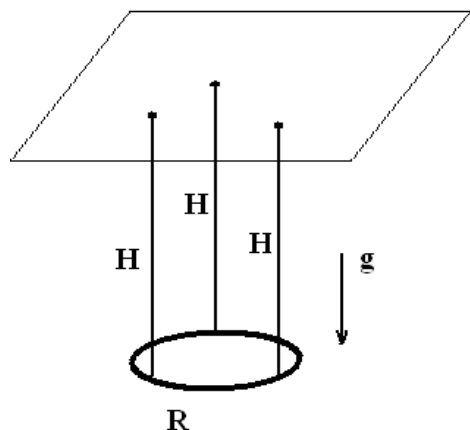


Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике

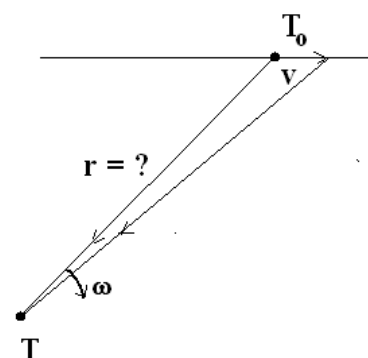
Задачи 11 класса (11 марта 2012 г.)

1. Максимальное стартовое ускорение полноприводного автомобиля при подъёме по наклонному шоссе $a_1 = 0,3g$, а при спуске – $a_2 = 0,7g$ (g – ускорение свободного падения). Найдите перепад высот на 100 м пути и коэффициент трения шин с покрытием шоссе.

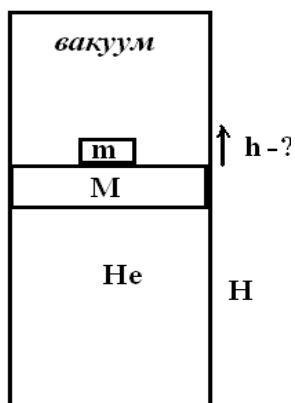


2. Однородное кольцо радиуса R висит на вертикальных нитях длины H с точками подвеса в вершинах горизонтального равностороннего треугольника ($H > 2R$). Кольцо приводят во вращение вокруг собственной оси. При какой начальной угловой скорости нити станут скручиваться друг с другом? Ускорение свободного падения g .

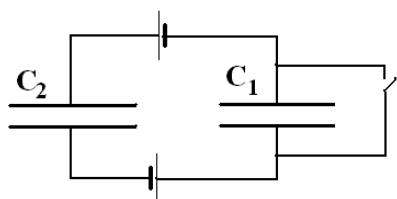
3. Удалённый источник света движется по прямой со скоростью v и испускает вспышки с периодом T_0 . Поворачиваясь в направлении приходящего света с угловой скоростью ω , телескоп фиксирует приход вспышек с периодом T . Найдите расстояние до источника r , пренебрегая изменением этого расстояния за время наблюдения. Скорость света c .



4. В вертикальном цилиндре газ гелий удерживает поршень массы M с грузом массы m на высоте H от дна. Выше поршня вакуум. Груз мгновенно снимают с поршня. На какую высоту h поднимется поршень после установления равновесия? Трение между поршнем и цилиндром пренебрежимо мало. Передачи тепла от газа цилиндру и поршню нет.



5. Исходно незаряженные конденсаторы ёмкости C_1 и C_2 подсоединили к одинаковым батареям по указанной схеме. После установления равновесия заряд второго конденсатора равен q_0 . Каким станет его заряд q после замыкания ключа?



Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике
Возможные решения и разбалловка
Задачи 11 класса(11 марта 2012 г.)

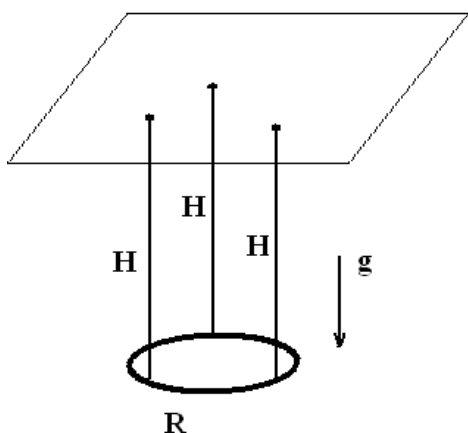
1. Максимальное стартовое ускорение полноприводного автомобиля при подъёме по наклонному шоссе $a_1 = 0,3g$, а при спуске – $a_2 = 0,7g$ (g – ускорение свободного падения). Найдите перепад высот h на 100 м пути и коэффициент трения μ шин с покрытием шоссе.

Решение

Сила нормального давления $N = mg\cos\alpha$ (из отсутствия поперечного ускорения). При подъёме сила трения направлена вдоль опоры вверх, а её максимальное значение $\mu N = \mu mg\cos\alpha$, продольная же составляющая силы тяжести $mg\sin\alpha$ – навстречу, тогда $a_1 = \mu g\cos\alpha - g\sin\alpha$. При старте «под гору» обе эти силы направлены в одну сторону, и тогда $a_2 = \mu g\cos\alpha + g\sin\alpha$. Отсюда $\sin\alpha = (a_2 - a_1)/2g = 0,2$; $h = L\sin\alpha = 20$ м. Выразив косинус через синус, получим $\mu = ((a_2 + a_1)/2g(1 - ((a_2 - a_1)/2g)^2) \cong 0,5$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Указание направления сил		1
Нахождение силы трения и продольной проекции силы тяжести	$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg\cos\alpha, mg\sin\alpha.$	2
Применение 2-го закона Ньютона и получение выражений для a_1 и a_2	$a_1 = \mu g\cos\alpha - g\sin\alpha;$ $a_2 = \mu g\cos\alpha + g\sin\alpha.$	2
Нахождение синуса и перепада высот	$\sin\alpha = (a_2 - a_1)/2g = 0,2; h = L\sin\alpha = 20$ м	2
Нахождение косинуса и μ	$\mu = ((a_2 + a_1)/2g(1 - ((a_2 - a_1)/2g)^2) \cong 0,5$	3



2. Однородное кольцо радиуса R висит на вертикальных нитях длины H с точками подвеса в вершинах горизонтального равностороннего треугольника ($H > 2R$). Кольцо приводят во вращение вокруг собственной оси. При какой начальной угловой скорости нити станут скручиваться друг с другом? Ускорение свободного падения g .

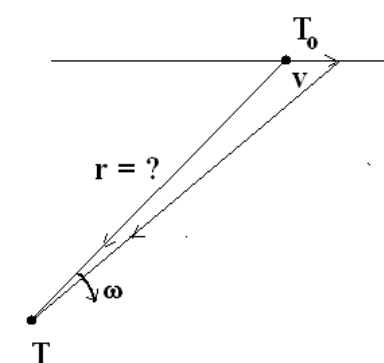
Решение

Скручивание нитей начнётся при повороте кольца на 180° . Точка контакта будет посередине нитей. Тогда расстояние до плоскости подвеса станет $(H^2 - 4R^2)^{1/2}$ (применение теоремы Пифагора). Выражая кинетическую энергию через ω (начальная скорость по вертикали 0) и приравнявая её к приращению потенциальной энергии, получим

$$m\omega^2 R^2/2 = mg(H - (H^2 - 4R^2)^{1/2}); \omega = (2g(H - (H^2 - 4R^2)^{1/2}))^{1/2}/R.$$

Разбалловка

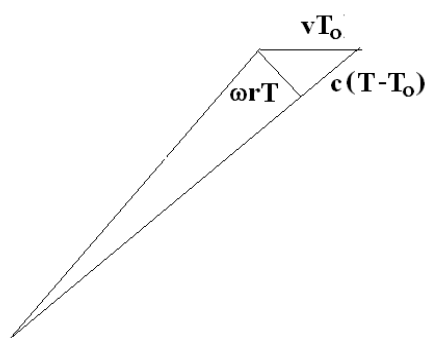
Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Условие начала скручивания	Поворот в 180°	2
Геометрические соотношения и нахождение высоты подъёма	$h = H - (H^2 - 4R^2)^{1/2}$	3
Выражение для кинетической энергии	$K = m\omega^2 R^2/2$	1
Сохранение энергии	$K = mgh$	1
Нахождение ω	$\omega = (2g(H - (H^2 - 4R^2)^{1/2})^{1/2}/R$	3



3. Удалённый источник света движется по прямой со скоростью v и испускает вспышки с периодом T_0 . В течение некоторого малого времени слежения телескоп фиксирует приход вспышек с периодом T , поворачиваясь в направлении приходящего света с угловой скоростью ω . Найдите расстояние r до источника во время наблюдения. Скорость света c .

Решение

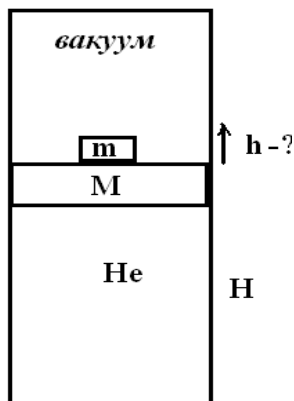
Из рассмотрения запаздывания на малом дополнительном участке $\Delta r = vT_0 \cos \varphi$ для следующего импульса находим $T = T_0(1 + v \cos \varphi / c)$. Возможно ссыла на эффект Доплера при излучении под углом и использование готовой формулы. (в любом случае 3 балла) Из связи угла поворота с тангенциальным смещением получаем выражение для $\omega = vT_0 \sin \varphi / rT$ (3 балла). После исключения неизвестного угла φ находим $r = \frac{\sqrt{v^2 T_0^2 - c^2 (T - T_0)^2}}{\omega T}$. (4 балла). Возможно решение, основанное на том, что малый треугольник с гипотенузой vT_0 и катетами $\omega r T$ и $c(T - T_0)$ прямоугольный.



Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Указание на малость смещений		2
Выделение прямоугольного треугольника		2
Связь его сторон с периодами и скоростями	гипотенуза vT_0 ; катеты $\omega r T$ и $c(T - T_0)$	3
Нахождение r	$r = \frac{\sqrt{v^2 T_0^2 - c^2 (T - T_0)^2}}{\omega T}$	3

Разбалловки приведённого решения указана в самом решении.



4. В вертикальном цилиндре газ гелий удерживает поршень массы M с грузом массы m на высоте H от дна. Выше поршня вакуум. Груз мгновенно снимают с поршня. На какую высоту h поднимется поршень после установления равновесия? Трение между цилиндром и поршнем пренебрежимо мало. Передачи тепла от газа цилиндру и поршню нет.

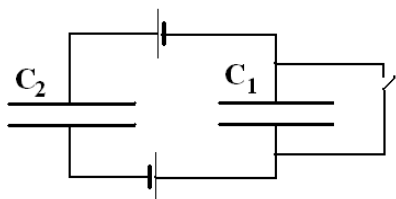
Решение

Уравнение состояния в применении к исходной и конечной ситуации дают $(M + m)gH = \nu RT_0$; $Mg(H + h) = \nu RT$.

Внутренняя энергия газа $U_0 = (3/2)\nu RT_0$; $U = (3/2)\nu RT$. Уравнение энергетического баланса: $U_0 - U = Mgh$. Откуда $h = 3mH/5M$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Применение уравнения состояния	$(M + m)gH = \nu RT_0$; $Mg(H + h) = \nu RT$	4
Выражения внутренней энергии газа	$U_0 = (3/2)\nu RT_0$; $U = (3/2)\nu RT$	2
Связь работы газа с убылью энергии	$U_0 - U = Mgh$	2
Нахождение h	$h = 3mH/5M$	2



5. Исходно незаряженные конденсаторы ёмкости C_1 и C_2 подсоединили к одинаковым батареям по указанной схеме. После установления равновесия заряд второго конденсатора равен q_0 . Каким станет его заряд q после замыкания ключа?

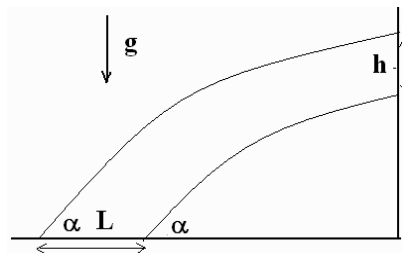
Решение

Из сохранения суммарного заряда верхних (или нижних пластин) следует, что до замыкания заряды конденсаторов одинаковы. Поскольку сумма напряжений на конденсаторах равна сумме напряжений на батареях, то $q_0(1/C_1 + 1/C_2) = 2U$. После же замыкания ключа $q/C_2 = 2U$. Отсюда $q = q_0(C_2/C_1 + 1)$.

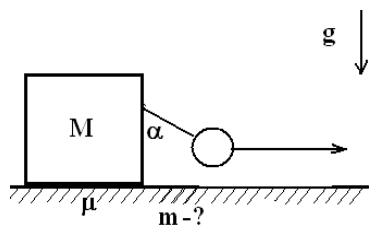
Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Вывод о равенстве зарядов		2
Равенство суммарных напряжений батарей и конденсаторов	$q_0(1/C_1 + 1/C_2) = 2U$	4
Связь заряда и напряжения после замыкания ключа	$q/C_2 = 2U$	2
Нахождение q	$q = q_0(C_2/C_1 + 1)$	2

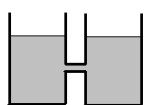
Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике
Задачи 10 класса(11 марта 2012 г.)



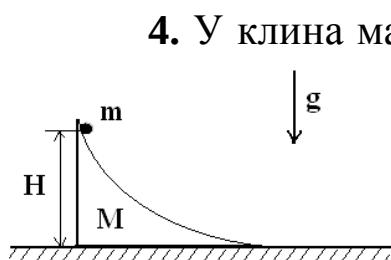
1. Из пушки и миномёта, находящихся на расстоянии L , одновременно выстрелили под углом α к горизонтали. Их снаряды одновременно попали в вертикальную стену. Каково расстояние h между точками попадания? Влиянием воздуха пренебречь.



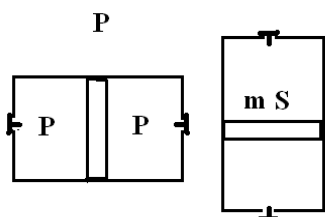
2. Груз привязан нитью к кубу массы M . За другую нить груз тянут по горизонтали, так что он и куб движутся с постоянной скоростью. Наклонная нить образует угол α с вертикалью. Найдите массу груза, если коэффициент трения куба с полом μ .



3. Одинаковые цилиндры открыты сверху и соединены тонкой трубкой. В них налита жидкость плотности ρ_0 с общей массой M , при этом трубка находится посередине между дном и поверхностью жидкости. Жидкость в правом цилиндре нагрели до такой температуры, что её плотность стала ρ ($\rho < \rho_0$). В левом цилиндре температура поддерживается прежней. В каком направлении и какая масса m жидкости протекла по трубке?



4. У клина массы M наклонная грань плавно переходит в горизонталь. На высоте H поместили небольшое тело массы m ($m < M$). Тело и клин отпускают. Соскользнув с клина, тело упруго отражается от вертикальной стенки и поднимается по клину. Насколько максимальная высота подъёма меньше исходной высоты? Трения нет.



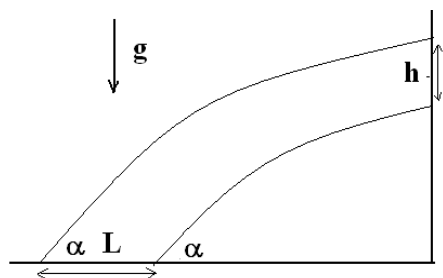
5. Поршень массы m и сечения S в исходном горизонтальном положении цилиндра находится посередине. Слева и справа воздух при атмосферном давлении P . Клапан в торце цилиндра открыт только тогда, когда торец обращен строго вниз. Цилиндр поворачивают на 90° , приведя его в вертикальное положение. Какая доля воздуха выйдет? При какой массе поршня он опустится на нижний торец? Трения нет. Температура неизменна. Ускорение свободного падения g .

Задача не считается решенной, если приводится только ответ.

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике

Возможные решения и разбалловка

Задачи 10 класса(9 марта 2012 г.)



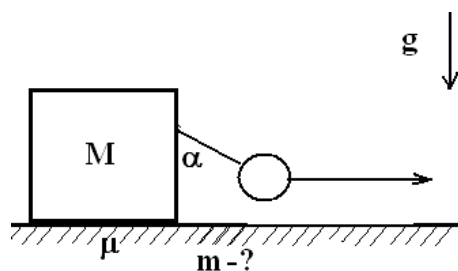
1. Из пушки и миномёта, находящихся на расстоянии L , одновременно выстрелили под углом α к горизонтали. Их снаряды одновременно попали в вертикальную стену. Каково расстояние h между точками попадания? Влиянием воздуха пренебречь.

Решение

Пусть t время полёта, v_1 и v_2 начальные скорости, x_1 и x_2 , y_1 и y_2 перемещения по горизонтали и вертикали; $L = x_2 - x_1$; $h = y_2 - y_1$. Для тела, брошенного под углом α к горизонтали, $x = v \cos \alpha t$ и $y = v \sin \alpha t - gt^2/2$, тогда $L = (v_2 - v_1) \cos \alpha t$; $h = (v_2 - v_1) \sin \alpha t$. Окончательно $h = L \tan \alpha$. Возможно рассмотреть относительное движение, оно происходит с постоянной скоростью, направленной под углом α к горизонтали. Тогда имеем: $L = \Delta v_x t$; $h = \Delta v_y t$; $\Delta v_y = \Delta v_x \tan \alpha$; $h = L \tan \alpha$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Рассмотрение перемещений по вертикали и горизонтали	$x = v \cos \alpha t$ $y = v \sin \alpha t - gt^2/2$	3
Связь разницы перемещений с L и h	$L = x_2 - x_1$; $h = y_2 - y_1$	2
Выражение L и h через разницу скоростей	$L = (v_2 - v_1) \cos \alpha t$ $h = (v_2 - v_1) \sin \alpha t$	3
Нахождение h	$h = L \tan \alpha$	2



2. Груз привязан нитью к кубу массы M . За другую нить груз тянут по горизонтали, так что он и куб движутся с постоянной скоростью. Наклонная нить образует угол α с вертикалью. Найдите массу груза, если коэффициент трения куба с полом μ .

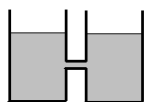
Решение

Рассмотрим горизонтальную и вертикальную проекцию натяжения наклонной нити. Из равновесия груза по вертикали $T_y = mg$, тогда $T_x = mg \tan \alpha$.

Сила нормального давления со стороны опоры $N = (m + M)g$ (равновесие всей системы по вертикали или куба с учётом T_y .) Тогда сила трения при проскальзывании $F = \mu N$. При движении без ускорения $F = \mu N = T_x = mg \tan \alpha$. Откуда после подстановки $\mu(m + M) = m \tan \alpha$ и $m = \mu M (\tan \alpha - \mu)$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Выражения для проекций натяжения	$T_y = mg, T_x = mgtg\alpha$	3
Выражения силы нормального давления	$N = (m + M)g$	2
Связь силы трения и T_x	$\mu N = T_x$	2
Нахождение m (получение уравнения)	$m = \mu M(tg\alpha - \mu)$	3



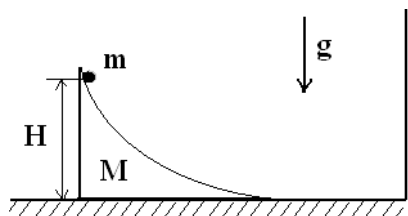
3. Одинаковые цилиндры открыты сверху и соединены тонкой трубкой. В них налита жидкость плотности ρ_0 с общей массой M , при этом трубка находится посередине между дном и поверхностью жидкости. Жидкость в правом цилиндре нагрели до такой температуры, что её плотность стала ρ ($\rho < \rho_0$). В левом цилиндре температура поддерживается прежней. В каком направлении и какая масса m жидкости протекла по трубке?

Решение

Перетекать жидкость будет справа налево. (Допустим перетекания нет, тогда после расширения в правом цилиндре выше трубки окажется больше половины исходной массы и давление на уровне трубки выше чем в левом.) Масса жидкости в левом сосуде $M/2 + m$, а в правом $M/2 - m$ (сохранения массы). Масса же жидкости выше трубки из равенства давлений на уровне трубки одинакова и равна $M/4 + m$. Масса жидкости в правом сосуде ниже трубки $\rho M/4\rho_0$ (из неизменности объёма ниже трубки), прибавив $M/4 + m$ получаем суммарную массу справа $M/2 - m$. Откуда имеем $m = M(\rho_0 - \rho)/8\rho_0$. Если ввести сечение, то из сохранения массы равенство давлений на уровне трубки можно выразить как $(M/2 + m)g/S - Mg/4S = (M/2 - m)g/S - \rho Mg/4S\rho_0$; откуда $m = M(\rho_0 - \rho)/8\rho_0$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Объяснение направления перетекания		2
Выражение для масс в цилиндрах	$M/2 + m, M/2 - m$	1
Масса слева выше трубки	$M/4 + m$	1
Масса справа выше трубки (вывод)	$M/4 + m$	1
Масса справа ниже трубки (вывод)	$\rho M/4\rho_0$	1
Получение уравнения для m из сохранения массы или из равенства давлений	$\rho M/4\rho_0 + M/4 + m = M/2 - m$ аналог	3
Нахождение m	$m = M(\rho_0 - \rho)/8\rho_0$	1



4. У клина массы M наклонная грань плавно переходит в горизонталь. На высоте H поместили небольшое тело массы m ($m < M$). Тело и клин отпускают. Соскользнув с клина, тело упруго отражается от вертикальной стенки и поднимается по клину. На сколько максимальная высота подъёма меньше исходной высоты? Трения нет.

Решение

Исходно потенциальная энергия системы $U = mgH$. После соскальзывания импульсы клина и тела противоположны и одинаковы по величине (сохранение импульса по горизонтали). Тогда, выразив кинетические энергии через импульс, имеем

$$P^2(1/m + 1/M) = 2mgH.$$

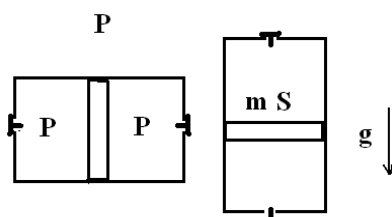
После отражения от стенки импульс тела не изменит величины, но поменяет направление. Полный импульс системы станет $2P$. На максимальной высоте подъёма скорость тела и клина одинаковы, тогда кинетическая энергия $(2P)^2/2(M + m)$. Из неизменности полной энергии имеем

$$(2P)^2/(M + m) + 2mgh = 2mgH.$$

Исключая из этих двух уравнений P , найдём $\Delta h = H - h = 4mMH/(M + m)^2$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Сохранение импульса и энергии на этапе скатывания	$P^2(1/2m + 1/2M) = mgH$ или аналог	2
Полный импульс после отражения	$2P$	2
Кинетическая энергия (верхняя точка)	$(2P)^2/2(M + m)$ или аналог	2
Сохранение энергии	$(2P)^2/2(M + m) + mgh = mgH$	2
Нахождение Δh	$\Delta h = H - h = 4mMH/(M + m)^2$	2



5. Поршень массы m и сечения S в исходном горизонтальном положении цилиндра находится посередине. Слева и справа воздух при атмосферном давлении P . Клапан в торце цилиндра открыт только тогда, когда торец обращен строго вниз. Цилиндр поворачивают на 90° , приводя его в вертикальное положение. Какая доля воздуха выйдет? При какой массе поршня он опустится на нижний торец? Трения нет. Температура неизменна. Ускорение свободного падения g .

Решение

При открытом клапане воздух перестаёт выходить, когда давление под поршнем сравнивается с атмосферным P . После поворота на 90° давление выше поршня тогда

будет $P' = P - mg/S$. Пусть весь объём V , объём снизу V_1 , тогда объём сверху $V - V_1$. Из уравнения состояния идеального газа при неизменности температуры имеем

$$P'(V - V_1) = (P - mg/S)(V - V_1) = PV/2.$$

Откуда $V - V_1 = PV/2(P - mg/S)$. Поскольку $\nu RT = PV$, $\nu_1 RT = PV_1$, где ν начальное общее число молей, а ν_1 число молей оставшихся под поршнем, то

$$\nu_1/\nu = V_1/V = (PS - 2mg)/2(PS - mg).$$

Заметим, что $\nu_1 = 0$ при массе $m = PS/2g$ и большей поршень выдавит весь газ снизу. Выйдет ровно половина газа. (В самом деле при почти полном вытеснении газ сверху расширится вдвое, его давление станет $P/2$, а условие равновесия при открытом клапане $P = P/2 + mg/S$.)

Рассмотрим случай $\nu_1 > 0$ ($m < PS/2g$). Тогда число вышедших молей газа

$$\Delta\nu = \nu/2 - \nu_1, \text{ а искомая доля } \Delta\nu/\nu = mg/2(PS - mg).$$

Разбалловка

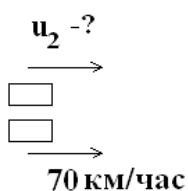
Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Давление выше поршня	$P' = P - mg/S$	1
Неизменность суммы объёмов	$V_2 = V - V_1$	1
Условие изотермичности для воздуха сверху	$(P - mg/S)(V - V_1) = PV/2.$	2
Нахождение числа молей снизу	$\nu_1/\nu = V_1/V = (PS - 2mg)/2(PS - mg).$	2
Нахождение искомой доли	$\Delta\nu = \nu/2 - \nu_1 = mg/2(PS - mg).$	2
Условие полного вытеснения	$m = PS/2g$	2

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике

Задачи 9 класса(11 марта 2012 г.)

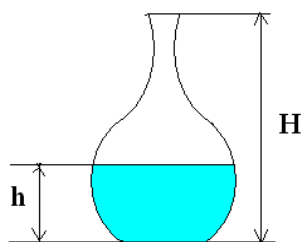
1. Нужно покрасить участок стены площади S малярной кистью ширины l . Размеры участка много больше ширины кисти. Оцените, за какое наименьшее время маляр справится с покраской, если середину кисти он перемещает со скоростью v ?

2. На крыльце сидит хозяйка, а хозяин с постоянной скоростью уходит по дорожке. В какой-то момент пёс, сидящий рядом с хозяйкой, бросается за хозяином и догоняет его. Догнав, сразу с прежней скоростью бежит назад и возвращается к хозяйке через время $T_1 = 4$ мин. И снова сразу бежит за хозяином с той же скоростью. Догнав его, пёс тем же путём и с прежней скоростью возвращается к крыльцу, на этот раз через время $T_2 = 6$ мин. И снова бежит за хозяином, а догнав его – назад. Через какое время T_3 он вернётся к хозяйке в третий раз?

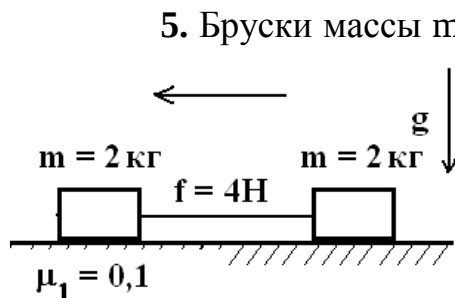


3. Автомобили движутся равноускоренно параллельными курсами. Второй поравнялся с первым, когда их скорости были $v_2 = 55$ км/час и $v_1 = 50$ км/час. Они поравнялись второй раз, когда скорость первого автомобиля стала $u_1 = 70$ км/час. Найдите

скорость второго автомобиля в этот момент и отношение ускорений автомобилей.



4. Из полного сосуда с водой отлили половину её объёма и закрыли сосуд пробкой. Расстояние от пробки до дна равно H , а от поверхности воды до дна h . Сосуд переворачивают вверх дном. Как изменится после этого давление на пробку изнутри? Плотность воды ρ , ускорение свободного падения g .



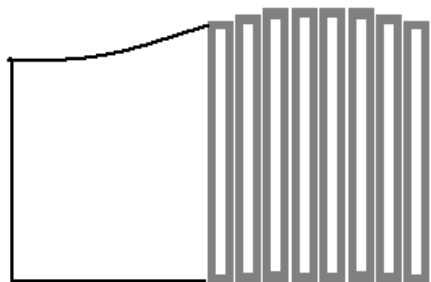
первый по пластиковому покрытию, второй по бетону. Натяжение нити $f = 4$ Н. Коэффициент трения бруска с пластиком $\mu_1 = 0,1$. Найдите коэффициент трения бруска с бетоном и ускорение брусков. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике

Задачи 9 класса (11 марта 2012 г.) Возможные решения и разбалловка

1. Нужно покрасить участок стены площади S малярной кистью ширины l . Размеры участка много больше ширины кисти. Оцените, за какое наименьшее время маляр справится с покраской, если середину кисти он перемещает со скоростью v ?

Решение



Наибольшая закрашиваемая за единицу времени площадь $dS/dt = vl$ получается при скорости, перпендикулярной «ширине» кисти. При покраске участка полосами ширины l получается ступенчатая фигура, площадь которой при малом l почти равна площади участка. То есть закрашенная за время T площадь $v/T \cong S$, а $T \cong S/vl$. (Реально время получится чуть больше. Для прямоугольника со сторонами

LH относительное превышение при покраске полосами $\Delta T/T < l/L + l/H$.)

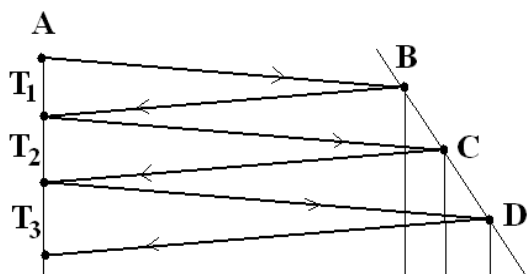
Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Условие максимальности dS/dt	$dS/dt = vl$	3
Выбор «оптимального» способа окраски		2
Зависимость площади окраски от времени	$S_{\text{зак}} = v/T$	1
Указание близости S и $S_{\text{зак}}$ при малом l		2
Выражение для минимального времени	$T \cong S/vl$	2

2. На крыльце сидит хозяйка, а хозяин с постоянной скоростью уходит по дорожке. В какой-то момент пёс, сидящий рядом с хозяйкой, бросается за хозяином и догоняет его. Догнав, сразу с прежней скоростью бежит назад и возвращается к хозяйке через время $T_1 = 4$ мин. И снова сразу бежит за хозяином с той же скоростью. Догнав его, пёс тем же путём и с прежней скоростью возвращается к крыльцу, на этот раз через время $T_2 = 6$ мин. И снова бежит за хозяином, а догнав его – назад. Через какое время T_3 он вернётся к хозяйке в третий раз?

Решение

От момента первой встречи пса и хозяина до момента второй прошло время $(T_1 + T_2)/2$. Расстояние от крыльца (точка А) до места первой встречи (точка В) равно $sT_1/2$, до места второй встречи (точка С) $sT_2/2$. Перемещение



хозяина (BC) можно выразить двумя способами $BC = v(T_1 + T_2)/2$ и $BC = c(T_2 - T_1)/2$. То есть $v(T_1 + T_2)/2 = c(T_2 - T_1)/2$. Отсюда находим выражение $T_2/T_1 = (c + v)/(c - v)$. Рассматривая «третью циркуляцию» пса, получим аналогичное соотношение $v(T_2 + T_3)/2 = c(T_3 - T_2)/2$; от-

куда $T_3/T_2 = (c + v)/(c - v)$. А тогда $T_3 = T_2^2/T_1 = 9$ мин. Можно использовать схему перемещений или равносильные ей графики движения. Но само наличие графиков без объяснений и выводов не является полным решением.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Нахождение времён перемещений хозяина и пса		2
Выражение перемещений хозяина двумя способами	$v(T_1 + T_2)/2 = c(T_2 - T_1)/2$ $v(T_2 + T_3)/2 = c(T_3 - T_2)/2$	4
Вывод о равенстве отношения времён	$T_3/T_2 = T_2/T_1$ или аналог	2
Нахождение искомого времени	$T_3 = T_2^2/T_1 = 9$ мин	2

3. Автомобили движутся равноускоренно параллельными курсами.



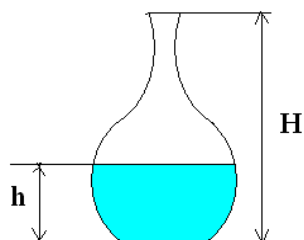
Второй поравнялся с первым, когда их скорости были $v_2 = 55$ км/час и $v_1 = 50$ км/час. Они поравнялись второй раз, когда скорость первого автомобиля стала $u_1 = 70$ км/час. Найдите скорость второго автомобиля в этот момент и отношение ускорений автомобилей.

Решение

Одновременные перемещения равны, значит равны средние скорости. Откуда: $v_1 + u_1 = v_2 + u_2$; $u_2 = v_1 + u_1 - v_2 = 65$ км/час. Отношение ускорений $a_1/a_2 = (u_1 - v_1)/(u_2 - v_2) = 2$ даёт отношение приращений скоростей за равное время. Можно исходить и из формул равноускоренного движения.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Указание одновременности перемещений		2
Равенство средних скоростей (аналог)	$v_1 + u_1 = v_2 + u_2$	3
Нахождение искомой скорости	$u_2 = v_1 + u_1 - v_2 = 65$ км/час	2
Нахождение отношения ускорений	$a_1/a_2 = (u_1 - v_1)/(u_2 - v_2) = 2$	3



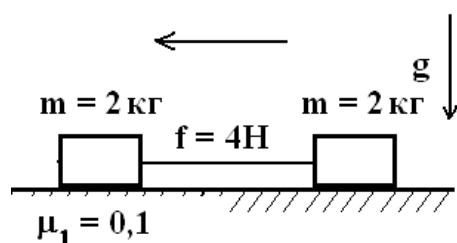
4. Из полного сосуда с водой отлили половину её объёма и закрыли сосуд пробкой. Расстояние от пробки до дна равно H , а от поверхности воды до дна h . Сосуд переворачивают вверх дном. Как изменится после этого давление на пробку? Плотность воды ρ , ускорение свободного падения g .

Решение

Из условия следует, что свободный объём равен объёму жидкости. Поэтому после переворота вода займёт ранее свободный объём и её уровень над пробкой будет равен $H - h$. Исходно давление на пробку P_0 оказывал только воздух. В перевёрнутом сосуде давление $P = \rho g(H - h) + P_0$ оно складывается из давления столба воды высоты $H - h$ и давления воздуха. Последнее не изменилось, поскольку воздух не сжался и не расширился. (Предполагаем неизменность температуры). Тогда $\Delta P = \rho g(H - h)$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Нахождение уровня воды в конце	$H - h$	3
Анализ давления на пробку в начале и конце	P_0 ; $P = \rho g(H - h) + P_0$	4
Указание неизменности давления воздуха		1
Нахождение приращения давления	$\Delta P = \rho g(H - h)$	2



5. Бруски массы $m = 2$ кг связаны нитью и движутся по инерции влево, первый по пластиковому покрытию, второй по бетону. Натяжение нити $f = 4$ Н. Коэффициент трения бруска с пластиком $\mu_1 = 0,1$. Найдите коэффициент трения бруска с бетоном и ускорение брусков. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Решение

$$ma = f + \mu_1 mg; ma = -f + \mu_2 mg; \mu_2 = 2f/mg + \mu_1 = 0,5; a = f/m + \mu_1 g = 3 \text{ м/с}^2.$$

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
2-й закон Ньютона для брусков	$ma = f + \mu_1 mg$; $ma = -f + \mu_2 mg$	6
Нахождение μ_2	$\mu_2 = 2f/mg + \mu_1 = 0,5$	2
Нахождение ускорения	$a = f/m + \mu_1 g = 3 \text{ м/с}^2$	2

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике,

11 марта 2012

7-8 классы

Возможные решения

7 класс

1) В одном древнем городе время измеряли количеством сгоревших свечей, которые зажигали одну за другой. Тонкая свеча сгорает вчетверо быстрее, чем средняя свеча, а средняя сгорает в 5 раз быстрее, чем толстая свеча. Путешественник заметил, что за время ужина сгорели две толстых, три средних и две тонких свечи. По часам самого путешественника ужин длился 1 час 21 минуту. Сколько минут горит средняя свеча?

Решение: Если измерять длительность ужина в «средних свечах», то он длился $0.5+3+2\cdot5=13.5$ ср. св. В минутах ужин длится 81 минут, т.е. 1 средняя свеча горит $81/13.5=6$ минут.

Возможная разбалловка:

Математическое соотношение, выражающее в каком-либо виде условие задачи (например, $2T_{\text{толст}}+3T_{\text{сред}}+2T_{\text{тонк}}=1\text{ час } 21\text{ мин}$) 2 балла

Уравнение, позволяющее произвести вычисление (например,

$2\cdot5T_{\text{сред}}+3T_{\text{сред}}+0.25\cdot2T_{\text{тонк}}=81\text{ мин}$) 7 баллов

Численное значение ответа +3 балла.

2) Спортсмен на тренировке в парке побежал с постоянной скоростью $v_c=6$ м/с. Тренер побежал за ним со скоростью $v_t=2$ м/с. Спортсмен добежал до края парка, повернул обратно, и через некоторое время встретил тренера. При встрече тренер тоже повернул назад, и они оба побежали к месту старта со скоростью $v_o=4$ м/с, затратив на эту часть пути 5 минут. Чему равнялась длина беговой дорожке в парке от края до края?

Решение: Вычисление расстояния от места встречи до старта (1200 м) +2 балла.

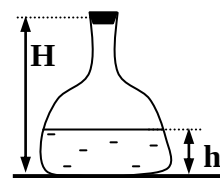
Связь между этим расстоянием X и искомой длиной L : $(L+(L-X))/v_c=X/v_t$. (+5 баллов) Если дано только явное указание на одинаковость времени движения тренера и спортсмена до встречи (+ 1 балл).

Численное значение ответа (2400 м) +3 балла.

3) У школьника было два разобранных пружинных динамометра. По длине шкалы динамометры были совершенно одинаковыми, но из-за разных пружин один был рассчитан на 10 Н, а другой – на 20 Н. Школьник собрал динамометры, но перепутал пружины. Потом он соединил динамометры последовательно друг с другом и растянул руками. Динамометр со шкалой на 20 Н показал значение силы 8 Н. Что показал другой динамометр?

Решение: Из условия следует, что коэффициенты упругости пружин различаются в 2 раза, так как одинаковое максимальное растяжение соответствует вдвое различающимся силам (+2 балла). В динамометре на 20 Н стояла пружина вдвое меньшей жесткости, которая была растянута вдвое больше, чем «правильная» пружина (+2 балла). Следовательно, сила, действующая на каждую из пружин, равнялась 4 Н (+2 балла). Значит, другой динамометр показал 2 Н, так как там была вдвое более жесткая пружина (+4 балла).

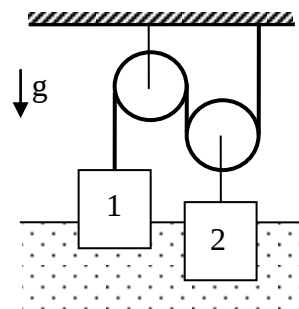
4) В колбу высотой $H=40$ см налили 0.5 литра воды. При этом уровень жидкости над дном был равен $h=10$ см. Колбу закрыли небольшой пробкой площадью сечения $S=5\text{ см}^2$ и перевернули вверх дном. Чему равна сила трения, действующая на пробку, если заполненная до верха колба вмещает ровно 1 литр воды? Считать $g=10\text{ м/с}^2$, массой пробки



пренебречь.

Решение: Так как в колбе находится ровно половина от максимального объема воды, то в перевернутой колбе вода будет занимать объем точно равный пустому объему в исходном положении колбы (+2 балла). Вывод о том, что высота столба жидкости составит $H-h=30$ см (+3 балла). Сила, действующая на пробку, $F=\rho g(H-h)\cdot S$ (+3 балла). Численное значение $1000\cdot 10\cdot 0.3\cdot 0.0005=1.5$ Н (+2 балла).

5) Имеется система невесомых блоков и нитей, которая удерживает в равновесии два груза, погруженных в воду. Груз №1 погружен на 1/3, а №2 погружен на 2/3 своего объема. Грузы имеют одинаковые размеры, но сделаны из разных материалов. Найдите плотность материала груза №2, если плотность другого груза равна 0.7 г/см³.



Решение: Груз №1 находится в равновесии под действием сил тяжести M_1g , выталкивающей силы F_A и силы, действующей со стороны нити и равной натяжению нити T .

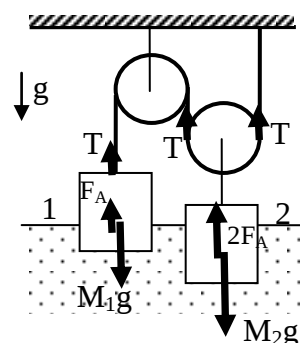
$$M_1g = F_A + T \quad (+1 \text{ балл})$$

Для второго груза уравнение, описывающее равновесие:

$$M_2g = 2F_A + 2T \quad (+3 \text{ балла})$$

Здесь учтено, что выталкивающая сила для второго груза вдвое больше, так как погруженный объем вдвое больше (если замечен только этот факт, то 1 балл). Кроме этого, можно считать, что к грузу №2 (вместе с невесомым блоком) приложены две силы натяжения нити T (если замечен только этот факт, то 1 балл). (Если рассматривать груз №2 сам по себе, то можно заметить, что натяжение нити, прикрепленной к грузу №2, вдвое больше, чем натяжение нити, прикрепленной к грузу №1) Из приведенных уравнений следует, что $M_2 = 2M_1$, (+2 балла) т.е., при одинаковых объемах, $\rho_2 = 2\rho_1$ (+2 балла) $= 1.4$ г/см³ (+2 балла).

Если получен формально правильный ответ, который обоснован только удвоенной величиной выталкивающей силы, действующей на груз №2, ставится 3 балла.



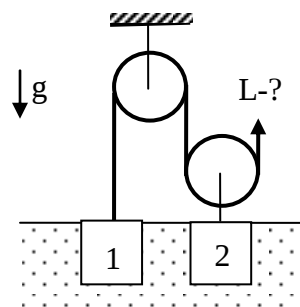
1) Беговая дорожка стадиона имеет вид окружности радиуса 100 м. Три спортсмена одновременно побежали из одной точки в одну сторону со скоростями 3, 4 и 5 м/с. Через некоторое время самый быстрый бегун опять поравнялся с самым медленным. На каком расстоянии от места их встречи был в этот момент спортсмен, бегущий со скоростью 4 м/с?

Решение: Относительно среднего спортсмена другие бегуны бегут навстречу с одинаковой скоростью в разные стороны. Встретятся они в диаметрально противоположной точке, т.е. на расстоянии 200 м от среднего бегуна.

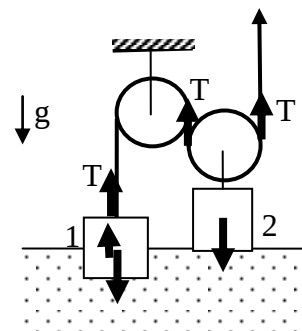
Если расстояние вычисляется вдоль дорожки стадиона, т.е. приведен ответ вида 314 м, то ставится 9 баллов за снижение точности.

Если только вычислено время, через которое произойдет встреча крайних спортсменов + 3 балла. Численное значение ответа +2 балла.

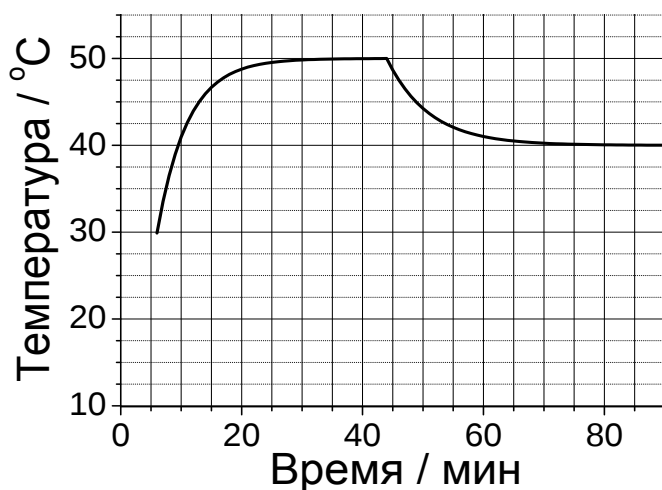
2) Имеется система невесомых блоков и нитей, которая удерживает два одинаковых груза. Грузы имеют форму кубов с ребром a . В начальный момент грузы практически полностью погружены в жидкость (см. рисунок), а натяжение нити равно нулю. Свободный конец нити начинают медленно вытягивать вверх. На какое расстояние L надо вытянуть нить, чтобы хотя бы один из грузов полностью вышел из жидкости? Какую силу надо для этого приложить, если плотность жидкости равна ρ ?



Решение: Из воды полностью выйдет груз №2, так как к нему приложена двойная сила натяжения нити T (+2 балла). Если масса каждого груза равна M , то в этот момент к нити надо прикладывать силу $T = Mg/2 = \rho a^3 g/2$ (+3 балла). При этом груз №1 будет погружен наполовину, так как при полном погружении выталкивающая сила равна Mg по условию. Значит, смещение груза №1 составит $a/2$ (+1 балл), а смещение груза №2, как и подвижного блока, будет равно a (+1 балл). Для этого свободный конец нити придется вытянуть на $L = a/2 + 2 \cdot a = 2.5a$ (+3 балла)



3) Школьник работал с калориметром, в котором находилось некоторое количество воды при неизвестной температуре. Школьник сначала залил в калориметр 0.5 кг воды с температурой 80°C , а затем еще столько же с температурой 20°C . Но он с опозданием включил прибор для измерения температуры и получил «урезанный» график зависимости температуры внутри калориметра от времени. Как, используя данные на графике, школьнику определить, какую температуру имела вода вначале, и сколько ее было в калориметре? Теплообменом со стенками калориметра пренебречь.



Решение: Пусть вначале было M_0 кг воды при температуре T_0 . Из уравнения теплового баланса имеем (сразу подставлены известные из графика установившиеся значения температуры)

$$M_0 \cdot C \cdot T_0 + M_1 \cdot C \cdot 80 = (M_0 + M_1) \cdot C \cdot 50 \quad (+2 \text{ балла})$$

$$M_0 \cdot C \cdot T_0 + M_1 \cdot C \cdot (20 + 80) = (M_0 + 2M_1) \cdot C \cdot 40 \quad (+2 \text{ балла})$$

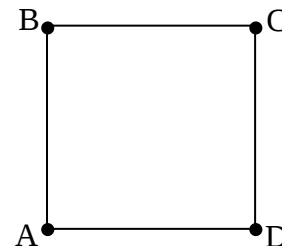
Здесь C – теплоемкость воды. Преобразуя каждое из этих уравнений имеем,

$$M_0 \cdot T_0 = 40M_0 - 20M_1,$$

$$M_0 \cdot T_0 = 50M_0 - 30M_1$$

Отсюда следует, что $M_0 = M_1 = 0.5 \text{ кг}$ (+ 3 балла) и $T_0 = 20^\circ \text{C}$ (+ 3 балла).

4) Из 4-х кусков проволоки три имеют одинаковое сопротивление, а один – вдвое большее. Концы этих кусков соединили, сделав четырехугольник ABCD. Школьник измерил сопротивление между вершинами A и D и получил значение 24 Ом. При измерении сопротивления между вершинами B и C он получил значение 16 Ом. Какая из сторон четырехугольника сделана из куска с самым большим сопротивлением? Чему равно это сопротивление? Сопротивлением мест контакта кусков проволоки пренебречь.



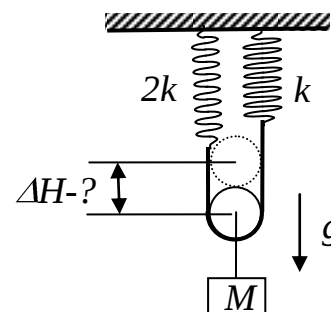
Решение: Если бы иное сопротивление имели стороны AB или CD, то результаты измерений были бы одинаковы (+ 2 балла). Если BC, то ее сопротивление было бы больше, чем 24 Ом (+ 2 балла). От других отличается сторона AD (всего 5 баллов).

Чтобы найти искомое сопротивление R , достаточно записать выражение для сопротивления стороны AD:

$$R_{AD} = (R \cdot 3 \cdot R/2) / (R + 3 \cdot R/2) = 24 \text{ (+3 балла + 2 балла за ответ)}$$

Откуда $R_{AD} = 40 \text{ Ом}$.

5) Блок удерживается нитью, концы которой прикреплены к пружинам (см. рисунок). Коэффициенты упругости пружин равны k и $2k$. К блоку прикрепляют груз массы M и плавно отпускают. На какое расстояние ΔH опустится после этого блок?



Решение: После появления груза натяжение нити увеличивается на $Mg/2$ (+3 балла). Дополнительные растяжения пружин составят $Mg/2k$ (+ 1 балл) и $Mg/4k$ (+ 1 балл). Смещение оси блока равно полусумме смещений концов пружин (+ 3 балла), т.е. $\Delta H = 3Mg/8k$ (+ 2 балла).