

## Олимпиада школьников «Ломоносов 2013-2014»

### ФИЗИКА

#### Задание для 10-х – 11-х классов

##### Вариант № 1

**1.10.1.** Дайте определение механической работы. Какова связь между приращением кинетической энергии материальной точки и работой приложенных к этой точке сил?

**Задача.** Олимпийская трасса для соревнований по бобслею в Турине имеет перепад высот от старта до финиша  $h = 114$  м. На стартовом горизонтальном участке («полоса разгона») спортсмены разогнали боб до скорости  $v_0 = 6$  м/с, с которой пересекли линию старта. В конце спуска по ледяному жёлобу сразу после финиша используется специальное тормозное устройство для гашения скорости боба на горизонтальной поверхности. При этом коэффициент трения на участке торможения увеличивается пропорционально расстоянию  $x$  от линии финиша по закону  $\mu(x) = \alpha \cdot x$ , где  $\alpha$  – некоторый постоянный коэффициент. Определите среднюю скорость



$v_{\text{ср}}$  боба на участке торможения. Примите, что на участке трассы от конца полосы разгона до финиша за счёт сил трения было потеряно  $\eta = 20\%$  механической энергии боба. Ускорение свободного падения считайте равным  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Ответ приведите в м/с с точностью до десятых.

**Ответ:**  $v_{\text{ср}} = \frac{2}{\pi} \sqrt{(v_0^2 + 2gh)(1 - \eta/100\%)} \approx 27,4 \text{ м/с}$ .

**2.8.1.** Какие виды парообразования вы знаете? Дайте определение удельной теплоты парообразования.

**Задача.** В цилиндре под поршнем при температуре  $t = 100^\circ\text{C}$  находится воздух с влажностью  $\varphi = 50\%$  под давлением  $p_0 = 1,5 \text{ атм}$ . Объём воздуха изотермически медленно уменьшили настолько, что  $n = \frac{1}{2}$  массы имевшегося первоначально в цилиндре водяного пара сконденсировалась. Определите давление  $p_k$ , установившееся под поршнем.

**Ответ:**  $p_k = \frac{p_0 - n\varphi p_n}{\varphi(1 - n)} = 5 \text{ атм}$ .

**3.1.1.** Запишите формулу для напряженности электростатического поля точечного заряда. Дайте определение диэлектрической проницаемости вещества.

**Задача.** Два одинаковых маленьких шарика заряжены одноименными зарядами и подвешены к неподвижной горизонтальной опоре на тонких непроводящих нитях одинаковой длины на некотором расстоянии друг от друга. При полном погружении шариков в непроводящую жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$  и плотностью  $\rho_0 = 0,9 \text{ г/см}^3$  оказалось, что угол отклонения нитей от вертикали не изменился. Определите плотность  $\rho$  материала шариков.

**Ответ:**  $\rho = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \rho_0 = 1,8 \text{ г/см}^3$ .

**4.10.1.** Дайте определение светового луча. Сформулируйте закон прямолинейного распространения света.

**Задача.** Расстояние от предмета до экрана  $L = 1 \text{ м}$ . Какое максимальное увеличение  $\Gamma_{\text{max}}$  изображения предмета на экране можно получить с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F = 16 \text{ см}$ ?

**Ответ:**  $\Gamma_{\text{max}} = \frac{1 + \sqrt{1 - 4F/L}}{1 - \sqrt{1 - 4F/L}} = 4$ .

## Вариант № 2

**1.10.2.** Дайте определение потенциальной энергии механической системы. Чему равна потенциальная энергия тела вблизи поверхности Земли и потенциальная энергия деформированной упругой пружины?



**Задача.** Олимпийская трасса для соревнований по бобслею в Ванкувере имеет перепад высот от старта до финиша  $h = 136$  м. На стартовом горизонтальном участке («полоса разгона») спортсмены разогнали боб до скорости  $v_0 = 6$  м/с, с которой пересекли линию старта. В конце спуска по ледяному жёлобу сразу после финиша используется специальное тормозное устройство для гашения скорости боба на горизонтальной поверхности. При этом коэффициент трения на участке торможения увеличивается пропорционально расстоянию  $x$  от линии финиша по закону  $\mu(x) = \alpha \cdot x$ , где  $\alpha$  – постоянный коэффициент, равный  $\alpha = 0,1 \text{ м}^{-1}$ . Определите путь  $s$ , пройденный бобом от момента пересечения линии финиша до момента, когда скорость боба на участке торможения уменьшилась в два раза. Примите, что на участке трассы от конца полосы разгона до финиша за счёт сил трения было потеряно  $\eta = 20\%$  механической энергии боба. Ускорение свободного падения считайте равным  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Ответ приведите в метрах с точностью до десятых.

**Ответ:**  $s = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3(v_0^2 + 2gh)(1 - \eta/100\%)}{\alpha g}} \approx 40,7 \text{ м.}$

**2.8.2.** Что такое температура кипения? Как зависит температура кипения от давления?

**Задача.** В цилиндре под поршнем при температуре  $t = 100^\circ\text{C}$  находится влажный воздух под давлением  $p_0 = 1$  атм. Объём воздуха медленно изотермически уменьшили в  $n = 3$  раза. При этом масса водяных паров уменьшилась в  $k = 2$  раза. Определите давление  $p_k$ , установившееся под поршнем.

**Ответ:**  $p_k = p_0 n - p_n(k - 1) = 2 \text{ атм.}$

**3.1.2.** Сформулируйте закон Кулона. Дайте определение напряженности электрического поля.

**Задача.** Маленький шарик, несущий некоторый положительный заряд, подвешен на тонкой непроводящей нити и находится в однородном электрическом поле, созданном протяженной заряженной плоскостью, расположенной вертикально. При полном погружении шарика в непроводящую жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$  и плотностью  $\rho_0 = 0,8 \text{ г/см}^3$  оказалось, что угол отклонения нити от вертикали не изменился. Определите плотность  $\rho$  материала шарика.

**Ответ:**  $\rho = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \rho_0 = 1,2 \text{ г/см}^3.$

**4.10.2.** Какие линзы называются тонкими? Что такое фокусное расстояние и оптическая сила линзы?

**Задача.** Расстояние от предмета до экрана  $L = 1$  м. Найдите фокусное расстояние  $F$  тонкой линзы, которую следует поместить между предметом и экраном, чтобы получить на экране изображение предмета с увеличением  $\Gamma = 9$ .

**Ответ:**  $F = \frac{\Gamma L}{(\Gamma + 1)^2} = 9 \text{ см.}$

### Вариант № 3

**1.10.3.** Чему равны сила трения покоя и сила трения скольжения? Дайте определение коэффициента трения.



**Задача.** Олимпийская трасса для соревнований по бобслею в Сочи имеет перепад высот от старта до финиша  $h = 132$  м. На стартовом горизонтальном участке («полоса разгона») спортсмены разогнали боб до скорости  $v_0 = 6$  м/с, с которой пересекли линию старта. В конце спуска по ледяному жёлобу сразу после финиша используется специальное тормозное устройство для гашения скорости боба на горизонтальной поверхности. При этом коэффициент трения на участке торможения увеличивается пропорционально расстоянию  $x$  от линии финиша по закону  $\mu(x) = \alpha \cdot x$ , где  $\alpha$  – некоторый постоянный коэффициент. Определите скорость  $u$  боба в тот момент, когда он пройдет половину тормозного пути. Примите, что на участке трассы от конца полосы разгона до финиша за счёт сил трения было потеряно  $\eta = 20\%$  механической энергии боба. Ускорение свободного падения считайте равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ приведите в м/с с точностью до десятых.

**Ответ:**  $u = \frac{1}{2} \sqrt{3(v_0^2 + 2gh)(1 - \eta/100\%)} \approx 40,1$  м/с.

**2.8.3.** Что такое насыщенный пар? Как зависят давление и плотность насыщенного пара от температуры?

**Задача.** В цилиндре под поршнем находится влажный воздух (смесь сухого воздуха и паров воды) с относительной влажностью  $\varphi = 40\%$ . Смесь медленно изотермически сжимали до тех пор, пока парциальное давление сухого воздуха не увеличилось в  $n = 5$  раз. Определите отношение  $k$  массы сконденсировавшейся воды к массе оставшихся паров.

**Ответ:**  $k = 1$ .

**3.1.3.** Дайте определение емкости. Запишите формулу для емкости плоского конденсатора.

**Задача.** Маленький шарик, несущий некоторый положительный заряд, подвешен на тонкой непроводящей нити и находится в однородном электрическом поле плоского воздушного конденсатора, пластины которого вертикальны. Заряд на пластинах конденсатора равен  $q_1 = 30$  мкКл. Конденсатор заполняют непроводящей жидкостью с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$  и плотностью  $\rho_0 = 0,9$  г/см<sup>3</sup> и дозаряжают так, чтобы угол отклонения от вертикали нити, на которой подвешен шарик, остался прежним. Определите заряд  $q_2$  на пластинах конденсатора, заполненного жидкостью. Плотность материала шарика  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>.

**Ответ:**  $q_2 = \epsilon q_1 \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) = 40$  мкКл.

**4.10.3.** Запишите формулу тонкой линзы. Чему равно увеличение, даваемое линзой?

**Задача.** Расстояние от предмета до экрана  $L = 1$  м. У экспериментатора имеются две тонкие линзы с фокусными расстояниями  $F_1 = 20$  см и  $F_2 = 80$  см. Прижав эти линзы вплотную друг к другу, он поместил их между предметом и экраном. Какое максимальное увеличение  $\Gamma_{\max}$  изображения предмета на экране сможет получить экспериментатор с помощью этой системы линз?

**Ответ:**  $\Gamma_{\max} = \frac{1 + \sqrt{1 - 4F_1F_2 / (L(F_1 + F_2))}}{1 - \sqrt{1 - 4F_1F_2 / (L(F_1 + F_2))}} = 4.$

### Критерии оценки

**Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 10 баллов)**

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (дан ответ только на одну часть вопроса) – **1 – 5 баллов**.
3. Ответ является неполным (даны формально ответы на обе части вопроса, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) – **6 – 9 баллов**
4. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **10 баллов**.

**Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)**

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **6 – 10 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **11-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **15 баллов**.

**Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание равно 100.**



**2013/2014 учебный год**  
**КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЁРОВ<sup>2</sup>**

**олимпиады школьников «ЛОМОНОСОВ»**  
**по ФИЗИКЕ для 10-11 классов**

**ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП**

**ПОБЕДИТЕЛЬ:**

*От **85** баллов включительно и выше.*

**ПРИЗЁР:**

*От **50** баллов до **84** баллов включительно.*

**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**

**ПОБЕДИТЕЛЬ (диплом I степени):**

*От **90** баллов включительно и выше.*

**ПРИЗЁР (диплом II степени):**

*От **81** балла до **89** баллов включительно.*

**ПРИЗЁР (диплом III степени):**

*От **74** баллов до **80** баллов включительно.*

---

<sup>2</sup> Утверждены на заседании жюри олимпиады школьников «Ломоносов» по физике.