

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Государственное бюджетное учреждение
дополнительного образования
Краснодарского края
«ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОДАРЕННОСТИ»

350000 г. Краснодар,
ул. Красная, 76
тел. 259-84-01
E-mail: cro.krd@mail.ru

Всероссийская олимпиада школьников
по физике

2017-2018 учебный год

Муниципальный этап

11 класс, ответы

Председатель предметно-методической
комиссии: Богатов Н.М., д.ф.-м.н.,
профессор

Задача 1. На плоту из Краснодара в Славянск-на-Кубани

Баржа идёт от Краснодара до Славянска на Кубани $t_1 = 1,5$ часа, а обратно $t_2 = 3$ часа. Сколько часов будет плыть плот от Краснодара до Славянска на Кубани? Во время движения плота стоянок и задержек не было.

Решение:

1. Сделан рисунок первоначального движения, на котором правильно указаны направления скорости баржи в неподвижной системе отсчета \mathbf{v} , в подвижной системе отсчета \mathbf{v}' , скорости подвижной системы отсчета \mathbf{u} ; записана классическая теорема сложения скоростей:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{u} \text{ и её проекция на ось ОХ: } v_1 = v' + u. \quad (2 \text{ балла})$$

2. Сделан рисунок обратного движения, на котором правильно указаны направления скорости баржи в неподвижной системе отсчета \mathbf{v} , в подвижной системе отсчета \mathbf{v}' , скорости подвижной системы отсчета \mathbf{u} ; записана классическая теорема сложения скоростей:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{u} \text{ и её проекция на ось ОХ: } v_2 = v' - u. \quad (2 \text{ балла})$$

3. Записана система уравнений:

$$v_1 = v' + u = S/t_1, \quad \text{где } t_1 \text{ - время первоначального движения,} \quad (1 \text{ балл})$$

$$v_2 = v' - u = S/t_2, \quad \text{где } t_2 \text{ - время обратного движения,} \quad (1 \text{ балл})$$

$$u = S/t_0, \quad \text{где } t_0 \text{ - время движения плота,} \quad (1 \text{ балл})$$

т.е. подвижной системы отсчета.

4. Вычитая из ур-я (1) ур-е (2) и заменяя u (3), должно быть получено выражение

$$2S/t_0 = S/t_1 - S/t_2 \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ:

$$t_0 = 2 t_1 t_2 / (t_2 - t_1) = 6 \text{ (ч.)} \quad (1 \text{ балл})$$

Всего 10 баллов

Задача 2. Штирлиц в метро

Как известно, Штирлиц (М. М. Исаев) по базовому образованию был физиком. Однажды на станции метро, он заметил, что первый вагон тронувшегося с места поезда прошёл мимо него, стоявшего у начала этого вагона, за время t_1 , последний — за время t_2 . Считая движение поезда равноускоренным, поезд длинным, а вагоны одинаковыми, Штирлиц определил время движения мимо него всего поезда, и элегантность ответа привела его в хорошее настроение. Какой результат получил любимый советский разведчик?

Решение:

1. Путь, пройденный первым вагоном, (1 балл)

$$S_1 = \ell = \frac{at_1^2}{2} \quad (1)$$

2. Путь, пройденный всем поездом, (1 балл)

$$S_n = n\ell = \frac{at^2}{2} \quad (2)$$

3. Путь, пройденный поездом без последнего вагона, (2 балла)

$$S_{n-1} = (n-1)\ell = \frac{a(t-t_2)^2}{2} \quad (3)$$

4. Преобразование выражения (1 балл)

$$n\ell - \ell = \frac{a(t-t_2)^2}{2} \quad (4)$$

5. Объединение (1),(2) и (4) приводит (3 балла)

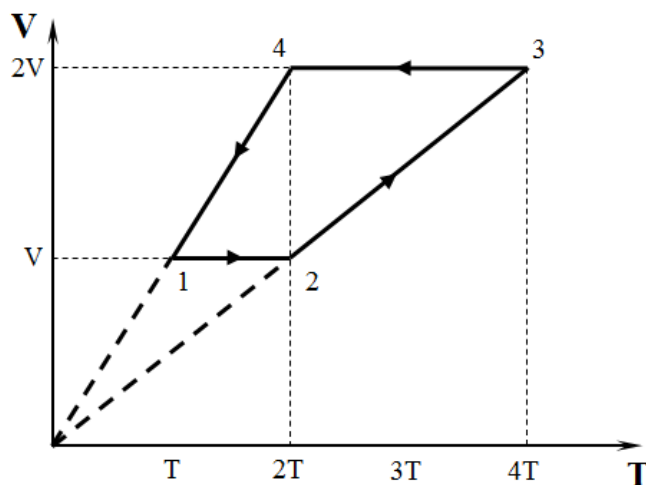
$$t^2 - t_1^2 = (t - t_2)^2$$

6. Ответ:

$$t = \frac{t_1^2 + t_2^2}{2t_2} \quad (2 балла)$$

Всего 10 баллов

Задача 3. Прямой цикл или обратный?



Идеальный одноатомный газ в количестве ν моль совершает цикл, изображенный на рисунке. Определить КПД цикла η . Какой цикл: прямой или обратный?

Решение:

1. Идеальный газ получает количество теплоты на изохоре 1-2:

$$Q_{12} = \Delta U = 3/2 \nu RT \quad (2 \text{ балла})$$

и на изобаре 2-3:

$$Q_{23} = \Delta U + p\Delta V = (3/2)\nu R\Delta T + \nu R\Delta T = 5\nu RT \quad (2 \text{ балла})$$

2. Количество теплоты, полученное газом в цикле

$$Q_{\text{п}} = Q_{12} + Q_{23} = 13/2 \nu RT$$

3. Работа, совершенная газом, на изобаре 2-3:

$$A_{23} = p\Delta V = \nu R\Delta T = 2\nu RT \quad (2 \text{ балла})$$

и на изобаре 4-1:

$$A_{41} = p\Delta V = \nu R\Delta T = \nu R(-T) = -\nu RT \quad (2 \text{ балла})$$

4. Работа в цикле:

$$A = A_{23} + A_{41} = \nu RT$$

5. КПД цикла:

$$\eta = \frac{A_{\text{общ}}}{Q_{\text{п}}} = \frac{\nu RT}{\frac{13}{2}\nu RT} = \frac{2}{13} \quad (1 \text{ балл})$$

6.

Цикл прямой (1 балл)

Всего 10 баллов

Задача 4. О величине воздействий электромагнитного и гравитационного полей

Шарик массой $m = 10$ мг с электрическим зарядом $q = 0,5$ мкКл, влетает в горизонтальное однородное электрическое поле с напряженностью $E = 2$ В/см против силовых линий. При прохождении разности потенциалов $U = 10$ В горизонтальная составляющая скорости шарика становится равной нулю. Найти работу, которую совершила над шариком сила тяжести за это время. Определить соотношение работ электрического и гравитационного полей за указанный промежуток времени.

Решение:

1. Выполнен рисунок, на котором представлены оси координат, силовые линии однородного электрического поля, направления силы Кулона, начальной скорости заряженного шарика и ускорения, силы тяжести.

(2 балла)

2. Записан второй закон Ньютона в проекции на ось X:

$$qE = ma \quad (1 \text{ балл})$$

3. Из связи силовой и энергетической характеристик электрического поля найдено расстояние, пройденное заряженным телом до момента, когда горизонтальная составляющая скорости становится равной нулю.

$$U = Ed \quad (2 \text{ балла})$$

4. Из уравнений движения по оси X: $0 = v_0 - at$

$$d = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

должно быть найдено затраченное на движение время:

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2mU}{qE^2}} \quad (2 \text{ балла})$$

5. Работа, совершенная силой тяжести над шариком за это время определяется как:

$$A_{\text{гр}} = mgh = \frac{mg^2 t^2}{2} = \frac{m^2 g^2 U}{qE^2} \quad (2 \text{ балла})$$

6. Ответ: $4,8 \cdot 10^{-6}$ Дж

7. Работа электрического поля по перемещению заряда за указанное время $A_{\text{эл}} = qU = 5 \cdot 10^{-6}$ Дж,

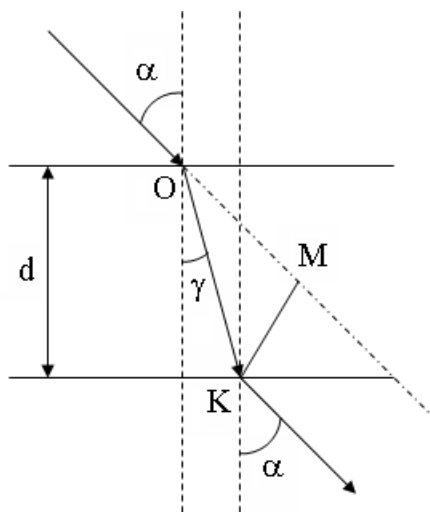
$$A_{\text{эл}} / A_{\text{гр}} = 1,04 \quad (1 \text{ балл})$$

Всего 10 баллов

Задача 5. Преломление света

Определить смещение луча при прохождении через стеклянную плоскопараллельную пластину, толщина которой $d = 6$ см. Угол падения $\alpha = 60^\circ$, показатель преломления $n = 1,5$.

Решение:



1. Выполнен рисунок, на котором воспроизведён ход светового луча через плоскопараллельную пластину (2 балла)

2. Смещение луча:

$$x = KM = OK * \sin(\alpha - \gamma) \quad (2 \text{ балла})$$

где $OK = \frac{d}{\cos \gamma}$ (1 балл)

3. Должно быть получено следующее выражение:

$$x = \frac{d * \sin(\alpha - \gamma)}{\cos \gamma} = d(\sin \alpha - \cos \alpha \frac{\sin \gamma}{\cos \gamma}) \quad (1 \text{ балла})$$

4. По закону Снеллиуса:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n \quad (1 \text{ балл})$$

откуда, $\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n}$ и, (1 балл)

$$\cos \gamma = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}} \quad (1 \text{ балл})$$

5. При подстановке получаем окончательный вид:

$$x = d(\sin \alpha - \cos \alpha \frac{\frac{\sin \alpha}{n}}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}}}) = d \sin \alpha (1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}) \quad (2 \text{ балла})$$

$$6. \quad x = 6 * \frac{\sqrt{3}}{2} \left(1 - \frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{\frac{9-3}{4}}} \right) = 3 * \sqrt{3} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{6}} \right) = 3 \left(\sqrt{3} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 3(1,73 -$$

$$0,71) \approx 3 * 1,02 = 3,06 \text{ (см)}$$

Ответ: $x = 3,06$ см (1 балл)

Всего 10 баллов