

**Решение заключительного этапа
Республиканской юниорской олимпиады по физике, 2022
8 класс**

Задача_1 [6 баллов].

Электрический ток, идущий между двумя горизонтальными пластинами, нагревает воду. Рассмотрим небольшой объем воды размерами $a \times d \times dl$. В этом объеме выделяется тепловая мощность

$$N = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2 a \cdot dl}{\gamma d} \quad (1) \quad [1,5 \text{ балла}]$$

Пренебрегая теплопроводностью воды, можно найти энергию, полученную этим объемом за все время его нахождения в нагревателе

$$Q = \frac{U^2 a \cdot dl}{\gamma d} \cdot \frac{L}{v} \quad (2) \quad [1,5 \text{ балла}]$$

Тогда температура этого объема увеличилась на

$$\Delta T = \frac{U^2 L}{\gamma \rho d^2 v} \quad (3) \quad [1,5 \text{ балл}]$$

где v -скорость течения воды, связанная с ее объемным расходом $k = \frac{\Delta V}{\Delta t} = d a v$.

Необходимое напряжение формулой

$$U = \sqrt{\frac{k \rho \gamma c d \Delta T}{L a}} \quad (4) \quad [1,0 \text{ балл}]$$

Численное значение равно

$$U = 36 \text{ В} \quad (5) \quad [0,5 \text{ балл}]$$

Задача_2 [10 баллов].

2.1

$$F \Delta x = \Delta E = \frac{m}{2} \Delta (v^2) \quad (1) \quad [0,5 \text{ балла}]$$

$$F = \frac{\frac{m}{2} \Delta (v^2)}{\Delta x} \quad (2) \quad [0,5 \text{ балла}]$$

Выпишем значения координат и скоростей. Рассчитаем квадраты скоростей и их изменения на каждые 0,1 м, а также силы на этих участках. Когда доска заедет полностью сила перестанет расти.

X, м	V, м/с [1 балл]	v ² [1 балл]	Δ (v ²) [1 балл]	F, Н [1 балл]
0	3	9	0.19	9.46
0.1	2.97	8.81	0.53	26.28
0.2	2.88	8.29	0.80	39.87
0.3	2.74	7.49	1.00	50.24
0.4	2.55	6.48	1.15	57.47
0.5	2.31	5.33	1.20	60.00
0.6	2.03	4.13	1.20	60,00
0.7	1.71	2.93	1.20	60,00
0.8	1.32	1.73		

После 0,5 м доска уже заехала полностью, после 0,4 ещё нет. Для уточнения можно провести расчёт при координатах 0,55 и 0,45 скорости 2,43 и 2,17 м/с). $F = \frac{10(2.43^2 - 2.17^2)}{2*0.1} = 59.8 \text{ Н}$. При 0,45 м доска ещё не заехала. С допустимой погрешностью возьмём длину равной 0,5 м.

$$L=5 \text{ м} \quad (3) \quad [1 \text{ балл}]$$

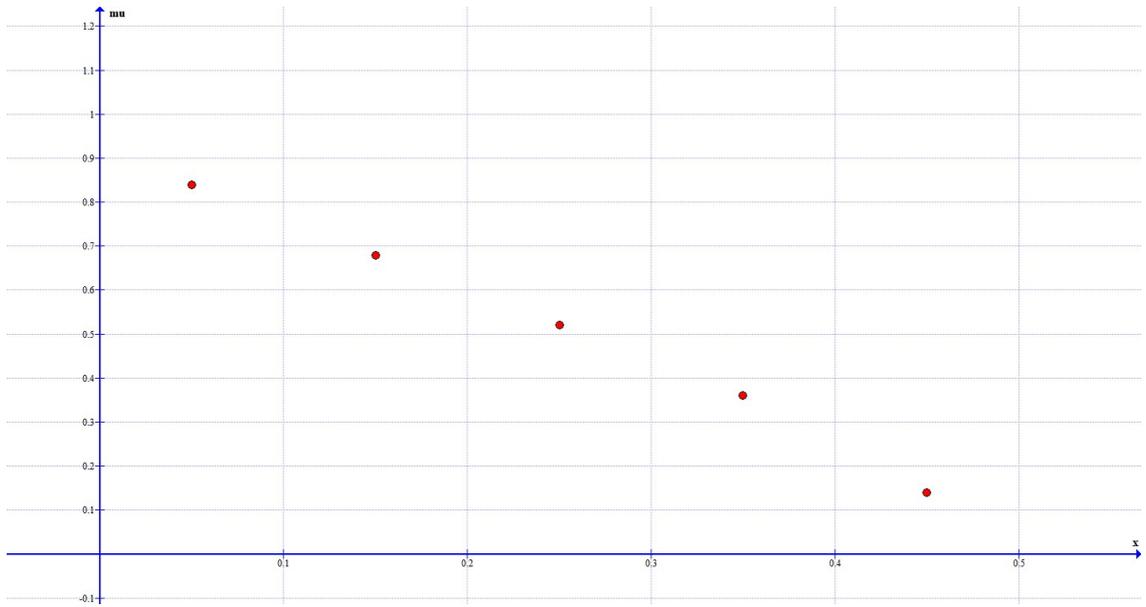
2.2. При заезде сила трения вырастает как

$$\Delta F = \frac{\mu mg \Delta x}{l} \quad (4) \quad [0,5 \text{ балла}]$$

$$\mu = \frac{l}{mg} \frac{\Delta F}{\Delta x} \quad (5) \quad [0,5 \text{ балла}]$$

На основе предыдущей таблицы составим новую

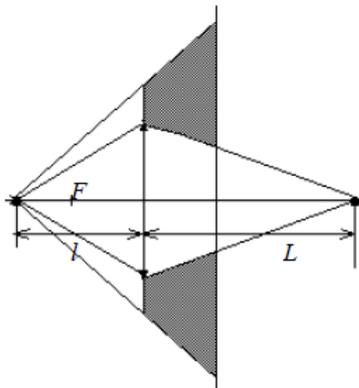
X середины отрезка [0,5 балла]	F, Н [0,5 балла]	Δ F, [0,5 балла]	μ [0,5 балла]
0,05	9.46	16.82	0.84
0,15	26.28	13.58	0.68
0,25	39.87	10.37	0.52
0,35	50.24	7.23	0.36
0,45	57.47	2.73	0.14



[1 балл]

Задача_3 [7 баллов].

Ход лучей в рассматриваемой системе приведен на рисунке ниже, области тени отмечены серым цветом.



[1,0 балл]

Тень от оправы линзы на экране имеет форму кольца, внешний диаметр которого определяется из простых геометрических соображений:

$$D_T = \frac{l+F}{l} D \quad (1) \quad [1,0 \text{ балл}]$$

Внутренний диаметр теневого кольца определяется аналогичным образом

$$d_T = \frac{L-F}{L} d = \left(1 - \frac{F}{L}\right) d \quad (2) \quad [1,0 \text{ балл}]$$

где L - расстояние от линзы до действительного изображения источника, которое определяется по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{l} + \frac{1}{L} = \frac{1}{F} \Rightarrow L = \frac{Fl}{l - F} \quad (3) \quad [1,0 \text{ балл}]$$

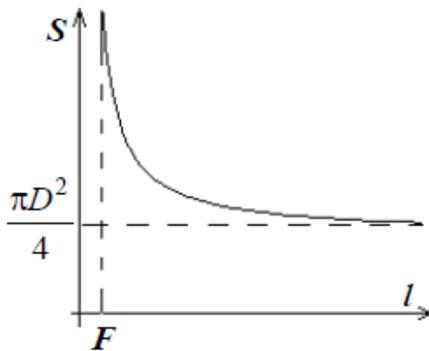
Тогда внутренний диаметр тени

$$d_T = \frac{F}{l} d \quad (4) \quad [1,0 \text{ балл}]$$

и ее площадь определяется по формуле

$$S = \frac{\pi}{4} (D_T^2 - d_T^2) = \frac{\pi}{4} \left(\frac{(l + F)^2}{l^2} D^2 - \frac{F^2}{l^2} d^2 \right) \quad (5) \quad [1,0 \text{ балл}]$$

График этой зависимости приведен на рисунке.



[1,0 балл]

Заметим, что при увеличении расстояния l до бесконечности площадь тени стремится к значению $\frac{\pi D^2}{4}$, т.к. изображение источника находится на экране и имеет нулевую площадь.

Задача_4 [7 баллов].

Мощность всасывания естественно определить как работу, совершаемую двигателем над воздухом в единицу времени. Если двигатель, создав разрежение p , прокачает за время Δt объем воздуха ΔV , то будет совершена работа

$$\Delta A = F \Delta r = p S \Delta r = p \Delta V \quad (1) \quad [1,5 \text{ балл}]$$

где Δr - перемещение порции воздуха; S - площадь сечения воздуховода пылесоса. Поэтому мощность всасывания рассматриваемого пылесоса есть

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} = p v = 500 \text{ Вт} \quad (2) \quad [1,0 \text{ балл}]$$

где v - скорость прокачивания воздуха (25 л в секунду). Сможет ли такой пылесос «всосать» монету «1 тенге», можно оценить так. Чтобы всосать монету, площадь сечения потока воздуха должна быть не меньше ее площади $s \sim d^2$.

Поэтому скорость воздушного потока u будет равна

$$u = \frac{N}{p d^2} \quad (3) \quad [1,5 \text{ балл}]$$

По закону Бернулли при движении воздуха над монетой будет создаваться область меньшего давления. Это давление отрывает монету от пола, а затем она, попадая в поток воздуха, засасывается пылесосом. По закону Бернулли избыточное давление воздуха равно

$\Delta p = \frac{\rho u^2}{2}$, где $\rho = 1,28 \text{ мг/см}^3$ - плотность воздуха. Поэтому поток оторвет монету от пола, если

$$\Delta p d^2 = \frac{\rho u^2}{2} d^2 \geq mg \quad (4) \quad [1,5 \text{ балл}]$$

Используя теперь скорость потока из (3), получим для мощности пылесоса, способного «засосать» копейку

$$N \geq p d \sqrt{\frac{mg}{\rho}} \approx 26,5 \text{ Вт} \quad (5) \quad [1,5 \text{ балл}]$$

т.е. нашего (пятисот ваттного) пылесоса достаточно, чтобы это сделать. Следует, однако, иметь в виду, что при засорении фильтров и наполнении мешков для сбора пыли пылью скорость воздушного потока может убывать «в разы», и даже 500-ваттный пылесос может не справиться с такой работой.