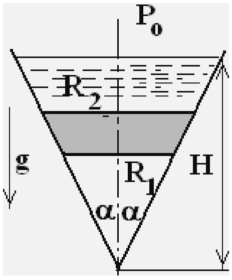
Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
13 марта 2016 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



1. Конический сосуд с углом раствора 2α герметично перекрыт пробкой массой m и радиусами оснований R_1 и R_2. Под пробкой – воздух при атмосферном давлении P_o и температуре T_o, выше налита вода до уровня H от вершины конуса. До какой температуры T нужно нагреть воздух под пробкой, чтобы он стал выходить? Плотность воды ρ, ускорение свободного падения g.

Возможное решение

На пробку при отрыве её от стенки по вертикали вниз действует сила давления воды и сила тяжести mg, а вверх сила давления воздуха в сосуде, сила же со стороны стенки нулевая <1>.

Рассчитаем силы. Давление воды на пробку $P_в = P_o + \rho gh$, где $h = H - R_2 ctg\alpha$ <2>, умножив его на площадь найдем силу давления воды $(P_o + \rho g(H - R_2 ctg\alpha)\pi R_2^2$ <1>. Сила давления воздуха снизу это $P\pi R_1^2$, где P его давление <1>. Отсюда условие равновесия при отрыве пробки: $mg + (P_o + \rho g(H - R_2 ctg\alpha)\pi R_2^2 = P\pi R_1^2$.<1>

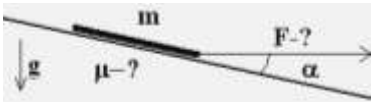
Из уравнения состояния газа и постоянства объёма имеем $P/P_o = T/T_o$.<2>.

Откуда окончательно $T = T_o(mg/\pi R_2^2 + P_o + \rho g(H - R_2 ctg\alpha)R_2^2/P_oR_1^2$. <2>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Указание действующих на пробку сил		***1***
2	Давление воды	$P_в = P_o + \rho gh$, где $h = H - R_2 ctg\alpha$	***1+1***
3	Сила давления воды	$(P_o + \rho g(H - R_2 ctg\alpha)\pi R_2^2$	***1***
4	Сила давления воздуха снизу	$P\pi R_1^2$	***1***
5	Условие равновесия	$mg + (P_o + \rho g(H - R_2 ctg\alpha)\pi R_2^2 = P\pi R_1^2$	***1***
6	Отношения давлений и температур	$P/P_o = T/T_o$. $V = const$	***2***
7	Нахождение искомой температуры	$T=T_o(mg/\pi R_2^2 +P_o +\rho g(H-R_2 ctg\alpha)R_2^2/P_oR_1^2$	***2***

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
13 марта 2016 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



2. На плоскости с углом наклона α лежит однородная линейка массы m. Её тянут по горизонтали за нить, привязанную к нижнему концу. При какой максимальной силе натяжения F_{max} линейка не оторвётся от плоскости? Найдите наименьший коэффициент трения μ_{min} такой, что при этом линейка не будет и соскальзывать. Ускорение свободного падения g.

Возможное решение

Максимум силы – отсутствие поворота вокруг верхнего конца, из условия равновесия моментов сил: $F_{max}\mathit{sin}\alpha = (mg/2)\mathit{cos}\alpha$, то есть $F_{max} = (mg/2)\mathit{ctg}\alpha$, при $F \le (mg/2)\mathit{ctg}\alpha$ нет поворота. <4>

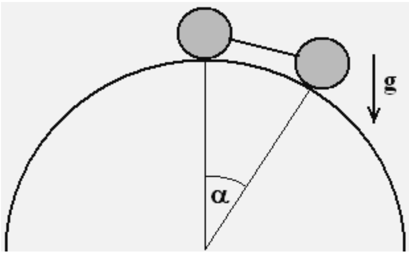
Отсутствие проскальзывания $F\mathit{cos}\alpha + mg\mathit{sin}\alpha \le \mu N$; $N = mg\mathit{cos}\alpha - F\mathit{sin}\alpha$;

$\mu \ge (F\mathit{cos}\alpha + mg\mathit{sin}\alpha)/(mg\mathit{cos}\alpha - F\mathit{sin}\alpha)$ <3>при любых допустимых силах, то есть и при $F = F_{max} = (mg/2)\mathit{ctg}\alpha$ <1>. Тогда $\mu \ge \mathit{ctg}\alpha + 2\mathit{tg}\alpha$ или $\mu \ge \dfrac{1+\sin^2\alpha}{\cos\alpha}$; $\mu_{min} = \mathit{ctg}\alpha + 2\mathit{tg}\alpha$ <2>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Равновесие моментов сил	$F_{max}\mathit{sin}\alpha = (mg/2)\mathit{cos}\alpha$; $F_{max} = (mg/2)\mathit{ctg}\alpha$	***4***
2	Отсутствие проскальзывания	$F\mathit{cos}\alpha + mg\mathit{sin}\alpha \le \mu N$; $N = mg\mathit{cos}\alpha - F\mathit{sin}\alpha$; $\mu \ge (F\mathit{cos}\alpha + mg\mathit{sin}\alpha)/(mg\mathit{cos}\alpha - F\mathit{sin}\alpha)$	***1+1 +1***
3	Отсутствие проскальзывания при F_{max}		***1***
4	Условие на μ	$\mu_{min} = \mathit{ctg}\alpha + 2\mathit{tg}\alpha$ или аналог	***2***

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
13 марта 2016 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



3. Одинаковые шары массы m связаны натянутой нитью и находятся на сфере. Её радиус, проведённый к точке касания с верхним шаром, вертикален, а проведённый к точке касания с нижним, образует угол α с вертикалью. Найдите ускорения шаров и натяжение нити сразу после того, как отпустили верхний шар. Трения нет, ускорение свободного падения g.

Возможное решение

Так как начальная скорость нулевая, то поперечное (центростремительное) ускорение нулевое <0,5>. Нить направлена по прямой, соединяющей центры шаров<0,5>. При движении шаров по сфере скорости и продольные ускорения их центров равны; $a = dv/dt$ <1>. Тогда 2-й закон Ньютона для верхнего шарика $ma = T\cos(\alpha/2)$, где T натяжение нити <2>; а для нижнего $ma = mg\sin\alpha - T\cos(\alpha/2)$ <2>. Отсюда ускорение $a = (g/2)\sin\alpha$ <2>, а натяжение $T = mg\sin\alpha/2\cos(\alpha/2) = mg\sin(\alpha/2)$ <2>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Равенство нулю поперечного ускорения		***0,5***
2	Направление нити		***0,5***
3	Равенство продольных ускорений	$a = dv/dt$	***1***
4	2-й закон Ньютона для верхнего и нижнего шариков	$ma=T\cos(\alpha/2)$;$ma=mg\sin\alpha-T\cos(\alpha/2)$	***2+2***
	Нахождение ускорения	$a = (g/2)\sin\alpha$	***2***
	Нахождение натяжения	$T = mg\sin\alpha/2\cos(\alpha/2) = mg\sin(\alpha/2)$	***2***

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
13 марта 2016 г.
Решения и критерии оценки
10 класс

4. Снег с температурой $t_1 = -10^oC$ опустили в сосуд с нагревателем. Через время, равное $\tau_1 = 4$ минуты, снег растаял и превратился в воду с температурой $t_o = 0^oC$, а ещё через время $\tau_2 = 57$ сек – температура воды выросла до $t_2 = 20^oC$. Найдите удельную теплоёмкость снега c_1, если удельная теплоёмкость воды $c_2 = 4{,}2\cdot10^3$ Дж/кг$\cdot^oC$, а удельная теплота плавления $\lambda = 334\cdot10^3$ Дж/кг. Тепловая мощность, передаваемая нагревателем воде и снегу, постоянна.

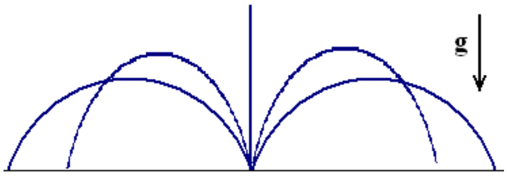
Возможное решение

Поступившее за время τ_1 от нагревателя тепло $N\tau_1$, где N его мощность, <1> идёт на повышение температуры снега от t_1 до t_o и на плавление снега. Уравнение теплового баланса на этом этапе: $M(c_1(t_o - t_1) + \lambda) = N\tau_1$, где M масса снега <3>. Поступившее за время τ_2 тепло идёт на нагрев воды от t_o до t_2, так что $Mc_2(t_2 - t_o) = N\tau_2$ <2>. Исключая M и N находим теплоёмкость $c_1 = c_2(t_2 - t_o)\tau_1/(t_o - t_1)\tau_2 - \lambda/(t_o - t_1) \cong 2\cdot10^3$ Дж/кг$\cdot^oC$ <3+1>.

Разбалловка по этапам

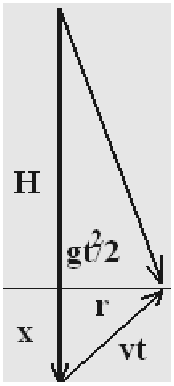
	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Выражение поступившего от нагревателя тепла через время и мощность	$Q = N\tau$	***1***
2	Тепловой баланс за время τ_1	$M(c_1(t_o - t_1) + \lambda) = N\tau_1$	***3***
3	Тепловой баланс за время τ_2	$Mc_2(t_2 - t_o) = N\tau_2$	***2***
4	Нахождение выражения для c_1; число	$c_1= c_2(t_2-t_o)\tau_1/(t_o-t_1)\tau_2-\lambda/(t_o-t_1)\cong2\cdot10^3$Дж/кг$\cdot^oC$	***3+1***

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
13 марта 2016 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



5. Капли воды разбрызгивателя летят во все стороны с одинаковой скоростью v. Насколько нужно поднять разбрызгиватель с уровня земли, чтобы увеличить площадь полива вдвое при прежней скорости вылета? Ускорение свободного падения g, влиянием воздуха пренебречь.

Возможное решение



Вектор перемещения капли за время полёта t $\mathbf{L} = \mathbf{g}t^2/2 + \mathbf{v}t$, **g** ускорение падения, **v** начальная скорость <1>. Рис. отвечает ситуации, когда у **v** положительная проекция на вертикаль, тогда $gt^2/2 = H + x$, где x проекция **v**t на вертикаль, а H высота разбрызгивателя над землёй <1>. Отрицательной проекции отвечает отрицательное x. Расстояние r, пройденное по горизонтали, выразим через теорему Пифагора: $r^2 = (vt)^2 - x^2$ <1>. Выразим время через x: $t^2 = 2(H + x)/g$ <1>. Тогда $r^2 = 2v^2(H + x)/g - x^2$ <1>. Площадь полива определяется максимальным значением r^2, которое выражено квадратным трёхчленом по x. Приведением к полному квадрату, использованием симметрии параболы, с помощью ли производной можно найти максимальное значение: $r^2_{max} = 2v^2H/g + v^4/g^2$ <2>. Если получить выражение r^2 через t, то это будет квадратный полиномом от t^2 с аналогичным исследованием на максимум. Исходная площадь S отвечает $r_o = v^2/g$ (H = 0!) <1>. Удвоение площади $r^2 = 2r_o^2$ даёт решение для $H = v^2/2g$ <2>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	соотношения	Балл
1	Выражение для вектора перемещения	$\mathbf{L} = \mathbf{g}t^2/2 + \mathbf{v}t$	***1***
2	Связь H и x со временем полёта	$gt^2/2 = H + x$	***1***
3	Нахождение перемещения по горизонтали	$r^2 = (vt)^2 - x^2$	***1***
4	Нахождение времени через x	$t^2 = 2(H + x)/g$	***1***
5	Получение зависимости r^2 от x	$r^2 = 2v^2(H + x)/g - x^2$	***1***
6	Нахождение максимума r^2	$r^2_{max} = 2v^2H/g + v^4/g^2$	***2***
7	Исходная площадь отвечает r^2_{max} при H = 0	$r_o = v^2/g$	***1***
	Нахождение H из удвоения площади	$r^2 = 2r_o^2$; $H = v^2/2g$	***2***

Комментарий: Будут встречаться разные варианты решения с другой группировкой и последовательностью этапов. Скажем, при заданных H и r получим квадратное уравнение для x или t^2. При отсутствии решений – r недостижимо, при двух решениях в r можно попасть двумя путями, r_{max} отвечает случаю, когда решение одно, то есть когда совпадают корни, а дискриминант квадратного уравнения нулевой. Отсюда получается $r^2_{max} = 2v^2H/g + v^4/g^2$. В качестве варьируемой переменной может использоваться угол вылета или его тангенс и т. д.

Критерии определения победителей и призеров
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
(2015-2016 уч. год)

Согласно Положению победители и призеры олимпиады были определены по результатам Заключительного этапа Олимпиады. Общее количество победителей и призеров составило 198 человек из 813 участников данного этапа, что составляет 24,35 %. Количество победителей составило 62 человек, что составляет 7,75 %.

Основываясь на **общем рейтинге** участников и учитывая **наличие заметных разрывов** в баллах, набранных группами участников в верхней части рейтинга, жюри Олимпиады разработало следующие критерии определения победителей и призеров:
(Максимальное возможное количество баллов – 50 баллов в 11-8 классах и 40 баллов в 7 классе.)

11 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 84% от максимального количества баллов, т.е. от 42 до 50 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 70 % от максимального количества баллов, т.е. от 35 до 41 баллов
3 степени – не менее 60 % от максимального количества баллов, т.е. от 29 до 34 баллов

10 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 74% от максимального количества баллов, т.е. от 37 до 50 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 68% от максимального количества баллов, т.е. от 34 до 36баллов
3 степени – не менее 64 % от максимального количества баллов, т.е. от 32 до 33 баллов

9 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 86% от максимального количества баллов, т.е. от 43 до 50 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 70 % от максимального количества баллов, т.е. от 35 до 42 баллов
3 степени – не менее 66 % от максимального количества баллов, т.е. от 33 до 34 баллов

8 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 84% от максимального количества баллов, т.е. от 42 до 50 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 72 % от максимального количества баллов, т.е. от 36 до 41 баллов
3 степени – не менее 66 % от максимального количества баллов, т.е. от 33 до 35 баллов

7 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 65% от максимального количества баллов, т.е. от 25 до 40 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 52,5 % от максимального количества баллов, т.е. от 21 до 24 баллов
3 степени – не менее 40 % от максимального количества баллов, т.е. от 15 до 20 баллов

Сопредседатель жюри по физике Н.И.Яворский