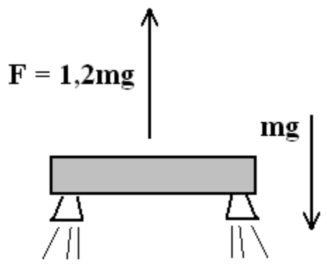
Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике
(22 февраля 2015 г.) Решения и критерии оценки
11 класс

Рекомендации для жюри

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Участники олимпиады могут предложить полные и верные решения задач, отличные от приведённых ниже. За это они должны получить полный балл. Частичное решение или решение с ошибками оценивается, ориентируясь на этапы решения, приведённые в разбалловке. При этом верные выводы из ошибочных допущений не добавляют баллов. Если какой-то этап решения не полный, или частично правильный, то он оценивается частью баллов за этап. Если в решении участника олимпиады предложенные этапы объединены как один, то оценка проводится из суммарного балла. Наличие ответа без решения не оценивается. В решении в скобках могут быть указаны баллы, они повторяются в таблице разбалловки. Для удобства работы жюри, каждая задача представлена на отдельной странице.

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике
(22 февраля 2015 г.) Решения и критерии оценки
11 класс



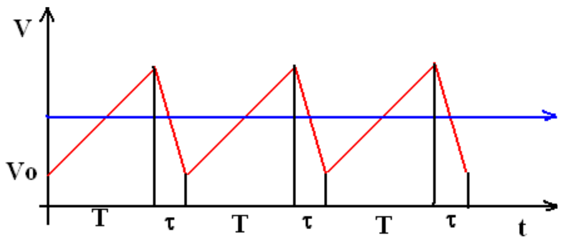
1. Масса платформы с ракетными двигателями равна m. Сила тяги двигателей F = 1,2mg направлена вверх (g – ускорение свободного падения). Двигатели периодически включают на некоторое время T и выключают на время $\tau = 0{,}2$ с. При этом платформа, поднимаясь и опускаясь, остаётся в среднем на неизменной высоте. Каково тогда T? На какую высоту h поднимается платформа от низшего до высшего положения?

Возможное решение

1. Ускорение при включённом двигателе $a = (F - mg)/m = 0{,}2\,g$ (1 балл).

2. Установим зависимость скорости от времени за промежуток $T + \tau$. На участке T приращение скорости пропорционально прошедшему времени, а коэффициент пропорциональности равен *a*. Аналогично и для участка τ, только здесь приращение скорости отрицательно, а вместо *a* g. (1 балл). За промежуток $T + \tau$ полное приращение скорости $\Delta V = aT - g\tau$.(1 балл).

При положительном ΔV скорость в среднем растёт, при отрицательном убывает, по условию же в среднем скорость постоянна (равна нулю!). Таким образом, $\Delta V = aT - g\tau = 0$ и $T = g\tau/a = 1$ с (1 балл).



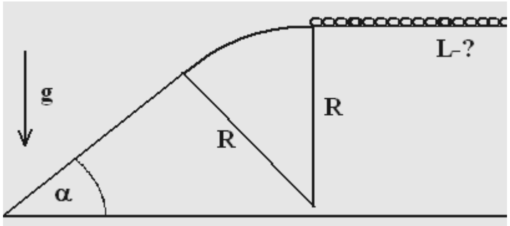
3. На рис. приведён соответствующий график скорости – верхняя горизонтальная ось отвечает нулевой средней скорости. Условие $\Delta V = 0$, ещё не означает, что средняя скорость по вертикали нулевая. Для этого требуется, чтобы перемещение за цикл было нулевым. Отсюда получаем уравнение для начальной скорости V_o: $V_o(T + \tau) + aT^2/2 + g\tau^2/2 = 0$. (2 балла) и $V_o = -aT/2$ (1 балл).

4. Отсюда можно сделать вывод, что низшее и высшее положения проходятся в средние моменты промежутков T и τ (1 балл), где скорость платформы нулевая. А тогда $h = aT^2/8 + g\tau^2/8 = 3g\tau^2/4 \cong 30$ см (2 балла).

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Ускорение при включённом двигателе	$a = (F - mg)/m = 0{,}2\,g$	***1***
2	Зависимость приращений скорости за период	$\Delta V = aT - g\tau = 0$; $T = g\tau/a = 1$ с	***3***
3	Условие нулевого перемещения за цикл	$V_o(T + \tau) + aT^2/2 + g\tau^2/2 = 0$; $V_o = -aT/2$ (аналог, график)	***3***
4	Условие низшего и высшего положения (нулевые скорости), ответ для h	$h=aT^2/8+g\tau^2/8 = 3g\tau^2/4 \cong 30$ см	***3***

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике
(22 февраля 2015 г.) Решения и критерии оценки
11 класс



2. Стол сопряжён цилиндрической поверхностью радиуса R с наклонной плоскостью, угол наклона α. Первоначально покоящаяся цепочка начинает соскальзывать со стола. При какой длине цепочки L её «хвост» не оторвётся от поверхности? Трения нет.

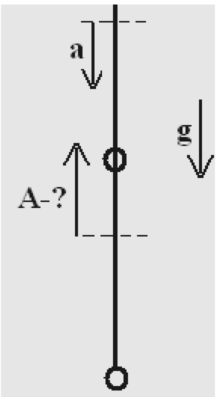
Возможное решение

1. Критический момент – последнее звено цепочки проходит нижнюю точку цилиндрической поверхности, а вся остальная цепочка на наклонной плоскости. (1 балл).
2. Условие отрыва – обращение в нуль силы нормального давления. Из второго закона Ньютона тогда центростремительное ускорение $v^2/R = g\cos\alpha$, где v скорость цепочки. (3 балла).
3. Скорость находим из сохранения энергии $mv^2/2 = mgH$, (1 балл)
где $H = R(1 - \cos\alpha) + (L/2)\sin\alpha$ – уменьшение высоты центра масс.(2 балла).
4. После подстановки находим, что наибольшая длина $L = R(3\cos\alpha - 2)/ \sin\alpha$. При $\cos\alpha < 2/3$ любая цепочка оторвётся. (2 + 1 балл)

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Критическая конфигурация цепочки		***1***
2	Условие отрыва	$v^2/R = g\cos\alpha$	***3***
3	Использование сохранения энергии	$mv^2/2 = mgH$; $H = R(1 - \cos\alpha) + (L/2) \sin\alpha$	***1+2***
4	Нахождение наибольшей L, ограничение на угол α	$L = R(3\cos\alpha - 2)/ \sin\alpha$; Отрыв при $\cos\alpha < 2/3$	***2+1***

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике
(22 февраля 2015 г.) Решения и критерии оценки
11 класс



3. На вертикальной спице снизу закреплён точечный заряд, а вдоль спицы колеблется маленькая заряженная бусинка. Найдите её ускорение A в нижней точке, если в верхней точке ускорение равно a. Трения нет, ускорение свободного падения g.

Возможное решение

1. Раз происходят колебания, то бусинка и закреплённый снизу заряд одноимённы, имеет место отталкивание, иначе движущаяся вниз бусинка не развернулась бы. <1 балл>. Если это учтено неявно, скажем получены с правильными знаками выражения для a и A, то балл добавляется к пункту **2.**

2. Пусть R и r расстояние от бусинки до закреплённого заряда в верхней и нижней точке. Из второго закона Ньютона и закона Кулона имеем следующие выражения для ускорений: $a = g - \alpha/R^2$; $A = \alpha/r^2 - g$, где α – положительный коэффициент. <1 + 1балл>.

3. В верхней и нижней точках скорость бусинки нулевая <1 балл>. Из сохранения энергии следует, что в этих точках совпадают суммы потенциальной энергии в поле тяжести и потенциальной энергии кулоновского взаимодействия <1 балл>. Отсюда: $gR + \alpha/R = gr + \alpha/r$ <1 балл> и полезное в дальнейшем соотношение: $\alpha/rR = g$ <1 балл>.

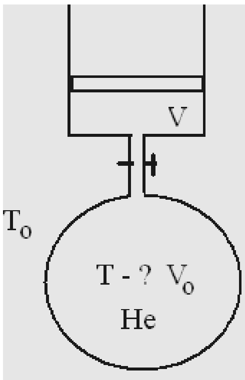
4. Так $(g - a) = \alpha/R^2$, а $(A + g) = \alpha/r^2$, то $(g - a)(A + g) = g^2$; откуда получаем искомое $A = ga/(g - a)$ <3 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Вывод об одноимённости зарядов		***1***
2	Выражения для ускорений	$a = g - \alpha/R^2$; $A = \alpha/r^2 - g$	***2***
3	Сохранение энергии и следствия	$gR + \alpha/R = gr + \alpha/r \rightarrow \alpha/rR = g$	***4***
4	Уравнение для A и ответ	$(g - a)(A + g) = g^2$; $A = ga/(g - a)$	***3***

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике (22 февраля 2015 г.) Решения и критерии оценки

11 класс



4. Сосуд объёма V_o заполнен гелием с температурой T_o. Он соединён трубкой с цилиндром, на дне которого лежит массивный поршень, выше вакуум. Кран в трубке открывают, и поршень начинает медленно подниматься. Когда в цилиндре оказался объём V гелия, поршень остановился. Найдите конечную температуру гелия. Трения между поршнем и цилиндром нет. Теплообменом гелия с поршнем, цилиндром и сосудом пренебречь.

Возможное решение

1. Начальная внутренняя энергия гелия $U_o = (3/2)\nu RT_o$ (1 балл), конечная $U = (3/2)\nu RT$ (1 балл), где ν число молей, а T конечная температура.

2. За счёт убыли внутренней энергии гелий совершает работу $A = mgH$ по подъёму поршня, то есть $U_o - U = mgH$ (2 балла). Или убыль внутренней энергии идёт на увеличение потенциальной энергии поршня в поле тяжести.

3. Из условия равновесия $PS = mg$ (1 балл), а $mgH = PV$, ведь $V= SH$ (1 балл).

4. Из уравнения состояния идеального газа $P = \nu RT/(V_o + V)$ (1 балл).

5. После подстановки имеем условие энергетического баланса:

$(3/2)\nu RT_o - (3/2)\nu RT = \nu RTV/(V_o + V)$ (2 балла).

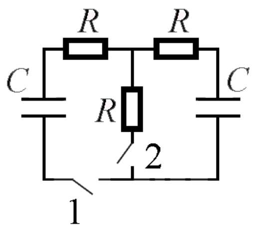
6. Откуда искомая $T = 3T_o(V_o + V)/(3V_o + 5V)$ (1 балл).

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Начальные и конечные внутренние энергии	$U_o = (3/2)\nu RT_o$: $U = (3/2)\nu RT$	***2***
2	Баланс с учётом работы (потенциальной энергии поршня)	$U_o - U = mgH$	***2***
3	Выражение для mgH	$mgH = PV$	***2***
4	Нахождение давления через температуру	$P = \nu RT/(V_o + V)$	***1***
5	Энергетический баланс, выраженный через температуры	$(3/2)\nu RT_o-(3/2)\nu RT=\nu RTV/(V_o+V)$	***2***
6	Ответ	$T = 3T_o(V_o + V)/(3V_o + 5V)$	***1***

.

Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике (22 февраля 2015 г.) Решения и критерии оценки 11 класс



5. Исходно на левом конденсаторе напряжение V_0, правый конденсатор не заряжен, и оба ключа разомкнуты. Сначала замыкают ключ 1, затем, дождавшись установления равновесия, замыкают ключ 2. Найдите тепло, выделившееся на каждом из сопротивлений.

Возможное решение

1. Замыкают ключ 1, ключ 2 разомкнут.

А) Напряжения на конденсаторах становятся одинаковыми, их можно найти из сохранения заряда $CV_0=2CV$, $V= V_0/2$. (1 балл).

Б) Суммарное выделившееся тепло равно разности начальной и конечной энергии, $Q = CV_0^2/2 - 2CV^2/2= CV_0^2/4$ (1 балл).

В) Ток через верхние сопротивления один и тот же, поэтому на них выделяются одинаковые количества тепла и тогда $Q_{11}=Q_{21}= C V_0^2/8$. (1 балл).

2. Замыкают ключ 2 при замкнутом 1-м.

А) Через верхние сопротивления текут равные токи $I_1 = I_2$, через нижнее – суммарный ток $I_3 = I_1 + I_2 = 2 I_1$. (1 балл).

Б) В каждый момент времени выделяющиеся мощности $N_1 = I_1^2R = N_2$, $N_3=4N_1$. (1 балл).

В) Выделяющееся тепло, соответственно, $Q_{21} = Q_{22}$, $Q_{23} = 4Q_{21}$. (1 балл).

Г) Оставшаяся после первого этапа энергия конденсаторов равна суммарно выделившимуся теплу $Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} = 2CV^2/2 = CV_0^2/4$ (1 балл),

Д) откуда $Q_{21} = Q_{22} = CV_0^2/24$, $Q_{23} = CV_0^2/6$. (1 балл).

3. Окончательно выделившееся на каждом сопротивлении тепло $Q_1 = Q_2 = Q_{21} + Q_{22} = CV_0^2/6$, $Q_3 = Q_{23} = CV_0^2/6$. (2 балла).

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	1 замкнут, 2 разомкнут		
1А	Конечные напряжения	$V= V_0/2$	***1***
1Б	Суммарное тепло	$Q = CV_0^2/2 - 2CV^2/2= CV_0^2/4$	***1***
1В	Тепло на каждом	$Q_{11}=Q_{21}= C V_0^2/8$	***1***
2	1 и 2 замкнуты		
2А	Связь токов	$I_1=I_2$, $I_3 =2I_1$	***1***
2Б	Связь мощностей	$N_1=I_1^2R=N_2$, $N_3=4N_1$	***1***
2В	Связь теплот	$Q_{21}=Q_{22}$, $Q_{23} = 4Q_{21}$	***1***
2Г	Суммарное тепло	$Q_{21}+Q_{22} + Q_{23} = 2CV^2/2 = CV_0^2/4$	***1***
2Д	Тепло на каждом	$Q_{21} = Q_{22} = CV_0^2/24$, $Q_{23} = CV_0^2/6$.	***1***
3	Ответ	$Q_1 = Q_2 = Q_{21} + Q_{22} = CV_0^2/6$, $Q_3 = Q_{23} = CV_0^2/6$	***2***