# Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
# по физике
# 2015-2016 учебный год
# 11 класс
# Максимальный балл – 50

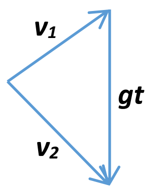
1. Тело двигалось по параболе под действием силы тяжести и в некоторый момент времени скорость по модулю составляла 6 м/с и была направлена под углом 30˚ к горизонту вверх. Еще через некоторое время скорость оказалась направлена под углом 60˚ к горизонту. Найти расстояние между соответствующими точками на траектории. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения g = 9,8 м/с$^2$.

*Автор: Иоголевич Иван Александрович*

**Возможное решение.**

**Вариант 1.**

1) В процессе движения горизонтальная составляющая скорости не меняется. Поэтому $\mathrm{v_1 cos30° = v_2 cos60°}$, следовательно, $\mathrm{v_2 = v_1 \frac{cos30°}{cos60°} = v_1\sqrt{3}}$
2) Построим треугольник скоростей: $\mathbf{v_2 = v_1 + gt}$.

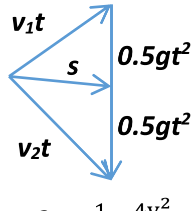



Заметим, что он прямоугольный, поэтому $\mathrm{gt = \sqrt{v_2^2 + v_1^2} = 2v_1}$. Следовательно $\mathrm{t = \frac{2v_1}{g}}$.

3) Построим треугольник перемещений: $\mathbf{s = v_1 t + \frac{1}{2} gt^2}$.

Добавим к нему еще $\mathbf{\frac{1}{2}gt^2}$, как показано на рисунке и достроим до прямоугольного треугольника, подобного треугольнику скоростей (с коэффициентом t) , в котором **s** – медиана, опущенная на гипотенузу $\mathbf{gt^2}$.

Если посмотреть на треугольник скоростей и длины его сторон, то можно заметить, что угол при катете $\mathrm{v_1}$ равен 60°. Учитывая, что $\mathrm{v_1 = \frac{gt}{2}}$, поучаем что треугольник образованный сторонами $\mathrm{v_1 t}$, s и $\mathrm{0{,}5gt^2}$, - равносторонний.




Поэтому искомое расстояние $\mathrm{s = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g\frac{4v_1^2}{g^2} = \frac{2v_1^2}{g} = 7.35}$ м.

**Вариант 2.**

Пусть $v_1$ – начальная скорость, а $v_2$ – конечная.

Горизонтальная проекция неизменна $v_1 cos30° = v_2 cos60°$, откуда $v_2 = \sqrt{3}v_1$.

Изменение проекции скорости на вертикальную ось:

$-v_2 sin60° = v_1 sin30° - gt$

Откуда $t = \frac{2v_1}{g}$.

Пусть начальные координаты тела равны нулю, тогда конечные

$$x = v_1 cos30° t = \frac{v_1^2\sqrt{3}}{g}$$

$$y = v_1 sin30°t - \frac{gt^2}{2} = -\frac{v_1^2}{g}$$

По теореме Пифагора $s = \sqrt{x^2 + y^2} = \frac{2v_1^2}{g} = 7{,}35\text{м}$

| № | Критерий | Баллы |
|---|---|---|
| 1. | Постоянство горизонтальной проекции скорости | 1 |
| 2. | Связь скоростей и времени в виде нарисованного треугольника скоростей или через проекции по обеим осям | 4 |
| 3. | Связь перемещения и времени в виде нарисованного треугольника векторов или выражения для конечных координат по x и y | 4 |
| 4. | Верный численный ответ | 1 |
| | **Итого** | **10** |

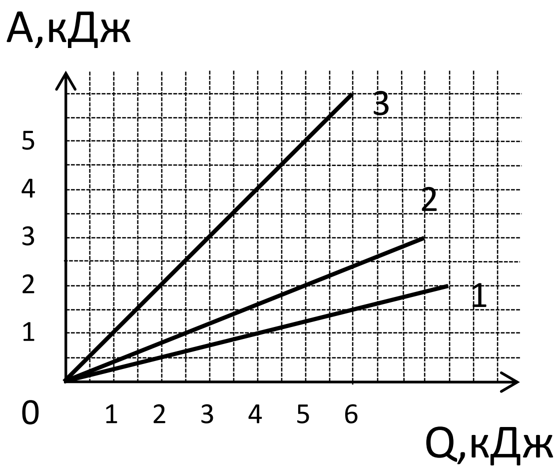
*2.* По оси абсцисс на рисунке отложено количество теплоты, подведенное к идеальному газу, а по оси ординат – совершенная газом работа. Одна из прямых на рисунке изотерма, две другие – изобары для двух разных газов. Масштабы по обеим осям одинаковы.

1) Какая прямая какому процессу соответствует?

2) Сколько степеней свободы у газов, над которыми совершаются изобарные процесы?

3) Графики каких процессов совпадают с координатными осями?

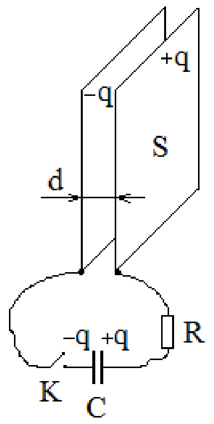
*Автор: Баланов Василий Юрьевич.*




**Возможное решение:**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Для изотермического процесса первое начало термодинамики записывается в виде Q = A. Следовательно, с учетом равенства масштабов по осям, прямая должна проходить под углом $45^0$. **Это прямая – 3** | 2 балла |
| 2 | Для изобарного процесса $A=P\Delta V=\nu R\Delta T$ | 1 балл |
| 3 | $Q = \Delta U + A = \frac{i}{2}\nu R\Delta T + \nu R\Delta T=\frac{i+2}{2}\nu R\Delta T$, где i – число степеней свободы. | 2 балла |
| 4 | Тогда $A/Q = 2/(i+2)$<br>Тангенс угла наклона прямой A(Q) должен составить 2/5 для одноатомного газа, 2/7 для двухатомного, 2/8 для многоатомного. | 1 балл |
| 5 | **Прямая 1** соответствует **многоатомному газу $i_1$=6**, **прямая 2** – **одноатомному $i_2$=3**. | 2 балла ( 1+1 ) |
| 6 | Работа не совершается при **изохорном процессе** – **ось абсцисс(Q),** а теплота не поглощается при **адиабатном процессе** – **ось ординат(A).** | 2 балла ( 1+1 ) |

3. Две одинаковые проводящие пластины расположены параллельно на расстоянии d друг от друга (см. рис.). Площадь каждой пластины S. Пластины заряжены зарядами +q и –q. К пластинам через ключ К и резистор с сопротивлением R подсоединен заряженный конденсатор, емкость которого C. Заряд пластин конденсатора +q и –q (см. рис.). Ключ разомкнут.




А) Определите силу взаимодействия пластин при разомкнутом ключе.
Б) Ключ замыкают. Определите установившийся после замыкания ключа заряд конденсатора.
В) Определите количество теплоты, которое выделится в схеме в процессе перераспределения зарядов.

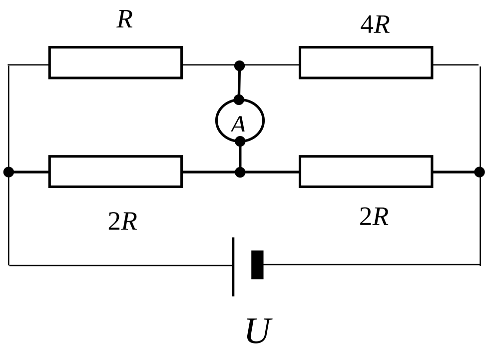
*Автор: Рогальский Юрий Константинович*

**Возможное решение.**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | А) Напряженность электрического поля, создаваемая одной заряженной плоскостью $E_{(1)} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$. | 1 балл |
| 2 | Значит сила взаимодействия $F = E_{(1)} \cdot q = \frac{q^2}{2\varepsilon_0 S}$. | 1 балл |
| 3 | Б) Пластины представляют собой плоский конденсатор, емкость которого равна $C_{пл} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ | 1 балл |
| 4 | Закон сохранения заряда: Если с конденсатора «убежал» заряд $\Delta q$, то на пластины «прибежал» заряд $\Delta q$. | 1 балл |
| 5 | Условие равновесия (равенство напряжений на конденсаторах): $\frac{q-\Delta q}{C_{пл}} = \frac{q+\Delta q}{C}$ | 1 балл |
| 6 | Откуда $\Delta q = \frac{q(Cd-\varepsilon_0 S)}{Cd+\varepsilon_0 S}$, а искомый заряд конденсатора: $q + \Delta q = \frac{2qCd}{Cd+\varepsilon_0 S}$. | 1 балл |
| 7 | Количество выделившегося тепла можно определить из закона сохранения энергии. $Q = W_0 - W$ | 1 балл |
| 8 | До замыкания ключа $W_0 = \frac{q^2}{2C} + \frac{q^2}{2C_{пл}}$ | 1 балл |
| 9 | После замыкания $W = \frac{(q+\Delta q)^2}{2C} + \frac{(q-\Delta q)^2}{2C_{пл}}$. | 1 балл |
| 10 | В итоге получим $Q = \frac{(Cd+\varepsilon_0 S)^2 - 4Cd\varepsilon_0 S}{2C\varepsilon_0 S(Cd+\varepsilon_0 S)} q^2$. | 1 балл |

4. Найти ток через идеальный амперметр. Все данные, указанные на схеме, считайте известными. Сопротивление источника равно нулю.

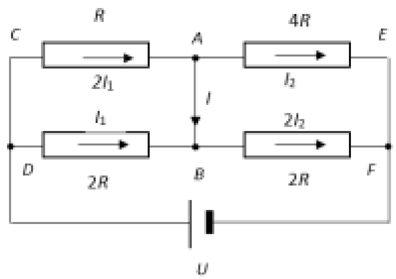
*Автор: Лисицын Сергей Григорьевич*




**Возможное решение.**

Разность потенциалов между точками *A* и *B* равна нулю, поскольку амперметр - идеальный. Поэтому точки A и B можно соединить друг с другом.

Напряжения на участках *A*-*C*, и *B*-*D* одинаковы.




Следовательно, ток на участке *A*-*C* вдвое больше, чем на участке *B*-*D*:

$R \cdot 2I_1 = 2R \cdot I_1$.

То же самое относится к участкам *A*-*E* и *B*-*F*:

$4R \cdot I_2 = 2R \cdot 2I_2$.

С другой стороны, для узлов D и F можем записать:

$\mathrm{I}_0 = 2I_1 + I_1$

$I_0 = I_2 + 2I_2$

Где $\mathrm{I}_0$ – ток через источник. Значит $I_1 = I_2$

Найдем эквивалентное сопротивление всей цепи. $R_{\text{экв}} = \frac{R*2R}{R+2R} + \frac{2R*4R}{2R+4R} = 2R$

Поскольку внутреннее сопротивление источника тока равно нулю, то напряжение на эквивалентном сопротивлении равно ЭДС источника *U*.

$I_0 = \frac{U}{2R} \Rightarrow I_1 = \frac{U}{6R}$

Рассмотрим узел A

$$2I_1 = I + I_2 \Rightarrow I = 2I_1 - I_2 = I_1 = \frac{U}{6R}$$

Ответ $\frac{U}{6R}$

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Разность потенциалов между точками *A* и *B* равна нулю, поскольку амперметр - идеальный. | 1 балл |
| 2 | Напряжения на участках *A*-*C*, и *B*-*D* одинаковы | 1 балл |
| 3 | Ток на участке *A*-*C* вдвое больше, чем на участке *B*-*D* | 1 балл |
| 4 | То же самое для участков *A*-*E* и *B*-*F* | 1 балл |
| 5 | Запись уравнений для токов в узлах. | 2 балла |
| 6 | Определение тока текущего через источник или через один из резисторов | 2 балла |
| 7 | Определение тока через амперметр | 2 балла |

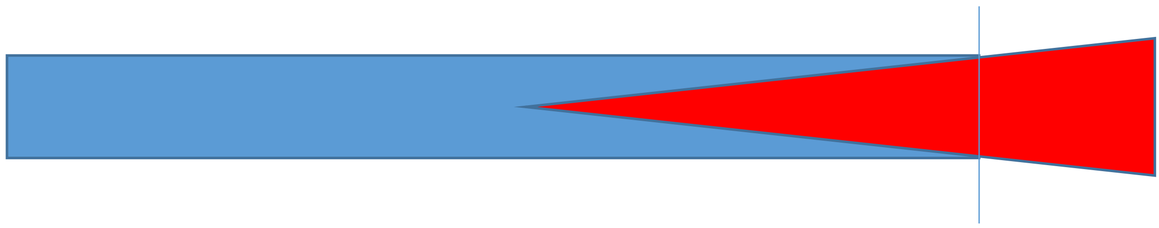
5. Осенние каникулы для преподавателя физики в школе прошли в работе. В ходе проведенной ревизии в кабинете физики была найдена пробирка. Используя **только** имеющееся оборудование, помогите учителю физики определить толщину стенки пробирки. Пробирку считайте цилиндром с одинаковой толщиной стенок.

**Оборудование.** Пробирка, нить длиной около метра, небольшой кусочек пластилина, треугольник из картона, часы с секундной стрелкой (висят на стене в кабинете).

*Автор: Фокин Андрей Владимирович*

**Возможное решение**

1. Для определения толщины стенки необходимо знать внешний и внутренний диаметры пробирки.
2. Для измерения внешнего диаметра пробирки наматываем на ее поверхность нить и считаем количество витков $N_1$.
3. Используя край парты как основание, сооружаем математический маятник с длиной, равной длине намотки нити на пробирку. В качестве груза используем кусочек пластилина. Используя настенные часы, определяем период колебаний маятника.
4. Зная период колебаний математического маятника, определяем длину нити и находим внешний диаметр пробирки.
5. Для определения внутреннего диаметра пробирки используем треугольник. Помещаем его внутрь пробирки так, как показано на рисунке и отмечаем на треугольнике край пробирки.



6. Наматываем нить вокруг отмеченной части треугольника, считая число оборотов. Сделав ещё один математический маятник измеряем длину намотанной нити и таким образом находим внутренний диаметр пробирки.
7. Определяем толщину стенки.
8. Оценим погрешность.

Погрешность периода $\Delta T = \frac{\Delta t}{N_{\text{колеб}}} = \frac{2c}{40} = 0{,}05c$

$$R_{\text{внешн}} = \frac{T_1^2 g}{8\pi^3 N_1} \Rightarrow \varepsilon R_{\text{внешн}} = 2\varepsilon \mathrm{T}_1 = 2\frac{\Delta T}{T_1} \Rightarrow \Delta R_{\text{внешн}} = 2\frac{\Delta T}{T_1} * R_{\text{внешн}} = 0{,}05 \text{ см}$$

Аналогично можно оценить погрешность определения внутреннего радиуса, только увеличим её в 2 раза, учтя таким образом дополнительную погрешность, связанную с косвенным характером измерения.

$$R_{\text{внутр}} = \frac{T_2^2 g}{8\pi^2 N_2} \Rightarrow \varepsilon R_{\text{внешн}} = 2 * 2\varepsilon \mathrm{T}_2 = 4\frac{\Delta T}{T_2} \Rightarrow \Delta R_{\text{внутр}} = 4\frac{\Delta T}{T_2} * R_{\text{внутр}} = 0{,}09 \text{ см}$$

Толщина стенки $d = R_{\text{внешн}} - R_{\text{внутр}} \Rightarrow \Delta d = \Delta R_{\text{внешн}} + \Delta R_{\text{внутр}} = 0{,}14 \text{ см}$

Таким образом абсолютная погрешность определения толщины стенок примерно равна толщине стенок и относительная погрешность составляет примерно 100%.

**Критерии оценивания**

| № | Что оценивается | Баллы |
|---|---|---|
| 1 | Идея определения размеров при помощи математического маятника | 2 |
| 2 | Формула для расчета периода колебаний математического маятника | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | Для определения периода колебаний математического маятника измеряется время не менее 20 колебаний | 2 |
| 4 | Определение внешнего диаметра пробирки | 1 |
| 5 | Идея использования треугольника для измерения внутреннего диаметра пробирки | 1 |
| 6 | Определение внутреннего диаметра пробирки | 1 |
| 7 | Определение толщины стенок пробирки | 1 |
| 8 | Оценка погрешности | 1 |
| | ИТОГО | 10 |