «обычное» воскресенье следует, что обычные скорости приятелей одинаковы (+ 1 балл), т.е. равны V .

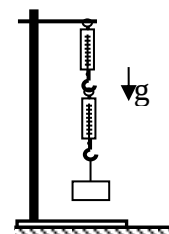
Для поездки задержавшегося приятеля верно соотношение $L-L_1 = V \cdot T$ (+ 1 балл)

С другой стороны, второй приятель проехал на L_1 больше (+1 балл) и затраченное им время равно $T+T_1$ (+ 2 балла). Т.е. для поездки второго приятеля верно соотношение $L+L_1 = V \cdot (T+T_1)$ (+ 1 балл). Преобразуя, получаем $T+T_1 = T \cdot (L+L_1)/(L-L_1)$ (+2 балла), т.е. решая уравнение, получаем, что $T=2$ ч (+2 балла).

Если при таком понимании условия предложен ответ, полученный из неверного соображения, что первый приятель за 48 мин проезжает 20 км, т.е. $T=4$ ч, то ставится всего 2 балла.

Если условие было понято так, что опоздавший приятель проехал на 20 км меньше, чем *другой* приятель, т.е. они проехали 110 км и 130 км, соответственно, то решение аналогично. В этом случае $L_1=10$ км, т.е. $T=4.4$ ч = 4ч 24 мин. За правильное решение задачи в этом варианте всего ставится 10 баллов.

4. У школьника есть два одинаковых динамометра, которые рассчитаны на максимальную силу 2 Н и имеют длину шкалы, равную 1 дм. Школьник зацепил динамометры друг за друга и повесил их на штатив. К нижнему динамометру он прикрепил груз (см. рис.). Через некоторое время на груз заполз большой жук, и установившееся положение груза стало ниже на 3 мм. Как по этим данным школьнику определить вес жука? Считать, что ни одна из пружин не растянута на максимально допустимую длину.



Решение: Обозначим искомый вес жука как P_0 , максимальное показание динамометра – P_M , длину его шкалы – $L=1$ дм=10 см. После того как жук оказался на грузе, изменились силы, действующие на каждый из динамометров (+1 балл). Сила, действовавшая на нижний динамометр со стороны груза, увеличилась на P_0 (+1 балл). Поэтому пружина нижнего динамометра дополнительно растянулась на величину $X=P_0 \cdot L/P_M$ (+1 балл), т.е. $P_0 = X \cdot P_M/L$ (+1 балл)

Сила, которая действует на верхний динамометр со стороны нижнего, также увеличилась на P_0 (+1 балл), поскольку суммарный вес нижнего динамометра и жука на P_0 больше, чем вес одного динамометра. Поэтому дополнительное растяжение пружины верхнего динамометра будет равно тому же значению X , что и для нижнего (+ 1 балл). Дополнительное смещение груза, равное сумме дополнительных деформаций пружин, т.е. $2X$ (+1 балл), согласно условию, было равно 3 мм. Отсюда следует, что $X=1.5$ мм=0.15 см, т.е. $P_0=0.15 \cdot 2/10=0.03$ Н (+ 3 балла). Если в качестве ответа приводится масса жука, то ставится всего 8 баллов.

I этап (очный) Всесибирской олимпиады по физике (18 ноября 2018 г.)

Задачи 8 класса

Возможные решения (максимум 10 баллов за задачу)

1. На автомобильных гонках две машины, №1 и №2, вырвались вперед. Когда машине №2 до финиша оставалось 63 км, она отставала от машины №1 на 2 км. Через 20 минут она догнала машину №1 и еще через 10 минут финишировала. Через какое время после этого финишировала машина №1, если скорости движения машин оставались постоянными?

Решение: Из условия следует, что, начиная с момента, описанного в условии, каждые 10 минут машина №2 проезжала на 1 км больше, чем машина №1 (+1 балл). Значит, в момент финиша машины №2 машина №1 отставала на 1 км (+1 балл). За полчаса машина №1 проехала $63 - 2 - 1 = 60$ км (+3 балла), т.е. ее скорость равна 120 км/час (+ 2 балла). Следовательно, машина №1 финиширует через 30 секунд после машины №2 (+3 балла).

2. Школьник с помощью динамометра взвешивает сплошной кубик из металлического сплава. Первый раз, когда кубик был целиком на воздухе, динамометр показал 1 Н. Когда кубик был полностью погружен в жидкость, то этот динамометр показал 0.9 Н. Каковы будут показания динамометра, если школьник будет взвешивать погруженный в ту же жидкость кубик прежнего размера, но сделанный из сплава с плотностью на 20% больше?

Решение: Обозначим показания динамометра при взвешивании первого (меньшего) кубика как $P_1 = 1$ Н, показания динамометра при взвешивании того же кубика, погруженного в жидкость $P_2 = 0.9$ Н. Величина выталкивающей силы, действующей на первый кубик со стороны жидкости, равна $P_1 - P_2 = 0.1$ Н (+ 2 балла). Объем нового кубика прежний, но вес на 20% больше, т.е. 1.2 Н (+ 2 балла). Куб будет полностью погружаться в жидкость, и при погружении выталкивающая сила будет прежней, так как объем не изменился (+3 балла). Показания динамометра в рассматриваемой ситуации с новым кубиком будут равны $1.2 \cdot P_1 - (P_1 - P_2) = 1.1$ Н (+ 3 балла).

Заметим, что количество значащих цифр в данных задачи не более 2-х. Следовательно, учет или неучет наличия воздуха на ответ не влияет и при проверке не оценивается.

3. Города А, Б, В и Г расположены на одной дороге в указанном порядке. Два друга на машинах одновременно выезжают из г. А и из г. Г навстречу друг другу. Если бы они договорились встретиться в г. Б, то первый ждал бы второго $T_1 = 2$ часа, а если – в г. В, то первый опоздал бы на $T_2 = 1$ час. Каково расстояние между городами Б и В, если скорости машин постоянны и равны $V = 80$ км/час?

Решение: Обозначим переменной L искомое расстояние между городами Б и В, L_{AB} - расстояние между городами А и Б, L_{BG} - расстояние между городами В и Г.

Для случая, когда первый друг ждет 2 часа, верно соотношение $(L_{AB}/V) + T_1 = (L_{BG} + L)/V$ (+2 балла)

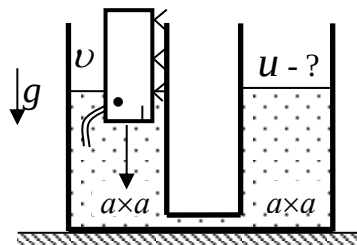
Для второго случая верно соотношение $(L+L_{AB})/V = L_{BG}/V + T_2$ (+2 балла)

Вычитая одно уравнение из другого, получаем $V \cdot T_1 - L = L - V \cdot T_2$ (+3 балла за уравнение, в которое входят заданные в условии величины и из которого может быть получен ответ).

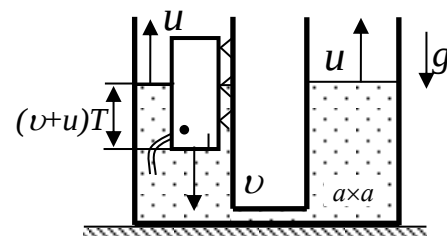
Т.е. $L = V \cdot (T_1 + T_2) / 2 = 120$ км (+ 3 балла)

Аналогично может быть получено решение при задании моментов $T_B = L_{AB}/V$ и $T_B = L_{BG}/V$, в которые приезжают соответствующие машины из пунктов А и Г, или их разности.

4. Имеется два сообщающихся цилиндрических сосуда с некоторым количеством жидкости. Сечение каждого сосуда имеет вид квадрата $a \times a$. В левый сосуд начал заползать большой жук, который имеет вид параллелепипеда с поперечным сечением $a \times (a/2)$. Жук перемещался вниз по стенке с небольшой постоянной скоростью v . Какова при этом скорость движения уровня воды в правом сосуде?



Решение: При медленном движении жука уровни жидкости в сообщающихся сосудах успеют выровняться (+1 балл), то есть в обоих сосудах поднимаются с одной скоростью (+1 балл), которую обозначим u .

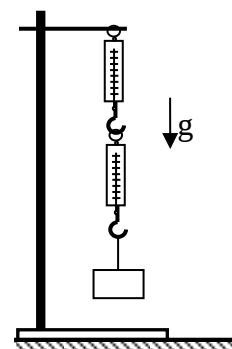


Пусть от того момента, как жук коснулся жидкости, прошло время T . За это время жук сдвинулся по стенке на $T \cdot v$, т.е. он погрузился в жидкость на глубину $T \cdot (v+u)$ (+2 балла), так как уровень воды одновременно поднялся на $T \cdot u$. Это эквивалентно тому, что объем всей жидкости в сосудах увеличили на величину $(a \times a/2) \cdot T \cdot (v+u)$ (+2 балла). Этот объем равномерно распределен по обоим сосудам (+1 балл), поэтому за время T в правом сосуде высота уровня жидкости поднимется на $T \cdot (v+u)/4$. Значит, величина скорости подъема удовлетворяет уравнению $u \cdot T = T \cdot (v+u)/4$ (+2 балла), и искомая величина скорости равна $u = v/3$ (+2 балла).

Аналогичное решение получается, если ввести длину жука и рассчитать время, за которое весь жук погрузится в жидкость. Еще один вариант решения – мысленное разделение сосудов на 4-е сосуда с сечениями $(a \times a/2)$ и опускании поршня-жука в одном из них.

Если предлагается «решение», в котором фактически предполагается, что жидкость поднимается *только* в правом сосуде, то, при отсутствии других ошибок, ставится 3 балла.

5. У школьника есть два разных динамометра, которые имеют длину шкалы, равную 1 дм. Один рассчитан на максимальную силу 2 Н, а другой – на 5 Н. Школьник зацепил динамометры друг за друга и повесил их на штатив. К нижнему динамометру он прикрепил груз (см. рис.). Через некоторое время на груз села большая оса, и установившееся положение груза стало ниже на 3.5 мм. Как по этим данным школьнику определить вес осы? Считать, что ни одна из пружин не растянута на максимально допустимую длину.



Решение: Обозначим искомый вес осы как P_0 , максимальное показание динамометра №1 – $P_{M1}=2$ Н, динамометра №2 – $P_{M2}= 5$ Н, длину шкалы – $L=1$ дм=10 см, данное в условии дополнительное смещение груза $X=3.5$ мм=0.35 см. Для определенности предположим, что динамометр №1 – нижний.

После того как оса села на груз, изменились силы, действующие на каждый из динамометров (+1 балл). Сила, действовавшая на нижний динамометр со стороны груза, увеличилась на P_0 (+1 балл). Поэтому пружина нижнего динамометра дополнительно растянулась на величину $X_1=P_0 \cdot L/P_{M1}$ (+1 балл). Сила, которая действует на верхний динамометр со стороны нижнего, также увеличилась на P_0 (+1 балл). Дополнительное растяжение пружины верхнего динамометра будет равно значению $X_2=P_0 \cdot L/P_{M2}$ (+1 балл).

Известное из условия смещение груза равно сумме дополнительных деформаций пружин, $X=X_1+X_2$ (+ 1 балл). $X= P_0 \cdot L/P_{M2}+ P_0 \cdot L/P_{M1}= P_0 \cdot L(1/P_{M1}+1/P_{M2})$ (+ 1 балл). Отсюда также видно, что смещение груза от порядка следования динамометров не зависит. Таким образом, т.е. $P_0=X \cdot P_{M1} \cdot P_{M2}/(L \cdot (P_{M1}+P_{M2}))$ (+1 балл)

Численное значение P_0 составляет =0.05 Н (+ 2 балла).

Если проведено корректное решения только для конкретного размещения динамометров и не указано, что ответ от этого не зависит, то всего ставится 9 баллов.

Если в качестве ответа приводится масса осы, а не вес, то всего ставится 8 баллов.

Задача не считается решенной, если приводится только ответ!

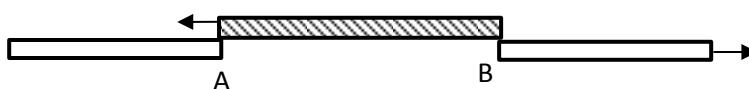
Желаем успеха!

Первый (очный) этап Всесибирской олимпиады по физике
18 ноября 2018 г.
Возможные решения и критерии оценки
9 класс

1. По параллельным рельсовым путям навстречу друг другу движутся два поезда: пассажирский и скорый. Пассажир, стоящий у окна пассажирского поезда, замечает, что скорый «пролетает» мимо него за время $t_1 = 10$ с, а пассажир скорого поезда обнаруживает, что пассажирский поезд «пролетает» за время $t_2 = 15$ с. Сколько времени длилась встреча поездов?

Возможное решение

1) Встреча длится от момента, когда поезда находятся в позиции А, т.е.



когда встречаются «головы» поездов, до момента, когда они находятся в позиции В, когда расходятся их «хвосты». <3 балла>

2) Переход от позиции А к позиции В можно разбить на два этапа: сначала в течение времени t_1 поезд, идущий вправо, проходит мимо «головы» второго поезда. <3 балла>

3) После этого поезд, идущий влево, в течение времени t_2 проходит мимо «хвоста» поезда, идущего вправо. <3 балла>

Ответ: $t = t_1 + t_2$ <1 балл>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение критерия встречи		3
2	Первый этап сценария: первый поезд проходит мимо второго		3
3	Второй этап сценария: второй поезд проходит мимо первого		3
4	Получение ответа	$t = t_1 + t_2$	1

2. В две цилиндрических кастрюли, первая из которых имеет радиус $R=10$ см, а вторая – $r=8$ см, налили по одному литру воды при температуре $T_0=20^\circ\text{C}$ и поставили на одинаковые электрические конфорки. Какой объем воды останется во второй кастрюле после того, как в первой она полностью выкипит? Радиус конфорки больше R , передачей тепла через воздух можно пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c=4,2$ кДж/кг $^\circ\text{C}$, удельная теплота парообразования $\lambda=2260$ кДж/кг.

Возможное решение

1) Количество тепла, передаваемое первой кастрюле от конфорки $Q_1=NSt=N\pi R^2t$ <1 балл>.

2) Количество тепла, передаваемое второй кастрюле – $Q_2=N\pi r^2t$ <2 балла>.

3) В момент времени, когда вся вода из широкой кастрюли выкипит, она получит количество тепла $Q_{01}=c(T_k-T_0)m_0+\lambda m_0$, T_k - температура кипения, m_0 – масса $V_0=1$ л воды <2 балла>.

4) Вторая кастрюля получит $Q_{02}=Q_{01}\frac{r^2}{R^2}=c(T_k-T_0)m_0+\lambda m_1$ <2 балла>.

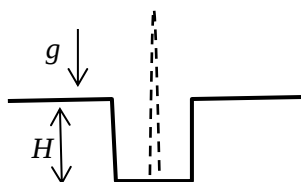
5) В ней выкипит $m_1=m_0\left(\frac{r^2}{R^2}-1\right)\frac{c(T_k-T_0)}{\lambda}+m_0\frac{r^2}{R^2}$, и останется масса воды $m_{ост}=m_0-m_1$ <1 балла>.

6) Объем воды пропорционален ее массе $V/V_0=m/m_0$ <1 балла>.

Ответ: $V=V_0\left(1-r^2/R^2\right)\left(\frac{c(T_k-T_0)}{\lambda}+1\right)\approx 0,41$ л <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Количество тепла, передаваемое первой кастрюле	$Q_1=NSt=N\pi R^2t$	1
2	Количество тепла, передаваемое второй кастрюле	$Q_2=N\pi r^2t$	1
3	Определение количества тепла, полученное первой кастрюлей	$Q_{01}=c(T_k-T_0)m_0+\lambda m_0$	2
4	Определение количества тепла, полученное второй кастрюлей	$Q_{02}=Q_{01}\frac{r^2}{R^2}=c(T_k-T_0)m_0+\lambda m_1$	2
5	Определение массы воды, оставшейся во второй кастрюле	$m_{ост}=m_0\left(\frac{r^2}{R^2}-1\right)\left(\frac{c(T_k-T_0)}{\lambda}+1\right)$	1
6	Пропорция объема и массы	$V/V_0=m/m_0$	1
7	Получение ответа	$V=V_0\left(1-r^2/R^2\right)\left(\frac{c(T_k-T_0)}{\lambda}+1\right)=0,41$ л	2



3. Со дна ямы глубиной H вертикально вверх бросили камень, который возвратился через время T . Сколько времени камень находился выше уровня земли? Влиянием воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения равно g .

Возможное решение

Рассмотрим движение камня с момента достижения им вершины траектории.

1) Время движения от вершины составляет $\frac{1}{2}$ полного времени движения <1 балл>.

2) Путь от вершины до дна ямы $x = g(T/2)^2 / 2$ <2 балла>.

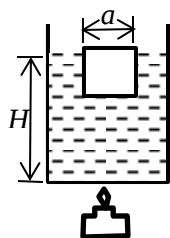
3) Путь от вершины до поверхности земли $h = x - H$ <2 балла>.

4) Соотношение пути до поверхности и времени $h = g(t/2)^2 / 2$ <2 балла>.

Ответ: $t = \sqrt{T^2 - 8H/g}$ <3 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Время движения от вершины составляет $\frac{1}{2}$ полного времени движения		1
2	Путь от вершины до дна ямы	$x = g(T/2)^2 / 2$	2
3	Путь от вершины до поверхности земли	$h = x - H$	2
4	Соотношение пути до поверхности и времени	$h = g(t/2)^2 / 2$	2
5	Получение ответа	$\sqrt{T^2 - 8H/g}$	3



4. Вначале в цилиндрическом стакане с жидкостью плавал пластиковый кубик с ребром $a=5$ см, погрузившись в жидкость на 0,95 своей высоты. Уровень жидкости был $H=10$ см. Стакан стали нагревать, в результате чего размеры кубика начали увеличиваться, а уровень жидкости в стакане подниматься. Когда ребро кубика достигло величины $a_1 = 5,07$ см, он утонул в жидкости. Каким к этому моменту стал уровень жидкости в стакане? Размеры стакана при нагревании меняются незначительно.

Возможное решение

Предположим, что плотность жидкости вначале была ρ .

1) Из закона Архимеда получаем начальную плотность кубика $\rho_k = 0,95\rho$ <1 балл>.

2) К моменту утопления его плотность стала $\rho_{k1} = \rho_k \frac{a^3}{a_1^3}$ <2 балла>.

3) Она сравнялась с плотностью воды $\rho_1 = \rho_{k1}$ <1 балл>.

4) Определим начальный объем жидкости в стакане и вытесненной жидкости

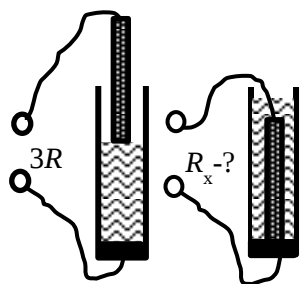
$V = SH = \frac{M + m}{\rho}$, где M – масса жидкости, m – масса кубика, S – площадь сечения стакана <2 балла>.

5) Аналогичный объем к моменту утопления: $V_1 = SH_1 = \frac{M + m}{\rho_1}$ <2 балла>.

Ответ: $H_1 = H \frac{a_1^3}{0,95a^3} \approx 11$ см <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Отношение начальной плотности кубика и жидкости	$\rho_k = 0,95\rho$	1
2	Связь плотности кубика и его размера	$\rho_{k1} = \rho_k \frac{a^3}{a_1^3}$	2
3	Равенство конечных плотностей кубика и воды	$\rho_1 = \rho_{k1}$	1
4	Определение начального объема жидкости и вытесненной жидкости	$V = SH = \frac{M + m}{\rho}$	2
5	Определение конечного объема жидкости и вытесненной жидкости	$V_1 = SH_1 = \frac{M + m}{\rho_1}$	2
6	Получение ответа	$H_1 = H \frac{a_1^3}{0,95a^3} \approx 11$ см	2



5. Имеется цилиндрический проводящий стержень диаметра d , длины H и сопротивления R , а, также, цилиндрический стакан диаметра D , $D = 2d$, ($H \gg D$), выполненный из изолятора. В дно стакана вмонтирован электрод. Стакан заполнен проводящей жидкостью. Высота столба жидкости H . Когда нижний конец стержня соприкасается с жидкостью, сопротивление между его верхним концом и дном стакана $R_2 = 3R$. Каким будет R_x этой системы, если стержень

погрузить в жидкость до дна?

Возможное решение

1) В первом опыте сопротивления стержня и столба жидкости $R_{жс}$ включены последовательно: $R_2 = R_{жс} + R$, откуда $R_{жс} = 2R$ <2 балла>.

2) Это сопротивление можно связать с удельным сопротивлением ρ и размерами столба:

$$R_{жс} = \frac{\rho H}{S} = \frac{4\rho H}{\pi D^2} \quad <2 \text{ балла}>.$$

3) Во втором опыте сопротивления стержня и столба жидкости включены параллельно:

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_{жс1}} \quad <2 \text{ балла}>.$$

4) Сопротивление столба жидкости $R_{жс1}$ при погруженном стержне больше

первоначального вследствие уменьшившейся площади сечения: $R_{жс1} = \frac{4\rho H}{\pi(D^2 - d^2)}$, или

$$R_{жс1} = R_{жс} \frac{D^2}{D^2 - d^2} = \frac{8}{3} R \quad <2 \text{ балла}>.$$

$$\text{Ответ: } R_x = \frac{8}{11} R \quad <2 \text{ балла}>.$$

Разбалловка по этапам

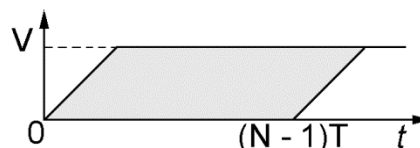
	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Последовательное соединение сопротивлений в первом опыте	$R_2 = R_{жс} + R \quad R_{жс} = 2R$	2
2	Вывод сопротивления столба жидкости	$R_{жс} = \frac{\rho H}{S} = \frac{4\rho H}{\pi D^2}$	2
3	Параллельное соединение сопротивлений во втором опыте	$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_{жс1}}$	2
4	Вывод сопротивления столба жидкости при погруженном стержне	$R_{жс1} = R_{жс} \frac{D^2}{D^2 - d^2} = \frac{8}{3} R$	2
5	Получение ответа	$R_x = \frac{8}{11} R$	2

Первый (очный) этап Всесибирской олимпиады по физике
18 ноября 2018 г
Возможные решения и критерии оценки
10 класс

1. Перед светофором выстроилась плотная колонна из N автомобилей. После включения зеленого света сначала трогается передняя машина, затем с задержкой T – вторая, и так далее. Каждая машина сначала движется с постоянным, одинаковым для всех ускорением, пока не наберет разрешенную на данном участке дороги скорость V . Найти длину колонны L после того, как разгонятся все автомобили. Считать, что каждая машина занимает участок дороги длиной l .

Возможное решение

1) К моменту завершения ускорения последнего автомобиля первый будет в движении время $T_1 = (N-1)T + \tau$, где τ – время ускорения <2 балла>.



2) В течение интервала τ автомобиль будет двигаться с постоянным ускорением и еще время $(N-1)T$ двигаться с постоянной скоростью V <1 балл>.

3) Он пройдет путь $S_1 = \frac{a\tau^2}{2} + V(N-1)T$, где a – ускорение <2 балла>.

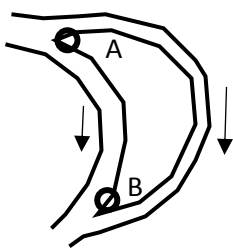
4) Последний автомобиль пройдет $S_2 = \frac{a\tau^2}{2}$ <2 балла>.

5) Длина колонны после окончания разгона не будет меняться и составит $L = S_1 - S_2 + Nl$ <1 балл>.

Ответ: $L = Nl + V(N-1)T$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение промежутка времени между первым и последним автомобилем	$T_1 = (N-1)T + \tau$	2
2	Время ускоренного и равномерного движения первого автомобиля	$(N-1)T, \tau$	1
3	Путь, пройденный первым автомобилем	$S_1 = \frac{a\tau^2}{2} + V(N-1)T$	2
4	Путь, пройденный последним автомобилем	$S_2 = \frac{a\tau^2}{2}$	2
5	Длина колонны	$L = S_1 - S_2 + Nl$	1
6	Получение ответа	$L = Nl + V(N-1)T$	2



2. Река разделяется островом на две протоки. Скорость течения в каждой из них такова, что время, затрачиваемое предметом, переносимым течением, на путь от края А острова до его края В, оказывается для двух протоков одинаковым и равным t . Катер, который идет по первой протоке из А в В, а по второй из В в А затрачивает на круговой маршрут время t_1 , а на движение по этому маршруту в обратном направлении – время t_2 . Определите отношение скоростей течения в первой и второй протоках. Считать, что скорость течения реки в протоках и скорость катера относительно воды постоянные.

Возможное решение

Предположим, что скорость течения в первой протоке u_1 , а во второй - u_2 , а их длина соответственно L_1 и L_2

1) Связь длины протоки и скорости течения $L_1 = u_1 t; L_2 = u_2 t$ <2 балла>.

2) Время прямого маршрута: $t_1 = \frac{L_1}{v + u_1} + \frac{L_2}{v - u_2} = \frac{t(u_1 + u_2)v}{(v + u_1)(v - u_2)}$, где v – скорость катера относительно воды <2 балла>.

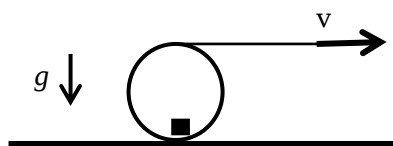
3) Время обратного маршрута: $t_2 = \frac{L_2}{v + u_2} + \frac{L_1}{v - u_1} = \frac{t(u_1 + u_2)v}{(v - u_1)(v + u_2)}$ <2 балла>.

В результате $\frac{t}{t_1} - \frac{t}{t_2} = 2 \frac{u_1 - u_2}{u_1 + u_2}$.

Ответ: $\frac{u_1}{u_2} = \frac{2t_1 t_2 + t(t_2 - t_1)}{2t_1 t_2 - t(t_2 - t_1)}$ <4 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Связь скорости течения и длины протоки	$L_1 = u_1 t; L_2 = u_2 t$	2
2	Время прямого маршрута	$t_1 = \frac{L_1}{v + u_1} + \frac{L_2}{v - u_2} = \frac{t(u_1 + u_2)v}{(v + u_1)(v - u_2)}$	2
3	Время обратного маршрута	$t_2 = \frac{L_2}{v + u_2} + \frac{L_1}{v - u_1} = \frac{t(u_1 + u_2)v}{(v - u_1)(v + u_2)}$	2
4	Получение ответа	$\frac{u_1}{u_2} = \frac{2t_1 t_2 + t(t_2 - t_1)}{2t_1 t_2 - t(t_2 - t_1)}$	4



3. Лежащую на горизонтальной поверхности тонкостенную трубу такелажники стали тянуть, сообщив прикрепленному к ней канату скорость v (см. рисунок), в результате чего труба без проскальзывания покатилась. Внутри трубы в ее нижней точке лежали небольшие камни. В момент времени, когда труба переместилась на расстояние L , из трубы донесся шум скользящих камней. Определите коэффициент трения между камнем и трубой. Радиус трубы R . Ускорение свободного падения g .

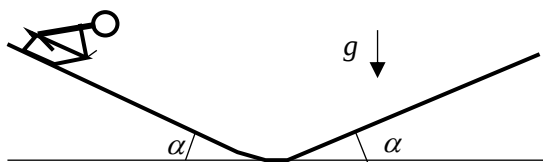
Возможное решение

- 1) Поскольку скорость нижней точки трубы при ее качении равна нулю, камни при толчке не приобретут скорости <1 балл>.
- 2) Перейдем в систему отсчета центра трубы – он движется со скоростью $v/2$, и в нем камни вместе с трубой будут вращаться вокруг центра со скоростью $v/2$ <2 балла>.
- 3) Камень до начала скольжения испытывает центростремительное ускорение $a = v^2 / R$ <1 балл>.
- 4) Второй закон Ньютона в радиальном направлении: $ma = N - mg \cos \alpha$, где m – масса камня, N – реакция опоры, α – угол поворота трубы <2 балла>.
- 5) Второй закон Ньютона в азимутальном направлении: $0 = F_{mp} - mg \sin \alpha = \mu N - mg \sin \alpha$, где F_{mp} – сила трения, μ – искомый коэффициент трения <2 балла>.
- 6) Угол $\alpha = L / R$ <1 балл>.

Ответ: $\mu = \frac{4Rg \sin(L / R)}{v^2 + 4Rg \cos(L / R)}$ <1 балл>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Камни при толчке не приобретут скорости		1
2	Переход в систему отсчета центра трубы, скорость центра	$v/2$	2
3	Определение ускорения камня	$a = v^2 / R$	1
4	II закон Ньютона для камня в радиальном направлении	$ma = N - mg \cos \alpha$	2
5	II закон Ньютона для камня в азимутальном направлении	$0 = F_{mp} - mg \sin \alpha = \mu N - mg \sin \alpha$	1
6	Угол поворота трубы	$\alpha = L / R$	2
7	Получение ответа	$\mu = \frac{4Rg \sin(L / R)}{v^2 + 4Rg \cos(L / R)}$	1



4. Две ледяные горки с углом наклона α ориентированы навстречу друг другу и плавно сопряжены очень скользким участком. Дети спускаются на санках с левой горки и по инерции поднимаются на правую. Выяснилось, что время спуска в γ раз больше времени подъема. Определите

коэффициент трения санок о лед.

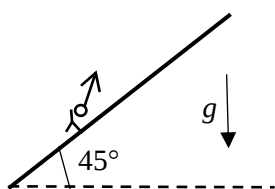
Возможное решение

- 1) Второй закон Ньютона по нормали к поверхности для саночника $0 = N - mg \cos \alpha$, где N – сила реакции опоры <1 балл>.
- 2) Второй закон Ньютона вдоль поверхности для движения вниз $ma_1 = mg \sin \alpha - \mu N$, где μ – искомый коэффициент трения <2 балла>.
- 3) Второй закон Ньютона вдоль поверхности для движения вверх $ma_2 = -mg \sin \alpha - \mu N$ <1 балл>.
- 4) Конечная скорость при движении вниз: $v = a_1 t_1$, где t_1 – время спуска <1 балл>.
- 5) Начальная скорость при движении вверх: $v + a_2 t_2 = 0$, где t_2 – время подъема <1 балл>.
- 6) Отношение ускорений: $\frac{a_2}{a_1} = \frac{t_1}{t_2} = \gamma$ <2 балла>.

Ответ: $\mu = \operatorname{tg} \alpha \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	II закон Ньютона по нормали к поверхности	$0 = N - mg \cos \alpha$	1
2	II закон Ньютона вдоль поверхности для движения вниз	$ma_1 = mg \sin \alpha - \mu N$	2
3	II закон Ньютона вдоль поверхности для движения вверх	$ma_2 = -mg \sin \alpha - \mu N$	1
4	Конечная скорость при движении вниз	$v = a_1 t_1$	1
5	Начальная скорость при движении вверх	$v + a_2 t_2 = 0$	1
6	Отношение ускорений	$\frac{a_2}{a_1} = \frac{t_1}{t_2} = \gamma$	2
7	Получение ответа	$\mu = \operatorname{tg} \alpha \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1}$	2



5. Мячик, брошенный со склона, дважды упруго о него ударился и вернулся в точку броска через время t после того, как его сделали. Склон имеет угол 45° с горизонтом. С какой начальной скоростью был брошен мяч? Ускорение свободного падения g .

Возможное решение

- 1) После первого удара скорость мячика вертикальна, следовательно, перед ним она горизонтальна <2 балла>.
- 2) До первого удара меняется только вертикальная компонента скорости: $V_y - gt_1 = 0$, где t_1 – время движения мяча до первого удара <1 балл>.
- 3) В результате первого удара горизонтальная скорость становится вертикальной и далее уменьшается до нуля: $V_x - gt_2 = 0$, где t_2 – время движения мяча от первого удара до максимальной точки подъема <1 балл>.
- 4) Полное время движения $t = 2(t_1 + t_2)$ <1 балл>.
- 5) Условие удара о склон – равные перемещения по горизонтали и вертикали: $\Delta x = \Delta y$, или $V_x t_1 = V_y t_1 / 2$; <2 балла>.
- 6) Определение полной начальной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = V_x \sqrt{5}$ <1 балл>.

Ответ: $V = gt\sqrt{5}/6$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Вертикальность и горизонтальность скорости мяча после и до первого удара		2
2	Вертикальная компонента скорости мяча до столкновения	$V_y - gt_1 = 0$	1
3	Вертикальная компонента скорости мяча после столкновения	$V_x - gt_2 = 0$	1
4	Определение полного времени движения	$t = 2(t_1 + t_2)$,	1
5	Условие удара о склон	$\Delta x = \Delta y$, $V_x t_1 = V_y t_1 / 2$;	2
6	Определение полной начальной скорости	$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = V_x \sqrt{5}$	1
	Получение ответа	$V = gt\sqrt{5}/6$	2

Первый (очный) этап Всесибирской олимпиады по физике
18 ноября 2018 г.
Решения и критерии оценки
11 класс

1. Лента транспортера, перевозящего ящики из цеха на склад, движется со скоростью $v = 6$ км/ч. Когда контролер шагом (со скоростью $u = 4$ км/ч) из цеха перешел на склад параллельно ленте, мимо него проехало $N = 50$ ящиков. Сколько ящиков N_x находится на ленте в фиксированный момент времени?

Возможное решение

1) Если длина транспортера L , то время движения контролера вдоль него $t = L / u$ <1 балл>.

2) Скорость транспортера в системе отсчета контролера $v_{отн} = v - u$ <2 балла>.

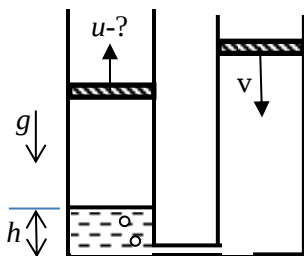
3) Длина ленты, проехавшей мимо контролера $L_1 = v_{отн} t$ <2 балла>.

4) Составление пропорции $N_x / N = L / L_1$ <3 балла>.

Ответ: $N_x = \frac{u}{v - u} N = 100$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Время движения контролера вдоль транспортера	$t = L / u$	1
2	Скорость транспортера в системе отсчета контролера	$v_{отн} = v - u$	2
3	Длина ленты, проехавшей мимо контролера	$L_1 = v_{отн} t$	2
4	Составление пропорции	$N_x / N = L / L_1$	3
5	Получение ответа	$N_x = \frac{u}{v - u} N = 100$	2



2. Пневматический подъемник содержит два вертикально стоящих цилиндра. Ведомый цилиндр имеет сечение S и закрыт подвижным поршнем массы M . Ведущий цилиндр сечением S_1 также закрыт подвижным поршнем. Внизу цилиндры связаны трубкой. В ведомом цилиндре оборудован сифон: он до уровня h заполнен жидкостью, в которую через подведенную вблизи дна трубку поступает воздух из ведущего цилиндра (см. рисунок). С какой скоростью будет подниматься поршень в ведомом цилиндре, если

поршень в ведущем цилиндре опускать с небольшой скоростью v ? Трения нет, атмосферное давление P_0 , плотность жидкости ρ , ускорение свободного падения g . Температура постоянная.

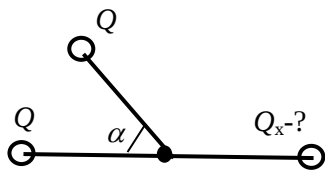
Возможное решение

- 1) Давление воздуха под ведомым поршнем находим из условия его равновесия $PS = P_0S + Mg$ <2 балла>.
- 2) Если скорость ведомого цилиндра u , то за время t объем воздуха под ним увеличится на $\Delta V = utS$ <1 балл>.
- 3) Этот воздух должен выйти из трубки, преодолев давление столба жидкости. Для этого в трубке и ведущем цилиндре он должен иметь давление $P_1 = P + \rho gh$ <2 балла>.
- 4) В правом цилиндре прошедший воздух освободит объем $\Delta V_1 = vtS_1$ <1 балл>.
- 5) Объемы воздуха в цилиндрах связаны законом Бойля-Мариотта: $P\Delta V = P_1\Delta V_1$ <2 балла>.

Ответ: $u = v \frac{S_1 \left(P_0 + \frac{Mg}{S} + \rho gh \right)}{S \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right)}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Условие равновесия ведомого поршня	$PS = P_0S + Mg$	2
2	Изменение объема воздуха под ведомым поршнем	$\Delta V = utS$	1
3	Давление воздуха в ведущем цилиндре	$P_1 = P + \rho gh$	2
4	Изменение объема воздуха в ведущем цилиндре	$\Delta V_1 = vtS_1$	1
5	Закон Бойля-Мариотта	$P\Delta V = P_1\Delta V_1$	2
6	Получение ответа	$u = v \frac{S_1 \left(P_0 + \frac{Mg}{S} + \rho gh \right)}{S \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right)}$	2



3. На концах непроводящего стержня длиной $2L$ закреплены маленькие одноименно заряженные шарики. Левый шарик имеет известный заряд Q , а правый – неизвестный Q_x . С серединой стержня шарнирно соединен непроводящий стержень длины L , на конце которого находится заряд Q . Определите величину заряда Q_x , если в случае равновесия подвижный стержень устанавливается под углом α к неподвижному. Силой тяжести и трением пренебречь.

Возможное решение

1) Момент сил, действующий на подвижный заряд со стороны левого заряда:

$$M_1 = F_1 L \cos(\alpha / 2) = \frac{kQ^2 \cos(\alpha / 2)}{4L \sin(\alpha / 2)^2}, \text{ где } k = 1 / 4\pi\epsilon_0 <3 \text{ балла}>.$$

2) Момент силы со стороны правого заряда $M_2 = F_2 L \sin(\alpha / 2) = \frac{kQQ_x \sin(\alpha / 2)}{4L \cos(\alpha / 2)^2} <3 \text{ балла}>.$

3) Условие равновесия $M_1 = M_2$ позволяет найти ответ $<2 \text{ балла}>.$

Ответ: $Q_x = Q \operatorname{ctg}(\alpha / 2)^3 <2 \text{ балла}>.$

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Момент сил, действующий на подвижный заряд со стороны левого заряда	$M_1 = F_1 L \cos(\alpha / 2) = \frac{kQ^2 \cos(\alpha / 2)}{4L \sin(\alpha / 2)^2}$	3
2	То же со стороны правого заряда	$M_2 = F_2 L \sin(\alpha / 2) = \frac{kQQ_x \sin(\alpha / 2)}{4L \cos(\alpha / 2)^2}$	3
3	Условие равновесия	$M_1 = M_2$	2
4	Получение ответа	$Q_x = Q \operatorname{ctg}(\alpha / 2)^3$	2

4. Автомобиль массой m движется из пункта А в пункт В по дороге, состоящей из участка подъема под небольшим углом α к горизонту и участка спуска под таким же углом. Протяженность подъема и спуска одинакова и равна S . Скорость движения по первому участку V_1 , а по второму – V_2 . Какое количество энергии затратит автомобиль на маршруте от А в В? Сила сопротивления воздуха $F = \beta V^2$, где V – скорость автомобиля, β – неизвестный коэффициент. Мощность двигателя автомобиля постоянна, проскальзывания между колесами и дорогой нет, процессом разгона и торможения автомобиля, а также трением в его узлах пренебречь. Ускорение свободного падения g .

Возможное решение

1) Баланс мощности при подъеме: $N = \beta V_1^3 + mg \sin \alpha V_1$, где N – мощность автомобиля <2 балла>.

2) Баланс мощности при спуске: $N = \beta V_2^3 - mg \sin \alpha V_2$ <2 балла>.

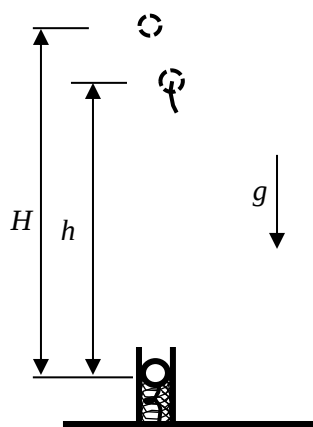
3) Находим β : $\beta = \frac{mg \sin \alpha (V_2 + V_1)}{V_2^3 - V_1^3}$ <2 балла>.

4) Определяем затраты энергии: $E = N(t_1 + t_2) = \beta(V_1^2 + V_2^2)S$ <2 балла>.

Ответ: $E = \frac{(V_1^2 + V_2^2)(V_1 + V_2)}{V_2^3 - V_1^3} mgS \sin \alpha$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Баланс мощности при подъеме	$N = \beta V_1^3 + mg \sin \alpha V_1$	2
2	Баланс мощности при спуске	$N = \beta V_2^3 - mg \sin \alpha V_2$	2
3	Определение коэффициента в формуле сопротивления воздуха	$\beta = \frac{mg \sin \alpha (V_2 + V_1)}{V_2^3 - V_1^3}$	2
4	Определяем затраты энергии	$E = N(t_1 + t_2) = \beta(V_1^2 + V_2^2)S$	2
5	Получение ответа	$E = \frac{(V_1^2 + V_2^2)(V_1 + V_2)}{V_2^3 - V_1^3} mgS \sin \alpha$	2



5. Из пружинной пушки (с жесткой пружиной) выстрелили шариком массой m в вертикальном направлении, и шарик поднялся на максимальную высоту H . Во втором опыте шарик привязали (без натяжения) к земле вблизи пушки упругой резинкой длины L_0 . Затем его зарядили в пушку и снова выстрелили вертикально – резинка порвалась, а шарик поднялся на высоту h . При какой минимальной длине резинки того же материала и сечения она бы не порвалась во втором опыте? Максимальное усилие, которое выдерживает резинка, равно T . Массой резинки, размером пушки и шарика пренебречь. Ускорение свободного падения g .

Возможное решение

1) Закон сохранения энергии в первом опыте: $\frac{mV_0^2}{2} = mgH$, где V_0 - начальная скорость <1 балл>.

2) Закон сохранения энергии во втором опыте: $\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{T^2}{2k}$ <1 балл>.

3) Откуда: $\frac{1}{k} = \frac{2mg(H-h)}{T^2}$ <1 балл>.

4) При изменении длины резинки изменяется ее жесткость: $k_1 = kL_0 / L$ <2 балла>.

5) Длина резинки минимальная, если она получит натяжение T в высшей точке подъема шарика: $\frac{mV_0^2}{2} = mgh_1 + \frac{T^2}{2k_1}$ <1 балл>.

6) Отсюда находим h_1 и подставляем в формулу $k_1(h_1 - L) = T$ <2 балла>.

Ответ: $L = \frac{HL_0T}{L_0T + (H-h)(2mg+T)}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Закон сохранения энергии в первом опыте	$\frac{mV_0^2}{2} = mgH$	1
2	Закон сохранения энергии во втором опыте	$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{T^2}{2k}$	1
3	Определение жесткости резинки	$\frac{1}{k} = \frac{2mg(H-h)}{T^2}$	1
4	Связь жесткости резинки и ее длины	$k_1 = kL_0 / L$	2
5	Условие натяжения резинки T в точке высшего подъема	$\frac{mV_0^2}{2} = mgh_1 + \frac{T^2}{2k_1}$	1
6	Нахождение h_1 , подстановка в формулу для натяжения	$h_1 = \frac{1}{mg} \left(\frac{mV_0^2}{2} - \frac{T^2}{2k_1} \right)$ $k_1(h_1 - L) = T$	2
7	Получение ответа	$L = \frac{HL_0T}{L_0T + (H-h)(2mg+T)}$	2