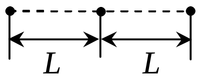
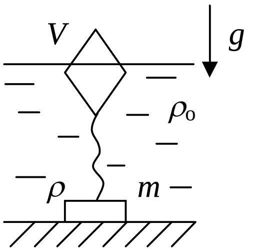
Заключительный (очный) этап Всесибирской олимпиады по физике
Задачи 9 кл. (4 апреля 2010 г.)
Возможные решения и разбалловка



1. Три микрофона расположены по прямой, крайние на одинаковых расстояниях $L = 170$ м от среднего. Произошёл взрыв. Определите, на каком расстоянии от среднего микрофона произошёл взрыв, если крайние микрофоны зафиксировали приход звука от этого взрыва одновременно и на время $t = 0.1$ с позже среднего микрофона. Скорость звука $c = 340$ м/с.

Решение:

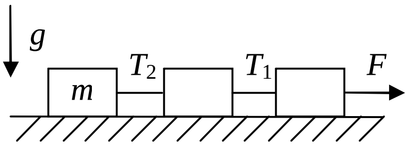
1. Установление, что взрыв произошёл на срединном перпендикуляре – 2
2. Указание, что разница расстояний равна ct - 2
3. Получение соотношения $(h + ct)^2 – h^2 = L^2$ - 3
4. Получение выражения для $h = (L^2 – c^2t^2)/2ct$ - 2
5. Числовое значение h = 408 м - 1



2. Бакен объёма $V = 140$ литров на две трети объёма погружён в воду у берега. Он привязан веревкой к грузу массы $m = 50$кг, лежащему на дне. Верёвка немного провисает. Сможет ли груз оторваться от дна при повышении уровня воды во время прилива? Плотность материала груза $\rho = 8$ г/см^3, а плотность воды $\rho_0 = 1$ г/см^3.

Решение:

1. Установление наибольшего натяжения нити $T_{max} = \rho_0 gV/3$ при полном погружении бакена - 3
2. Определение объёма груза $V_0 = m/\rho$ - 1
3. Нахождения натяжения из равновесия сил при отрыве $T = mg - mg\rho_0/\rho$ - 3
4. Расчёт и сравнение T_{max} и T и вывод о возможности отрыва - 3

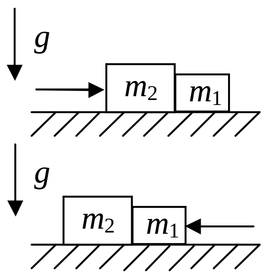


3. За привязанную к правому бруску нить тянут с силой $F = 10$ Н. Натяжения других нитей $T_1 = 7$ Н, $T_2 = 2$ Н. Масса левого бруска $m = 2$ кг. Найдите массы среднего и правого брусков, если все бруски движутся без трения по прямой вдоль горизонтальной опоры.

Решение:

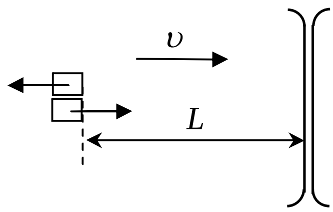
1. Применение 2-го закона Ньютона для левого бруска $ma = T_2$ для нахождения ускорения 2

2. Применение 2-го закона Ньютона для нахождения масс среднего и правого бруска $m_1a = T_1 - T_2$ и $m_2a = F - T_1$ (3 + 3) 6
3. Получение ответа в числах $m_1 = 5$ кг; $m_2 = 3$ кг. 2



4. Бруски с массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг стоят на шероховатом полу, соприкасаясь друг с другом. Если бруски толкнуть с некоторой скоростью вправо, они разъезжаются и проходят разные расстояния L_1 и L_2 до остановки. Почему, если их толкнуть влево, они будут двигаться вместе? Какое расстояние L они тогда пройдут до остановки при той же начальной скорости?

Решение:
1. Вывод о разной величине ускорений из-за разных значений коэффициента трения и объяснение совместного движения брусков - 2
2. Установление связи скорости, ускорения и пройденных расстояний $a_1 = \mu_1 g = v^2/L_1$ и $a_2 = \mu_2 g = v^2/L_2$ - 2
3. Нахождение ускорения при совместном движении из 2-го закона Ньютона $(m_1 + m_2)a = m_1a_1 + m_2a_2$ - 3
4. Получение выражения для $L = 3L_1L_2/(3L_1 + L_2)$ - 3



5. Два одинаковых плота плывут рядом по широкой реке, скорость течения которой $\upsilon = 1$ м/с. На расстоянии $L = 1$ км от моста плотогоны растолкнули плоты, как показано на рисунке. После этого один плот доплыл до моста через время $t = 16$ минут 20 секунд. Насколько позже до моста доплывёт другой плот?

Решение:
1. Указание на равенство начальных скоростей плотов относительно воды 2
2. Идея, что плоты относительно воды остановятся на равных расстояниях 3
3. Получение соотношений $s + vt = L$ и $-s + v(t + \tau) = L$ 3
4. Нахождение $\tau = 2(L - vt)/v = 40$ с 2

Если школьники будут решать задачу, считая скорости плотов после толчка неизменными, то максимальный суммарный балл 7, ответ тогда $\tau \approx 41$ с. Если они из малости $(L - vt)/L$ они сделают вывод о приблизительном равенстве средних относительных скоростей плотов по величине, то при ответе $\tau \approx 41$ с максимальный суммарный балл 10, как и в предлагаемом решении.

ПРИМЕЧАНИЯ

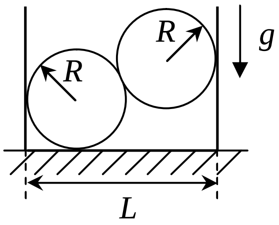
Все задачи оцениваются из 10 баллов. Решения у учащихся могут быть иными и с иными этапами. Тогда нужно провести подгонку разбалловки с учётом ключевых моментов.

Задачи 10 кл. (4 апреля 2010 г.)
Решения и разбаловка

1. Тело стартует и продолжает двигаться с постоянным ускорением. За последнюю секунду до финиша оно проходит расстояние $L = 21$ м, а за предпоследнюю – $l = 15$ м. Каково расстояние от места старта до финиша?

Решение:

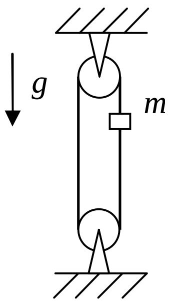
1. Искомое $x = at^2/2$ *(1)*
2. Выражения для перемещений $l = at\tau + a\tau^2/2$ и $l + L = 2at\tau + 2a\tau^2$ *(3)*
3. позволяют найти ускорение $a = (L - l)/\tau^2$ и $t = (3l - L)\tau/2(L - l)$ *(4)*
4. Откуда $x = (3l - L)^2/8(L - l) = 12$ *м* *(2)*



2. В прямоугольном лотке лежат два цилиндра радиуса R и массы m каждый (как показано на рисунке). Расстояние между вертикальными стенками равно L. Найдите силы, с которыми цилиндры давят на дно и стенки. Трения нет. Ускорение свободного падения g.

Решение:

1. Условие равновесие сил по вертикали для системы из двух цилиндров и нахождение силы давления на дно $N_1 = 2mg$ (2)
2. Условие равновесия в применении к верхнему цилиндру с учётом направления силы давления со стороны нижнего цилиндра на вверхний и нахождение силы давления на стенку $N_2 = mg\,ctg\alpha$ *(4)*
3. Нахождение $ctg\alpha = (L - 2R)/\sqrt{L(L-4R)}$ *(2)*
4. Ответ для $N_2 = mg(L - 2R)/\sqrt{L(L-4R)}$ и указание на равенство сил давления на левую и правую стенку (2)



3. Однородная верёвка массы M охватывает блоки, прикреплённые к потолку и полу. Блоки невесомы и трения в них нет. Концы верёвки прикреплены к небольшому по размерам грузу массы m. Определите разницу натяжений верёвки вблизи груза выше и ниже его. Ускорение свободного падения g.

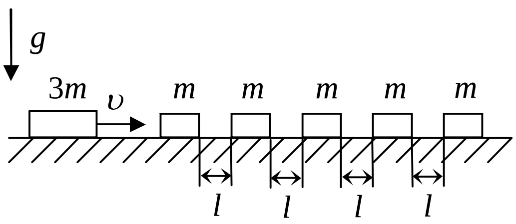
Решение:

1. Применение 2-го закона Ньютона для «половинок» и нахождение ускорения $a = mg/(m + M)$ *(5)*
2. Применение 2-го закона Ньютона для груза $ma = mg - \Delta T$ и нахождение разницы натяжений $\Delta T = mMg/(M + m)$ *(5)*

4. Песчинка удерживается пузырьком воздуха у поверхности воды. Пузырёк с песчинкой начинает тонуть при температуре T_1 и опускается до дна на глубину h. До какой наименьшей температуры T_2 должна нагреться вода, чтобы этот пузырёк с песчинкой всплыл со дна? Плотность воды ρ, атмосферное давление P, ускорение свободного падения g, влиянием поверхностного натяжения на давление пренебречь.

Решение:

1. Объяснение равенства объёма из закона Архимеда (2)
2. Нахождение давления у дна (2)
3. Применение уравнения состояния идеального газа для нахождения отношения температур: $T_2/T_1 = (P + \rho gh)/P$ и получение ответа (6)



5. Пять брусков одинаковой массы m стоят в ряд с равными зазорами l между ними. Слева на них налетает брусок массы $3m$ со скоростью υ, что приводит к столкновениям. Найдите время от момента первого до момента последнего столкновения в этой системе, считая их упругими.

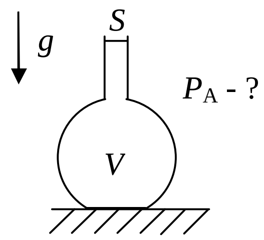
Решение:

1. Нахождение скоростей после первого столкновения из сохранения импульса и энергии $\upsilon_1 = \upsilon/2;\ u_1 = 3\upsilon/2$ *(4)*
2. Остановка налетающего бруска при столкновении равных масс (1)
3. Нахождение скоростей бруска $3m$ после следующих столкновений (3)
4. Равенство проходимых им расстояний (1)
5. Выражение для времени $t = (l/\upsilon)(2 + 4 + 8 + 16) = 30l/\upsilon$ *(1)*

ПРИМЕЧАНИЯ

Все задачи оцениваются из 10 баллов. Решения у учащихся могут быть иными и с иными этапами. Тогда нужно провести подгонку разбалловки с учётом ключевых моментов.

Задачи 11 кл. (4 апреля 2010 г.)
Решения и разбалловка

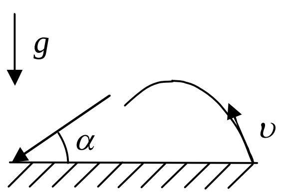


1. Общий объем колбы с газом равен V, её горлышко – цилиндр высоты h и сечения S закрыто невесомым поршнем, расположенным почти у самого верха. Начальное давление в колбе равно атмосферному P_A. В горлышко начинают медленно наливать жидкость плотности ρ. Сначала поршень опускается, затем останавливается и жидкость стекает через края горлышка. Какова при этом масса жидкости в горлышке? При какой величине давления P_A жидкость сможет «продавить» поршень внутрь колбы? Ускорение силы тяжести g. Температуру считать постоянной. Трением пренебречь.

Решение. Равновесие поршня, опустившегося на расстояние x, устанавливается при условии $P_A \dfrac{V}{V - Sx} = P_A + \rho g x$, или $x = \dfrac{V}{S} - \dfrac{P_A}{\rho g}$. $m = \rho S x = \rho V - P_A S/g$.

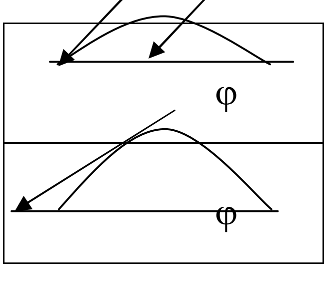
Поршень продавится при $x \geq h$, т.е. $P_A \leq \dfrac{\rho g V}{S} - \rho g h$.

1. Нахождение давления из уравнения состояния идеального газа при неизменности температуры (3)
2. Нахождение давления по высоте столба (1)
3. Нахождения смещения из условия равновесия (2)
4. Нахождение массы (1)
5. Нахождение критического атмосферного давления (3)



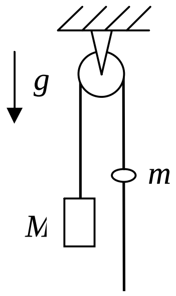
2. Лучи света от солнца падают на горизонтальную поверхность земли под углом α. С земли бросают камень с начальной скоростью υ. На каком наибольшем расстоянии от места вылета может оказаться тень от камня? Рассмотрите случаи $\alpha < 45^o$ и $\alpha > 45^o$. Ускорение свободного падения g.

Решение. Пусть камень бросают под углом φ к горизонтали. При $\alpha > \varphi$ тень дальше всего в месте падения на расстоянии $L = 2v^2 cos\varphi sin\varphi/g$, это расстояние наибольшее при $\varphi = 45^o$ и равно $L_{max} = v^2/g$.



При $\alpha < \varphi$ тень дальше всего при касании луча траектории камня. Опустим на него из начальной точки перпендикуляр. Если его длина h, то расстояние от начальной точки до тени на земле в этот момент будет $L = h/sin\alpha$. h это максимальное перемещение камня по направлению нормали к лучам света. Проекция ускорения на это направление $a_\perp = g\cos\alpha$, если $v_\perp$ проекция начальной скорости на это направление, то $h = v_\perp^2/2g\cos\alpha$ для заданной траектории. Наибольшее h будет при $v_\perp = v$, то есть при $\varphi = 90^o - \alpha$. Тогда $L_{max} = h_{max}/\sin\alpha = v^2/2g\sin\alpha\cos\alpha$. Поскольку $\alpha < \varphi = 90^o - \alpha$, то это решение отвечает $\alpha < 45^o$. В противном случае $L_{max} = v^2/g$.

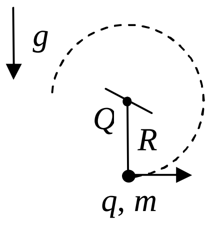
1. Выделение случаев, когда тень дальше всего в месте падения и когда на касательной к траектории. (2)
2. Рассмотрение перемещения по перпендикуляру к направлению лучей и нахождение h через проекции ускорения и скорости. (3)
3. Определение критического угла (2)
4. Определение наибольшего L в обоих случаях. (3)



3. К концу длинной невесомой нити, перекинутой через невесомый блок без трения, привязан груз массы M. С другой стороны нить пропущена через отверстие в шайбе массы m. Сила трения, действующая со стороны нити на шайбу, пропорциональна их относительной скорости. Груз и шайбу отпустили. Найдите установившиеся ускорения груза и шайбы. Ускорение свободного падения g.

Решение.

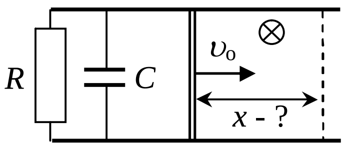
1. Установшиеся ускорения отвечают неизменности скорости. (1)
2. Вывод, что тогда ускорения груза и шайбы одинаковы, а натяжение нити равно силе трения. (3)
3. Применение 2-го закона Ньютона : $Ma = Mg - T;\ ma = T - mg;$ *(4)*
4. Получение ответа $a = (M - m)g/(M + m)$ *(2)*



4. На нити длины R висит маленький шарик массы m с зарядом q. В точке подвеса нити закреплён заряд Q того же знака. Какую наименьшую скорость нужно сообщить шарику в нижней точке, чтобы он описал окружность в вертикальной плоскости? При каком условии значение этой скорости не зависит от массы m? Ускорение свободного падения g.

Решение.

1. Критическая точка – верхняя. Применим в ней 2-й закон Ньютона: $mv^2/R = T + mg - kqQ/R^2$ (2)
2. Поскольку $T \geq 0$ наименьшее $v = 0$ при $kqQ/R^2 \geq mg$ и отвечает равенству $mv^2/R = mg - kqQ/R^2$ иначе. (3)
3. Из сохранения энергии для скорости в нижней точке $v_o^2 = v^2 + 4gR$ (2)
4. Тогда $v_o^2 = 4gR$ при $kqQ/R^2 \geq mg$ и $v_o^2 = 5gR - kqQ/mR$ (2)
5. Ответ не зависит от m в первом случае (1)



5. Резистор сопротивления R и конденсатор ёмкости C подсоединены к двум хорошо проводящим рельсам. Они замкнуты перемычкой с пренебрежимо малыми сопротивлением и массой. Система находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рисунка. Перемычку разгоняют до скорости υ_o и отпускают. Какое расстояние x она пройдёт после этого? Трения нет.

Решение.

1. Используя закон Фарадея, имеем в произвольный момент IR = vBL; (B вектор магнитной индукции L длина перемычки)
   (2)
2. Так как I = dQ/dt и v = dx/dt отсюда находим связь начального заряда и перемещения $Q_oR = xBL$; (3)
3. По начальной эдс находим начальный заряд $Q_o = Cv_oBL$ (3)
4. После подстановки и сокращени искомое $x = v_oRC$. (2)

ПРИМЕЧАНИЯ

Все задачи оцениваются из 10 баллов. Решения у учащихся могут быть иными и с иными этапами. Тогда нужно провести подгонку разбалловки с учётом ключевых моментов.