

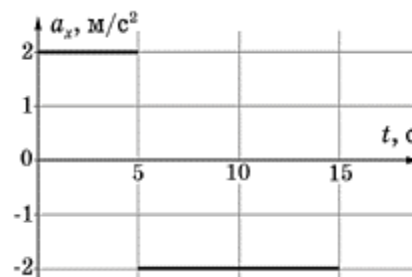
Критерии оценивания и ответы
Всероссийская олимпиада школьников по физике 2024-2025 года
Муниципальный этап.

10 класс

Время выполнения 230 минут.
Каждая задача оценивается в 10 баллов

Задача 1.

На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения a_x от времени t для частицы с момента начала наблюдения до момента её остановки. Определите максимальную скорость v_{\max} частицы и путь s , пройденный ей за 15 с.



Решение:

Возможное решение.

1. Из графика видно, что в момент времени $t = 15$ сек частица должна остановиться.

2. К этому моменту её скорость изменится на

$$\Delta v = 2 * 5 - 2 * (15 - 5) = -10 \text{ м/с}$$

(величина Δv пропорциональна площади под графиком $a(t)$).

3. Значит, начальная скорость $v_0 = 10 \text{ м/с}$.

4. Построим график $v(t)$.

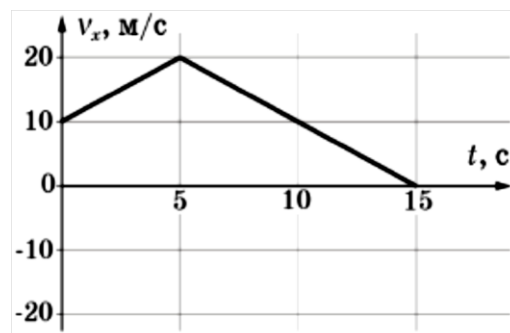
5. Максимальная скорость частицы будет в момент времени равный $t = 5$ сек, она равна:

$$v_{\max} = 20 \text{ м/с}.$$

6. Путь, пройденный частицей,

соответствует площади под графиком $v(t)$:

$$s = 175 \text{ м}.$$



№		Баллы
1	Найдено, что в момент времени $t = 15$ сек частица должна остановиться	1
2	Найдено, что скорость изменится на $\Delta v = 2 * 5 - 2 * (15 - 5) = -10 \text{ м/с}$	1
3	Найдена начальная скорость $v_0 = 10 \text{ м/с}$	2
4	Построен график $v(t)$	2
5	Определен момент времени с максимальной скоростью частицы и найдено её значение $v_{\max} = 20 \text{ м/с}$	1+1
6	Найден путь, пройденный частицей $s = 175 \text{ м}$	2

Ответ: 20 м/с и 175 м.

Задача 2.

В конструкции велотренажёров для регулировки физической нагрузки обычно используются электродинамические тормозящие устройства, позволяющие плавно регулировать усилия, необходимые для вращения педалей с определённой скоростью. Вращение от педалей передаётся на массивный токопроводящий диск, находящийся между двумя сильными неподвижными магнитами, расстояние от которых до диска можно регулировать. Взаимодействие возникающих в диске индукционных токов с магнитами тормозит вращение диска, и, следовательно, педалей, заставляя прикладывать к ним регулируемые по величине силы. Пусть спортсмен крутит педали, находящиеся на расстоянии $R = 20$ см от их оси вращения, с частотой $\nu = 15$ оборотов в минуту, прикладывая к каждой из педалей в направлении её движения постоянную по модулю вращающую силу $F = 50$ Н. На сколько градусов нагреется алюминиевый диск массой $m = 5$ кг за время $t = 30$ минут работы в таком режиме? Считайте, что вся работа спортсмена расходуется только на равномерный разогрев диска. Удельная теплоёмкость алюминия $c = 890$ Дж/кг °С.

Решение:

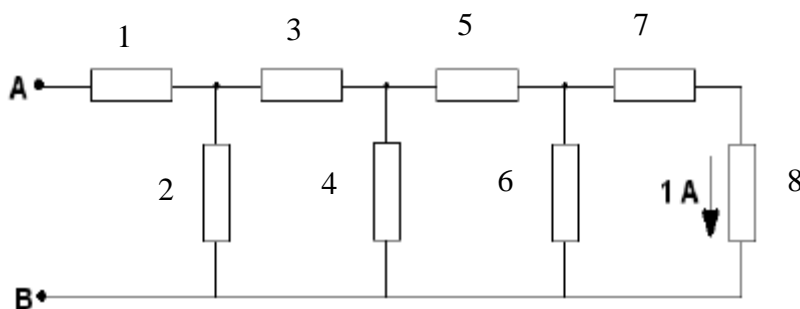
1. Найдём вначале мощность P , развиваемую спортсменом во время тренировки на велотренажёре. Поскольку сила F прикладывается в направлении движения каждой из двух педалей по окружности радиусом R с линейной скоростью $v = \omega \times R$, где угловая скорость связана с частотой ν вращения педалей выражением $\omega = 2\pi \nu$, тогда мощность P будет равна: $P = 2 Fv = 2 F\omega R = 4\pi \nu FR$.
2. Работа, совершённая спортсменом за время t , равна $A = Pt = 4\pi \nu FRt$.
3. Поскольку по условию вся эта работа превращается в количество теплоты Q , идущее на нагревание алюминиевого диска массой m с удельной теплоёмкостью c на ΔT градусов, то $A = Q = cm\Delta T = 4\pi \nu FRt$.
4. Таким образом, из последнего уравнения получаем, что $\Delta T = \frac{4\pi \nu FRt}{cm}$.
5. Переводя численные данные из условия в систему СИ, используя табличные данные и подставляя их все в полученное выражение, получаем $\Delta T = 12,56$ °С.

№		Баллы
1	Найдена мощность P , развиваемую спортсменом во время тренировки на велотренажёре: $P = 2 Fv = 2 F\omega R = 4\pi \nu FR$	2
2	Найдена работа, совершённая спортсменом за время t : $A = Pt = 4\pi \nu FRt$	2
3	Использовано условие для работы и получено выражение: $cm\Delta T = 4\pi \nu FRt$	2
4	Найден нагрев диска $\Delta T = \frac{4\pi \nu FRt}{cm}$	2
5	Получен верный результат $\Delta T = 12,56$ °С	2

Ответ: 12,56 °С

Задача 3.

Каждый резистор цепи имеет сопротивление 1 Ом. Через резистор, расположенный справа, протекает ток 1 А. Каково напряжение между точками А и В?



Решение:

1. Через резисторы R_7 и R_8 протекает ток силой 1 А, потому что резисторы включены последовательно.
2. Сопротивление напряжения $R_{78} = 2R = 2$ Ом, а напряжение $U_{78} = 2$ В.
3. Сила тока через резистор R_6 будет равна $I_6 = U_{78}/R_6 = 2$ А.
4. Через резистор R_5 сила тока будет равна $I_5 = I_6 + I_{78} = 3$ А, а напряжение на нём 3 В.
5. Напряжение на резисторе R_4 будет определяться $U_4 = U_5 + U_{678} = 5$ В. Через этот резистор будет протекать ток $I_4 = 5$ А.
6. Через резистор R_3 будет протекать ток I_3 , который можно определить, как $I_3 = I_4 + I_5 = 8$ А. Напряжение на нём равно $U_3 = 8$ В.
7. Напряжение на резисторе R_2 будет $U_2 = U_3 + U_4 = 13$ В. Через резистор R_2 будет протекать ток $I_2 = U_2/R_2 = 13$ А.
8. Через резистор R_1 – ток $I_1 = I_2 + I_3$ или $I_1 = 13$ А + 8 А = 21 А, а напряжение на нём – $U_1 = 21$ В.
9. Напряжение между точками А и В будет равно $U_{AB} = U_1 + U_2 = 21$ В + 13 В = 34 В.

№		Баллы
1	Найдены токи через резисторы R_7 и R_8	1
2	Получено, что сопротивление напряжения $R_{78} = 2R = 2$ Ом, а напряжение $U_{78} = 2$ В	1
3	Найдена сила тока через резистор R_6	1
4	Найдена сила тока и напряжение для резистора R_5	1
5	Найдена сила тока и напряжение для резистора R_4	1
6	Найдена сила тока и напряжение для резистора R_3	1

7	Найдена сила тока и напряжение для резистора R_2	1
8	Найдена сила тока и напряжение для резистора R_1	1
9	Найдено напряжение между точками А и Б	2

Ответ: 34 В.

Задача 4. При рытье колодца глубиной $h = 15$ м и площадью $S = 1 \text{ м}^2$ пришлось вынимать грунт разной плотности. Первые семь метров глубины приходилось вынимать смесь песка и камней такую, что десятилитровое ведро смеси весило 18 кг. Дальше пошёл один песок, и поднимать приходилось более лёгкие вёдра, по 15 кг каждое. Какую работу нужно было совершить по перемещению грунта из колодца на поверхность, чтобы выкопать такой колодец? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение:

Возможное решение

Масса смеси песка и камней равна $M_1 = \rho_1 h_1 S$, где h_1 – глубина, до которой в колодце попадалась смесь песка и камней. Плотность смеси ρ_1 можно найти, разделив массу смеси в ведре m_1 на объём ведра V : $\rho_1 = m_1 / V = 1800 \text{ кг/м}^3$.

Так как смесь песка и камней массой M_1 пришлось извлекать из колодца со средней глубины $h_1/2$, то на её извлечение из колодца будет затрачена работа $A_1 = \frac{1}{2} \frac{m_1}{V} h_1^2 S g = 441 \text{ кДж}$.

Массу извлечённого из колодца песка находим как $M_2 = \rho_2 (h - h_1) S$, где плотность песка находим, разделив массу песка в ведре m_2 на объём ведра V . $\rho_2 = m_2 / V = 1500 \text{ кг/м}^3$.

Массу M_2 извлекают на поверхность со средней глубины $h_1 + (h - h_1)/2$, совершая при этом работу $A_2 = \frac{1}{2} \frac{m_2}{V} (h^2 - h_1^2) S g = 1320 \text{ кДж}$.

Полная работа, затраченная на извлечение грунта из колодца $A = A_1 + A_2 = 1761 \text{ кДж}$.

№		Баллы
1	Найдена плотность смеси песка и камней ρ_1	2
2	Найдена работа A_1	2
3	Найдена масса извлеченного песка M_2 и его плотность	2
4	Найдена работа A_2	2
5	Найдена полная работа A	2

Ответ: 1761 кДж.

Задача 5. Псевдоэксперимент

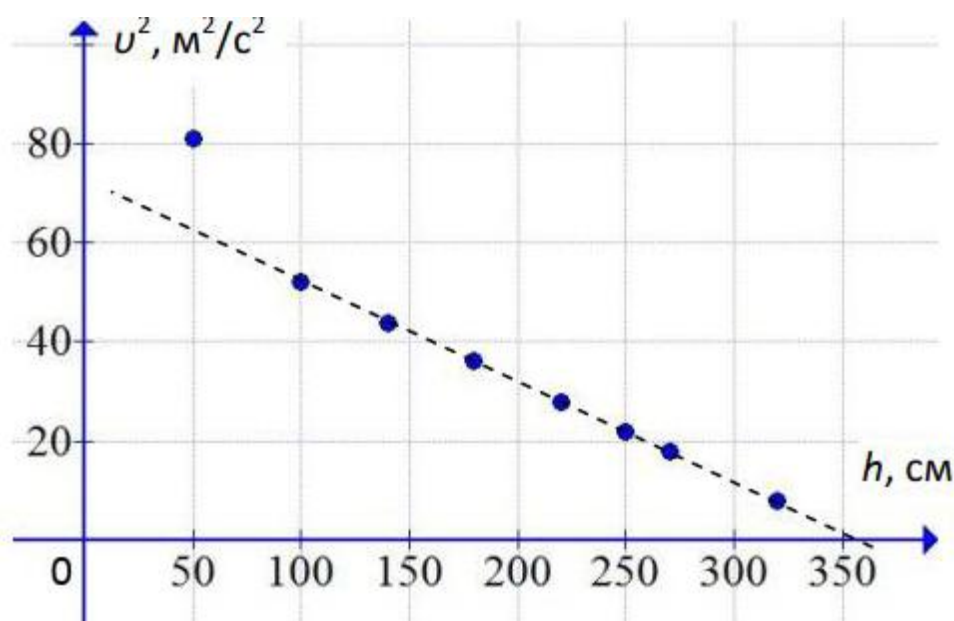
Экспериментатор Глюк в баллистической лаборатории получил зависимость значений скорости v брошенного вверх шарика от его высоты h над уровнем стола. Результаты его измерений для последовательных моментов времени представлены в таблице.

1. Известно, что в одном из измерений (возможно, что и в первом) скорость была им определена неверно. Найдите в каком. Для этого постройте график с результатами измерений в таких координатах, в которых он должен быть линейным.
2. Рассчитайте максимальную высоту подъёма шарика над столом.
3. Через какое время после первого измерения шарик упал на стол? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

№	1	2	3	4	5	6	7	8
h , см	100	180	220	270	320	250	140	50
v , м/с	7,2	6,0	5,3	4,2	2,8	4,7	6,6	9,0

Решение:

1. Из закона сохранения энергии $\frac{mv_o^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$ получаем выражение $v_o^2 = v^2 + 2gh$, где v_o - скорость на уровне стола.
2. Следовательно, зависимость скорости от высоты будет линейной, например, в осях $v^2(h)$.
3. Построим график.



4. Все точки, кроме соответствующей $h = 50 \text{ м}$, лежат на одной прямой, т. е. для неё скорость определена неверно.

5. Максимальная высота подъёма шарика над столом соответствует пересечению графика с осью h в районе $H = 365$ см. Это и будет максимальной высотой подъёма.

6. Найдём через какое время после первого измерения шарик упал на пол

$$0 = h_1 + 7,2t - gt^2/2$$

$$5t^2 - 7,2t - 1 = 0$$

$$D = 71,84$$

$t = 1,57$ сб второй корень отрицательный.

№		Баллы
1	Найдено из закона сохранения энергии $\frac{mv_o^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$ выражение для скоростей $v_o^2 = v^2 + gh$	1
2	Определена линейная зависимость скорости от высоты $v^2(h)$	2
3	Построен график $v^2(h)$	3
4	Найдена точка с неверными данными $h = 50$ м	1
5	Определено, что максимальная высота подъёма шарика над столом по пересечению графика с осью h в районе $H = 365$ см.	2
6	Найдено через какое время после первого измерения шарик упал на пол $t = 1,57$ с	1

(За пункты 2 – 4 давать 6 баллов только при наличии графика).

Ответ: 50 м и 365 см.