

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ
2017–2018**

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ФИЗИКА (11 КЛАСС) _____

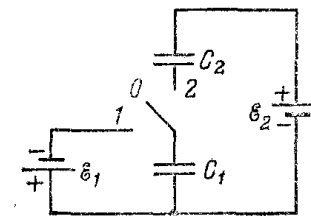
Пример варианта 1

Задача	1	2	3	4	5	6	Всего
Макс. Балл	10	10	20	20	20	20	100

1. Два камня подадут в шахту. Второй камень начал падать на $\tau = 1$ с позже первого. Определить характер движения одного камня относительно второго. Сопротивление воздуха не учитывать. На каком расстоянии друг от друга будут камни через $T = 2$ с после начала падения второго?

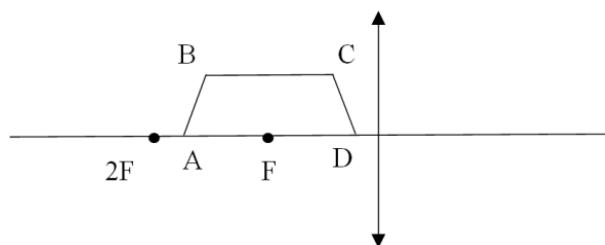
Ответ: равномерное, $S = g\tau(T + \tau/2) = 25$ м.

2. Конденсаторы ёмкости $C_1 = 2$ пФ и $C_2 = 6$ пФ включены в схему, как показано на рисунке. В начальный момент времени ключ находится в среднем положении (0), а конденсаторы не заряжены. Ключ переводят в положение 1 и, через некоторое время, в положение 2. Какая разность потенциалов установится на конденсаторе C_1 , если $\varepsilon_1 = 30$ В, а $\varepsilon_2 = 45$ В?



Ответ: $U_1 = \frac{\varepsilon_2 C_2 - \varepsilon_1 C_1}{C_1 + C_2} = 26.25$ В.

3. Постройте изображение равнобедренной трапеции ABCD в тонкой собирающей линзе и найдите синус изображения угла CDA. Точки B и C находятся на расстоянии $h = 0.5$ см от оптической оси, точки A и D лежат на оптической оси и расположены симметрично относительно точки F на расстоянии 0.45 см, сторона $BC = 0.4$ см. Фокусное расстояние линзы $F = 1.8$ см.

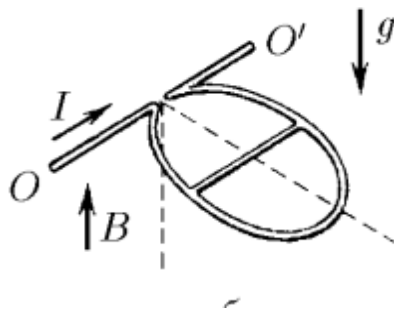


Ответ: $\sin(C'D'A') \approx 0.45$.

4. Невесомый поршень может скользить по гладкой внутренней поверхности вертикально расположенного цилиндра высотой $L = 1$ м, сечением $S = 100$ см². Начальная температура воздуха $T_0 = 300$ К, атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа. Цилиндр герметически закрыли поршнем и поставили на него груз массой $m = 73$ кг. В начальном состоянии плоскость поршня расположена на расстоянии L от дна цилиндра. При движении поршня реализуется процесс $pV^{3/2} = \text{const}$. Найдите температуру газа при прохождении поршнем положения равновесия и наименьшую высоту, которую он достигнет.

Ответ: 1) $T_1 = T_0 \left(1 + \frac{mg}{p_0 S}\right)^{1/3} \approx 360$ К; 2) $x \approx 0.47$ м.

5. Проволочная рамка в виде окружности имеет по диаметру проволочную перемычку, параллельную горизонтальной оси вращения OO' . Масса единицы длины проволоки постоянна и равна $\rho = 0.7$ кг/м. Ток, входящий в рамку, равен $I = 4$ А. Рамка находится в магнитном поле индукции $B = 0.2$ Тл, направленном параллельно полю тяжести. Определить угол отклонения рамки от вертикали.



Ответ: $tg\alpha = \frac{\pi(\pi+4)BI}{4(\pi+1)(\pi+2)\rho g} \approx 0.03.$

6. Тонкий обруч массой $m = 2$ кг скользит без трения по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью $V = 5$ м/с не вращаясь. Ось обруча горизонтальна, вектор V лежит в плоскости обруча. В момент времени $t = 0$ гладкая поверхность заменяется шероховатой с коэффициентом трения $\mu = 0.4$. Найдите установившуюся скорость центра обруча.

Ответ: $V_{уст} = V/2 = 2.5$ м/с.

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ
2017–2018**

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ФИЗИКА (11 КЛАСС) _____

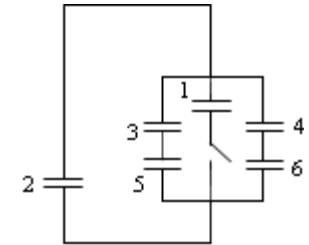
Пример варианта 2

Задача	1	2	3	4	5	6	Всего
Макс. Балл	10	10	20	20	20	20	100

1. Камень падает с башни с нулевой начальной скоростью. Вторую треть пути он пролетел за интервал $\tau = 1,2\text{с}$. Найдите высоту башни h .

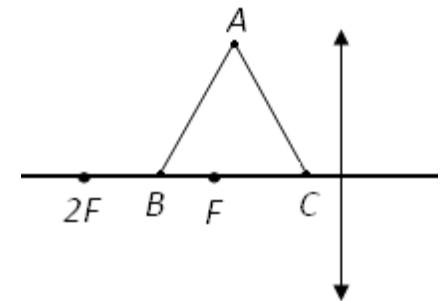
Ответ: $h = \frac{3g}{2}\tau^2(1 + \sqrt{2})^2 \approx 126\text{ м}$.

2. К конденсатору 1 ёмкости $C = 100\text{ мкФ}$, заряженному до разности потенциалов $U = 6\text{ В}$, присоединяются конденсаторы такой же ёмкости, как показано на рисунке. Найти заряд на каждом из шести конденсаторов.



Ответ: $q_1 = q_2 = CU/3 = 200\text{ мкКл}$; $q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = CU/6 = 100\text{ мкКл}$.

3. Постройте изображение равнобедренного треугольника ABC в тонкой собирающей линзе. Какова площадь части действительного изображения, заключённой между плоскостями, расположенными на расстоянии $20F$ и $30F$ от плоскости линзы? Точка A находится на расстоянии $h = 5\text{ см}$ от оптической оси, точки B и C лежат на оптической оси и расположены относительно точки F на расстояниях $b/2 = 2\text{ см}$ и $b = 4\text{ см}$ соответственно. Оптическая сила линзы $D = 10\text{ дптр}$.



Ответ: $S \approx 6333\text{ см}^2$.

4. Невесомый поршень может скользить по гладкой внутренней поверхности вертикально расположенного цилиндра высотой $L = 2$ м, сечением $S = 100$ см². Начальная температура воздуха $T_0 = 300$ К, атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа. Цилиндр герметически закрыли поршнем и поставили на него груз массой $m = 66$ кг. В начальном состоянии плоскость поршня расположена на расстоянии L от дна цилиндра. При движении поршня реализуется процесс $pV^{5/2} = \text{const}$. Найдите температуру газа при прохождении поршнем положения равновесия и наименьшую высоту, которую он достигнет.

Ответ: 1) $T_1 = T_0 \left(1 + \frac{mg}{p_0 S}\right)^{3/5} \approx 407$ К; 2) $x \approx 1.34$ м.

5. В магнитном поле с большой высоты падает кольцо радиуса $a = 1$ м и массы $m = 500$ гр. Сопротивление кольца $R = 30$ Ом. Плоскость кольца всё время горизонтальна. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля изменяется по закону $B = B_0(1 + \alpha h)$, где $B_0 = 1$ Тл. Найдите коэффициент α , если установившаяся скорость падения кольца $V = 30$ м/с. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: $\alpha = \frac{\sqrt{mgR/V}}{B_0 \pi a^2} \approx 0.71$ м⁻¹.

6. Два одинаковых ролика вращаются с одинаковой угловой скоростью в противоположные стороны. Ролик слева – по часовой стрелке, ролик справа – против часовой стрелки. Оси вращения роликов лежат в горизонтальной плоскости, расстояние между ними $l = 50$ см. На ролики положена доска. Изначально центр доски находился на одинаковом расстоянии от осей роликов. Если ролики начнут вращаться одновременно, то доска останется в равновесии (в состоянии покоя). Но если доску чуть-чуть подтолкнуть вдоль ее длины, то она начнет совершать колебания на роликах в горизонтальной плоскости. Период колебаний $T = 2$ с. Найдите коэффициент трения доски о ролики μ .

Ответ: $\mu = \frac{2\pi^2 l}{gT^2} = 0.25$.