**Министерство науки и высшего образования РФ**

**Совет ректоров вузов Томской области**

**Открытая региональная межвузовская олимпиада 2018-2019**

 **ФИЗИКА (11 класс)**

**Заключительный этап**

**(ОТВЕТЫ)**



1. На соревнованиях по фристайлу спортсмен начинает съезжать с горки высотой ***H*** под действием только силы тяжести. Проехав по закруглению радиуса ***R = H*/2**, он в воздухе выполняет акробатические элементы. Определить максимальную высоту от основания горки, на которую спортсмен сможет подняться во время своего полёта. Размерами спортсмена по сравнению с ***H*** пренебречь. Считать, что трение отсутствует.

**Решение**

1. Найдём скорость спортсмена в момент его отрыва от закруглённой части.

Изобразим рисунок. Расставим силы. **(2 балла)**



По закону сохранения механической энергии:

 (1)  **(1 балл)**

По второму закону Ньютона: . В момент отрыва от поверхности *N* = 0. Поэтому,

,  (2)  **(1 балл)**

Подставляя (2) в (1), найдём скорость спортсмена:

,

,  (3)

Зная скорость можно выразить из (2) значение cosα:

,

С учётом условия: . **(1 балл)**

2. Найдём высоту, на которую поднимется спортсмен после отрыва от поверхности. Из уравнений кинематики:

, , (4)

где .

Решая совместно (4), получим . (5)

Найдём sinα: . (6)  **(2 балла)**

Подставляя (6) и (3) в (5), получим:

.

С учётом условия: . **(1 балл)**

3. Окончательно максимальную высоту от основания горки, на которую спортсмен сможет подняться во время своего полёта, можно найти как:

 **(2 балла)**

**Ответ:** .

1. Водолаз, находясь под водой на глубине ***h***, пускает пузырёк воздуха. Определите, а) какой путь по вертикали пройдёт пузырёк, всплывая на поверхность, к моменту времени, когда его объём увеличится в ***η*** раз; б) на какой глубине находится пузырёк и в) каково его ускорение в этот момент. Изменением температуры воздуха в пузырьке и сопротивлением воды движению пузырька пренебречь. Плотность воды ***ρ***, атмосферное давление ***P*0**, молярная масса воздуха ***μ***, температура воздуха в пузырьке ***T***.

**Решение:**

При изотермическом процессе: . (1) **(1 балл)**

Давление на дне и в той точке, где объём пузырька будет в *η* больше:

,

, (2)

где . **(2 балла)**

Выразив отношения давлений из (1) и (2), и приравняв их, получим

, . (3)

а) Далее выразим путь , пройденный пузырьком по вертикали:

, ,

,

. **(3 балла)**

б) Из (3) выразим глубину , на которой находится пузырёк в этот момент

, ,

 **(2 балла)**

в) Определим ускорение пузырька. В любой момент на пузырёк действует постоянная сила тяжести и изменяющаяся с глубиной сила Архимеда. В проекции на ось OY второй закон Ньютона можно записать:

, (4) **(2 балла)**

где массу воздуха в пузырьке можно определить из уравнения состояния идеального газа:

, . (5) **(1 балл)**

Давление на требуемой глубине (2): .

Выразив из (4) ускорение, подставив массу (5) и необходимое давление, получим:

 **(4 балла)**

**Ответ:** а) ; б) ; в) 

1. Конденсатор емкостью 50 мкФ заряжен до напряжения 100 В. К нему подключается конденсатор с емкостью 3 мкФ, в результате чего последний заряжается. Затем, отключив этот конденсатор, заряжают таким же образом второй конденсатор с той же емкостью (3 мкФ), третий и т. д. – всего 10 штук. После этого все заряженные конденсаторы по 3 мкФ соединяют последовательно и выводы батареи замыкают на сопротивление 100 Ом. Какой ток пойдет через сопротивление в начальный момент времени? Сколько энергии выделится на сопротивлении за время, пока ток уменьшится в 1,5 раза?

**Решение:**

1. Заряд на

Параллельное подключение первого конденсатора даёт уравнение:

- напряжение на подключенном конденсаторе и оставшееся на первом.

Оставшийся заряд на

Параллельное подключение второго конденсатора дает уравнение

 – напряжение на 2 конденсаторе и оставшееся на **(4 балла)**

Для 3-го по аналогии:

Для 4:

Для 5:

И так далее. **(2 балла)**

Хорошо видно, что каждое следующее напряжение отличается в одно и то же число раз от предыдущего, а значит – все напряжения образуют геометрическую прогрессию.

Полное напряжение на батарее из конденсаторов емкостью при их последовательном соединении будет:

Как сказано выше, напряжения образуют геометрическую прогрессию, знаменатель которой

По формуле для суммы геометрической прогрессии

Подстановка исходных данных приводит к величине полного напряжения на батарее

 **(4 балла)**

2. Начальная сила тока:

3. Согласно закону Ома

Значит, сила тока уменьшится в 1,5 раза, когда напряжение упадёт в 1,5 раза.

Начальная энергия батареи:

Конечная энергия:

Разница энергий – тепло, выделившееся на R:

 **(4 балла)**

Емкость батареи последовательно заряженных конденсаторов емкостью :

Отсюда величина тепла, выделившегося на сопротивлении

 **(1 балл)**

**Ответ:**

1. Две заряженные частицы с зарядами одного знака ***q*1** и ***q*2** и массами ***m*1** и ***m*2** движутся вместе по одной прямолинейной траектории с одинаковыми скоростями ***v***. Частицы пролетают через постоянное электрическое поле, представляющее собой полосу шириной ***d***. После пролета через это поле направление скорости первой частицы повернулось на 60, а модуль скорости уменьшился вдвое. Направление скорости второй частицы изменилось на 90. Определите расстояние, на котором будут находиться частицы через время ***t***, если это время больше времени пролета обоих частиц через поле.

**Решение:**

а) Для первой частицы справедлива схема изменения скорости:



Рис. 1

Из рисунка 1 видно, что эти вектора образуют прямоугольный треугольник, у которого второй острый угол = 30°. Т.к. в эл. поле частицы находятся под действием силы Кулона => её направление совпадает с , другими словами влёт частиц в эл. поле выглядит так:

 **(6 баллов)**

б) Пролёт частиц через поле происходит за счёт компоненты скорости . На неё сила Кулона не повлияет время пролёта через поле для обеих частиц

 **(2 балла)**

в) Т.к. направление ускорения для обеих частиц одно и то же, то схематично изменение скорости обеих частиц выглядит так:

 

Из чего видно, что

 **(2 балла)**

Ускорения точек

 **(2 балл)**

Из рис. 2 видно, что продольная при входе в поле компонента скорости частиц

 **(1 балл)**

г) Движение обеих частиц внутри поля в системе координат Oxy (см. рис. 2) подчиняется уравнениям:

 **(5 баллов)**

Подстановка даёт характеристики частиц на выходе из поля:

 **(4 балла)**

Схема приведена на рис. 3

 **(4 балла)**

д) Из рис. 3 видно, что по горизонтали частицы движутся одинаково; расстояние между ними

 **(4 балла)**

**Ответ:**

1. Плосковыпуклая линза сделана из стекла с коэффициентом преломления 1,6. Радиус сферической поверхности 13 см, толщина линзы 1 см. Со стороны плоской поверхности линзы на ее главной оптической оси находится точечный источник света. Расстояние от источника до плоской поверхности линзы – 30 см. Четкое изображение источника получают на экране, открыв только небольшой участок линзы вблизи главной оптической оси (используя диафрагму с малым отверстием). После этого диафрагму убирают, открывая всю поверхность линзы. Найти диаметр получившегося на экране светлого пятна.

1. Радиус линзы r определяется из следующего рисунка:



 Рис. 1

Из рисунка видно, что

 **(1 балл)**

2. Когда на линзе-диафрагме углы, образованные лучами света между собой и с главной оптической осью – малы. Для таких углов справедливо равенство:

 (угол α измеряется в радианах) **(2 балла)**

3. Построение изображения светящейся точки S при наличии диафрагмы происходит согласно рисунку (показана только та часть линзы, которая открыта диафрагмой)



Рис. 2 **(4 балла)**

4. Ход произвольного луча света при поставленной диафрагме:

а) Пусть луч входит в линзу в точке на расстоянии h от главной оптической оси (h – мало по сравнению с R и L). Тогда угол наклона луча к главной оптической оси

Этот же угол является углом падения на плоскую поверхность линзы. **(1 балл)**

б) Ход луча внутри линзы показан на рис. 3.



Рис. 3

**(4 балла)**

в)

При малом отверстии толщина всего участка линзы примерно равна d, а значит, расстояние от выхода луча до главной оптической оси

 **(2 балла)**

г) Угол падения внутри линзы, как видно из рисунка

В свою очередь

 **(1 балл)**

д) Угол преломления луча на выходе из линзы

 **(1 балл)**

е) Угол наклона выходящего луча к главной оптической оси, как видно из рисунка

 **(1 балл)**

ж) Расстояние от выпуклой поверхности линзы до изображения, как видно из рис. 2

 **(1 балл)**

Расстояние от плоской поверхности до изображения

5. Когда диафрагма с линзы снята лучи света проходят через всю линзу, включая края. Для луча, проходящего через край линзы, углы падения и преломления малыми не будут. Ход луча через край линзы показан на рис.4. Ход луча внутри края линзы аналогичен показанному на рис. 3.



Рис. 4 **(4 балла)**

а) Угол падения луча на плоскую поверхность

 **(1 балл)**

б) Угол преломления луча на плоской поверхности

**(1 балл)**

Из-за малой толщины линзы на краях поправку в высоту вносить не надо.

в) Угол падения на выпуклую поверхность

 **(1 балл)**

На рис. 4 видно, что

Поэтому **(1 балл)**

г) Угол преломления на выходе

**(1 балл)**

д) Угол наклона луча к главной оптической оси

 **(1 балл)**

6. Радиус пятна

Диаметр пятна

**(2 балла)**

**Ответ***:*