


**Муниципальное автономное  
общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа № 15  
г. Балашова Саратовской области»**

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>«Согласовано»<br/>Заместитель руководителя по УВР МАОУ<br/>«СОШ №15»<br/><i>Соловова Е.А.</i><br/>/ Соловова Е.А.<br/>« 6 » ноября 2018 г.</p> | <p>«Утверждаю»<br/>Руководитель МО «СОШ № 15»<br/><i>Неперкина Г.И.</i><br/>/ Неперкина Г.И.<br/>Приказ № 397<br/>от « 6 » ноября 2018 г.</p>  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Демонстрационная версия  
по физике  
для 10 класса**

## Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа (120 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 26 заданий.

Часть 1 содержит 18 заданий (А1–А18). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий В1 и В2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий В3–В4 в виде числа.

Часть 3 состоит из 4 заданий (С1–С4), на которые требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий В3–В4 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

### Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

#### Десятичные приставки

| Наименование | Обозначение | Множитель | Наименование | Обозначение | Множитель  |
|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|------------|
| гига         | Г           | $10^9$    | санци        | с           | $10^{-2}$  |
| мега         | М           | $10^6$    | милли        | м           | $10^{-3}$  |
| кило         | к           | $10^3$    | микро        | мк          | $10^{-6}$  |
| гекто        | г           | $10^2$    | нано         | н           | $10^{-9}$  |
| деци         | д           | $10^{-1}$ | пико         | п           | $10^{-12}$ |

**Константы**

|                                                            |                                                                                        |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| число $\pi$                                                | $\pi = 3,14$                                                                           |
| ускорение свободного падения на Земле                      | $g = 10 \text{ м/с}^2$                                                                 |
| гравитационная постоянная                                  | $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$                        |
| универсальная газовая постоянная                           | $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$                                     |
| постоянная Больцмана                                       | $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$                                                 |
| постоянная Авогадро                                        | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$                                              |
| скорость света в вакууме                                   | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$                                                         |
| коэффициент пропорциональности в законе Кулона             | $k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$ |
| модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд) | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$                                                    |
| постоянная Планка                                          | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$                                     |

**Соотношение между различными единицами**

|                                      |                                                     |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| температура                          | $0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$                  |
| атомная единица массы                | $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| 1 атомная единица массы эквивалентна | $931,5 \text{ МэВ}$                                 |
| 1 электронвольт                      | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$      |

**Масса частиц**

|           |                                                                          |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|
| электрона | $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$ |
| протона   | $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$           |
| нейтрона  | $1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$           |

**Плотность**

|                   |                       |                     |                        |
|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
|                   |                       | подсолнечного масла | $900 \text{ кг/м}^3$   |
| воды              | $1000 \text{ кг/м}^3$ | алюминия            | $2700 \text{ кг/м}^3$  |
| древесины (сосна) | $400 \text{ кг/м}^3$  | железа              | $7800 \text{ кг/м}^3$  |
| керосина          | $800 \text{ кг/м}^3$  | ртути               | $13600 \text{ кг/м}^3$ |

**Удельная теплоемкость**

|        |                                                        |          |                                             |
|--------|--------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------|
| воды   | $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | алюминия | $900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ |
| льда   | $2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | меди     | $380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ |
| железа | $460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$            | чугуна   | $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ |
| свинца | $130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$            |          |                                             |

**Удельная теплота**

|                      |                                |
|----------------------|--------------------------------|
| парообразования воды | $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ |
| плавления свинца     | $2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$ |
| плавления льда       | $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ |

**Нормальные условия:** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$

**Молярная масса**

|          |                                    |                  |                                    |
|----------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| азота    | $28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | кислорода        | $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| аргона   | $40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | лития            | $6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$  |
| водорода | $2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$  | молибдена        | $96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| воздуха  | $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | неона            | $20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| гелия    | $4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$  | углекислого газа | $44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |

## Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

**A1** Тело свободно падает из состояния покоя с высоты 50 м. На какой высоте окажется тело через 3 с падения? Сопротивлением воздуха пренебречь.

- 1) 0 м                      2) 5 м                      3) 10 м                      4) 45 м

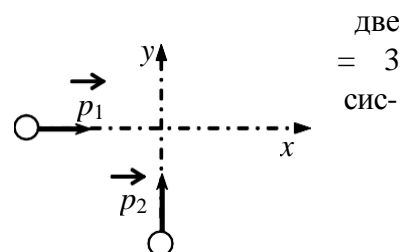
**A2** Материальная точка равномерно движется со скоростью  $v$  по окружности радиусом  $r$ . Как изменится модуль ее центростремительного ускорения, если скорость точки будет втрое больше?

- 1) уменьшится в 3 раза  
2) уменьшится в 9 раз  
3) увеличится в 3 раза  
4) увеличится в 9 раз

**A3** У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 720 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который находится на расстоянии двух ее радиусов от земной поверхности?

- 1) 360 Н                      2) 240 Н                      3) 180 Н                      4) 80 Н

**A4** По гладкой горизонтальной плоскости по осям  $x$  и  $y$  движутся шайбы с импульсами, равными по модулю  $p_1 = 2$  кг·м/с и  $p_2$  кг·м/с, как показано на рисунке. Чему равен модуль импульса темы этих двух тел после их абсолютно неупругого удара?



- 1)  $\sqrt{13}$  кг·м/с                      2) 5 кг·м/с                      3)  $\sqrt{5}$  кг·м/с                      4) 1 кг·м/с

**A5**

Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту через реку со скоростями  $v_1 = 108$  км/ч и  $v_2 = 54$  км/ч. Масса легкового автомобиля  $m_1 = 1000$  кг, а грузовика  $m_2 = 4500$  кг. Каково отношение потенциальной энергии грузовика к потенциальной энергии легкового автомобиля, если отсчитывать их потенциальную энергию от уровня воды?

- 1) 0,5                      2) 2                      3) 4,5                      4) 2,25

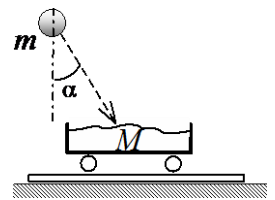
**A6**

Период колебаний потенциальной энергии пружинного маятника 1 с. Каким будет период ее колебаний, если массу груза маятника увеличить в 2 раза, а жесткость пружины вдвое уменьшить?

- 1) 8 с                      2) 6 с                      3) 4 с                      4) 2 с

**A7**

Камень массой  $m = 4$  кг падает под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали со скоростью 10 м/с в тележку с песком общей массой  $M = 16$  кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах. Скорость тележки после падения в нее камня равна



- 1) 1,0 м/с                      2) 1,25 м/с                      3) 1,73 м/с                      4) 2,0 м/с

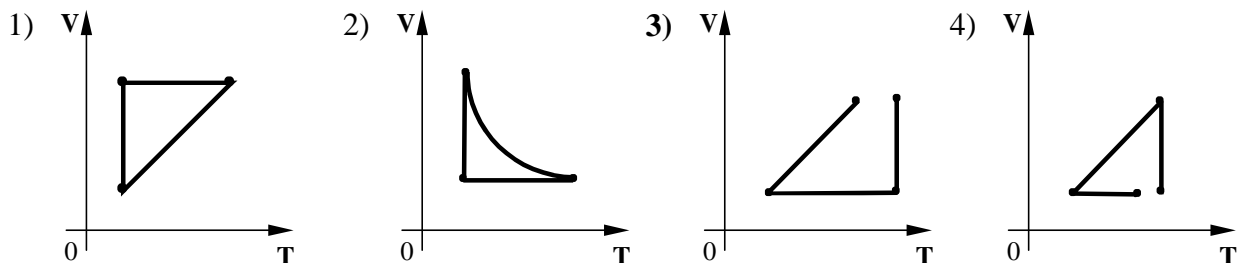
**A8**

Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул разреженного газа уменьшилась в 4 раза. Как изменилась при этом абсолютная температура газа?

- 1) увеличилась в 4 раза  
2) увеличилась в 2 раза  
3) уменьшилась в 2 раза  
4) уменьшилась в 4 раза

**A9**

Идеальный газ сначала охлаждался при постоянном давлении, потом его давление увеличилось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа увеличился до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях  $V$ – $T$  соответствует этим изменениям состояния газа?

**A10**

Температура медного образца массой 100 г повысилась с  $20^\circ\text{C}$  до  $60^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты получил образец?

- 1) 760 Дж                      2) 1520 Дж                      3) 3040 Дж                      4) 2280 Дж

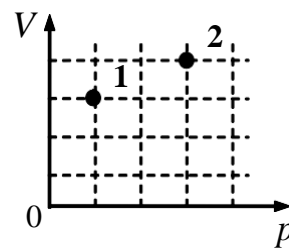
**A11**

Газ получил количество теплоты 400 Дж, и его внутренняя энергия увеличилась на 200 Дж. При этом

- 1) над газом совершили работу 200 Дж  
2) над газом совершили работу 600 Дж  
3) газ совершил работу 200 Дж  
4) газ совершил работу 600 Дж

A12

В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Как изменится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



- 1)  $T_2 = 4T_1$
- 2)  $T_2 = \frac{1}{4} T_1$
- 3)  $T_2 = \frac{4}{3} T_1$
- 4)  $T_2 = \frac{3}{4} T_1$

A13

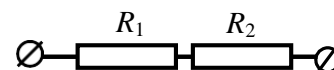
Модуль силы воздействия одного неподвижного точечного заряженного тела на другое равен  $F$ . Чему станет равен модуль этой силы, если увеличить заряд одного тела в 2 раза, а второго – в 3 раза?

- 1)  $5F$
- 2)  $\frac{1}{5} F$
- 3)  $6F$
- 4)  $\frac{1}{6} F$

A14

По участку цепи, состоящему из резисторов  $R_1 = 2$  кОм и  $R_2 = 4$  кОм (см. рисунок), протекает постоянный ток  $I = 100$  мА. Какое количество теплоты выделится на этом участке за время  $t = 1$  мин?

- 1) 3,6 кДж
- 2) 60 кДж
- 3) 360 Дж
- 4) 60 Дж



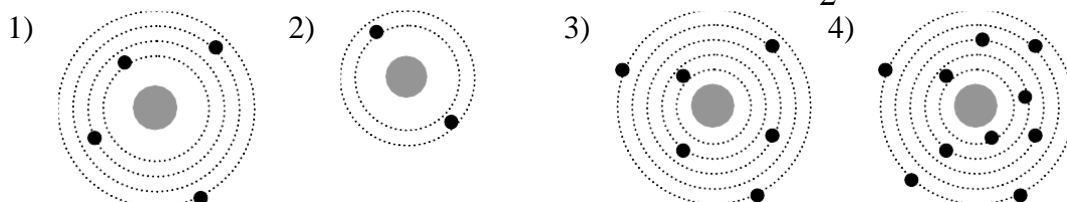
A15

Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и отраженным увеличили на  $30^\circ$ . Угол между зеркалом и отраженным лучом

- 1) увеличился на  $30^\circ$
- 2) увеличился на  $15^\circ$
- 3) уменьшился на  $30^\circ$
- 4) уменьшился на  $15^\circ$

A16

На рисунке изображены схемы четырех атомов, составленные в соответствии с теорией Резерфорда. Черными точками обозначены электроны. Атому  ${}^4_2\text{He}$  не соответствует схема



A17

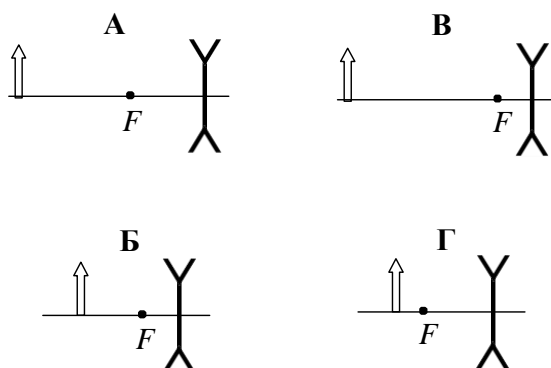
Ядро изотопа урана  ${}^{238}_{92}\text{U}$  после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа  ${}^{234}_{92}\text{U}$ . Какие это были распады?

- 1) один  $\alpha$  и один  $\beta$
- 2) один  $\alpha$  и два  $\beta$
- 3) два  $\alpha$  и один  $\beta$
- 4) такое превращение невозможно

**A18**

Была выдвинута гипотеза, что размер мнимого изображения предмета, создаваемого рассеивающей линзой, зависит от оптической силы линзы.

Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта можно провести для такого исследования?



- 1) А и Б
- 2) А и В
- 3) Б и В
- 4) В и Г

## Часть 2

*Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

**В1.** Одноатомный идеальный газ в изотермическом процессе совершает работу  $A > 0$ . Как меняются в этом процессе объем, давление и внутренняя энергия газа, если его масса остается неизменной?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

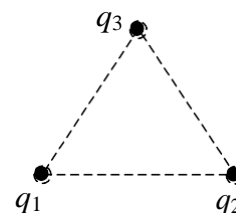
| Объем газа | Давление газа | Внутренняя энергия газа |
|------------|---------------|-------------------------|
|            |               |                         |

*Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.*

**В2.** Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$ . На каком расстоянии от остановки мотоциклист догонит грузовик?

**В3.** Нагреваемый при постоянном давлении идеальный одноатомный газ совершил работу 400 Дж. Какое количество теплоты было передано газу?

**В4.** Три медных шарика диаметром 1 см каждый расположены в воздухе в вершинах правильного треугольника со стороной 20 см. Первый шарик несет заряд  $q_1 = 4 \text{ нКл}$ , второй  $q_2 = 3 \text{ нКл}$ , а третий  $q_3 = 2 \text{ нКл}$ . С какой силой второй шарик действует на первый? Ответ выразите в микроныютонах (мкН), округлив до десятых.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1*



### Часть 3

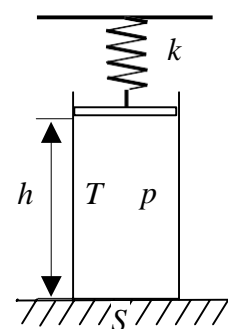
**Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.**

**С1.** В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

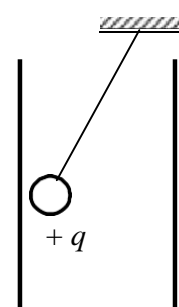
**Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

**С2.** Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $v_{пл} = 15$  м/с и  $v_{бр} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30%?

**С3.** Газ с температурой  $T = 300$  К и давлением  $p = 2 \cdot 10^5$  Па находится в цилиндрическом сосуде с сечением  $S = 0,1$  м<sup>2</sup> под невесомым поршнем, который удерживается пружиной с жесткостью  $k = 1,5 \cdot 10^4$  Н/м на высоте  $h = 2$  м над дном сосуда (см. рис.). Температуру газа увеличили на  $\Delta T = 15$  К. Чему равно при этом смещение поршня  $\Delta h$ ?



**С4.** Маленький шарик с зарядом  $q$  и массой  $m$ , подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости  $k$ , находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора  $d$ . Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити  $\Delta l$ ?



## *Инструкция по проверке и оценке работ учащихся по физике*

### **Часть 1**

За правильный ответ на каждое задание части 1 ставится 1 балл.

Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> | <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|------------------|--------------|
| A1               | <b>2</b>     | A10              | <b>2</b>     |
| A2               | <b>4</b>     | A11              | <b>3</b>     |
| A3               | <b>4</b>     | A12              | <b>1</b>     |
| A4               | <b>1</b>     | A13              | <b>3</b>     |
| A5               | <b>3</b>     | A14              | <b>1</b>     |
| A6               | <b>4</b>     | A15              | <b>4</b>     |
| A7               | <b>1</b>     | A16              | <b>2</b>     |
| A8               | <b>4</b>     | A17              | <b>2</b>     |
| A9               | <b>3</b>     | A18              | <b>2</b>     |

### **Часть 2**

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях В1, В2 правильно указана последовательность цифр, в заданиях В3, В4 – число.

За полный правильный ответ на задания В1, В2 ставится 2 балла, 1 балл – допущена одна ошибка; за неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

За правильный ответ на задания В3, В4 ставится 1 балл, за неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| B1               | <b>123</b>   |
| B2               | <b>150</b>   |
| B3               | <b>1000</b>  |
| B4               | <b>2,7</b>   |

### Часть 3

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Решения заданий С1–С4 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**Внимание!** При выставлении баллов за выполнение задания в «Протокол проверки ответов на задания бланка № 2» следует иметь в виду, что, **если ответ отсутствует** (нет никаких записей, свидетельствующих о том, что экзаменуемый приступал к выполнению задания), то в протокол проставляется «X», а не «0».

**С1.** В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

#### Образец возможного решения

1. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным. При вдвигании поршня происходит изотермическое сжатие пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить конденсация паров воды.
2. Значит, масса жидкости в сосуде будет увеличиваться.

| Критерии оценки выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Баллы |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – увеличение массы жидкости, п. 2), и полное верное объяснение (в данном случае – п. 1) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>водяной пар становится насыщенным, независимость плотности (давления) насыщенного пара от объема при данной температуре</i> ).                                                                                                     | 3     |
| Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков:<br>— В объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы.<br>ИЛИ<br>— Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты.<br>ИЛИ<br>— Указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения. | 2     |
| Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:<br>— Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ.<br>ИЛИ<br>— Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан.                                                                                                                                                                                           | 1     |

|                                                                                                          |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| ИЛИ                                                                                                      |   |
| — Представлен только правильный ответ без обоснований.                                                   |   |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла. | 0 |

**С2.** Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $v_{пл} = 15$  м/с и  $v_{бр} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30%?

### Образец возможного решения

Пусть  $m$  – масса куса пластилина,  $M$  – масса бруска,  $u_0$  – начальная скорость бруска с пластилином после взаимодействия.

Согласно закону сохранения импульса:  $Mv_{бр} - mv_{пл} = (M + m)u_0$ .

Так как  $M = 4m$  и  $v_{бр} = \frac{1}{3}v_{пл}$ , то  $4m \cdot \frac{1}{3}v_{пл} - mv_{пл} = 5mu_0 \Rightarrow$

$$4mv_{пл} - 3mv_{пл} = 15mu_0 \Rightarrow u_0 = \frac{1}{15}v_{пл}.$$

По условию конечная скорость бруска с пластилином  $u = 0,7u_0$ .

Изменение механической энергии бруска с пластилином равно работе силы трения, откуда:

$$\frac{(M+m)u_0^2}{2} = \frac{(M+m)u^2}{2} + \mu(M+m)gS \Rightarrow$$

$$\frac{5m \left( \frac{1}{15}v_{пл} \right)^2}{2} = \frac{5m \left( 0,7 \cdot \frac{1}{15}v_{пл} \right)^2}{2} + 5m\mu gS \Rightarrow \frac{1}{2 \cdot 15^2} \cdot v_{пл}^2 - \frac{0,49}{2 \cdot 15^2} \cdot v_{пл}^2 = \mu gS \Rightarrow$$

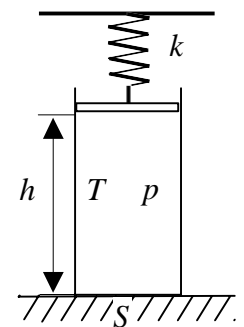
$$\Rightarrow S = \frac{0,255}{225} \cdot \frac{v_{пл}^2}{\mu g} = 0,15(\text{м}).$$

Ответ:  $S = 0,15$  м.

| Критерии оценки выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Баллы |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:<br>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <u>закон сохранения импульса, связь изменения механической энергии с работой силы трения</u> );<br>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями). | 3     |
| Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:<br>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.<br><br>ИЛИ<br>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.                                                                                                                                                                                                                                                     | 2     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |
| <p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> | 1 |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0 |

**С3.** Газ с температурой  $T = 300$  К и давлением  $p = 2 \cdot 10^5$  Па находится в цилиндрическом сосуде с сечением  $S = 0,1$  м<sup>2</sup> под невесомым поршнем, который удерживается пружиной с жесткостью  $k = 1,5 \cdot 10^4$  Н/м на высоте  $h = 2$  м над дном сосуда (см. рис.). Температуру газа увеличили на  $\Delta T = 15$  К. Чему равно при этом смещение поршня  $\Delta h$ ?



#### Образец возможного решения

Использование уравнения Клапейрона–Менделеева для начального и конечного состояний газа:  
 $pSh = \nu RT, \quad (p + \Delta p) S (h + \Delta h) = \nu R (T + \Delta T).$

Использование закона Гука для определения силы, действующей на поршень:  $F = -k\Delta x$ , где  $\Delta x$  – смещение поршня из положения, в котором пружина не деформирована.

Определение условия равновесия поршня: приращение силы давления газа равно приращению силы упругости:  $\Delta p S = k\Delta h.$

Переход к одному уравнению для искомой величины  $\Delta h$  :

$$\left(1 + \frac{k \Delta h}{Sp}\right) \left(1 + \frac{\Delta h}{h}\right) = 1 + \frac{\Delta T}{T}.$$

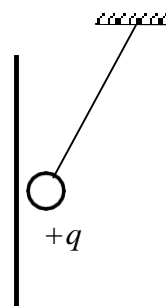
Использование малости отношения  $\frac{\Delta h}{h}$  для получения приближенного уравнения

$$\Delta h \left( \frac{k}{Sp} + \frac{1}{h} \right) \approx \frac{\Delta T}{T}$$

$$\Delta h \approx 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 4 \text{ см.}$$

| Критерии оценки выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Баллы |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:<br/>           1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>уравнение Клапейрона–Менделеева, закон Гука, условие равновесия поршня</i>);<br/>           2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения).<br/>           При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>                                                                                                                                                                                                                                                            | 3     |
| <p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:<br/>           — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.<br/>           ИЛИ<br/>           — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.<br/>           ИЛИ<br/>           — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.<br/>           ИЛИ<br/>           — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>                                                                                                                                                                                                     | 2     |
| <p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:<br/>           — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.<br/>           ИЛИ<br/>           — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.<br/>           ИЛИ<br/>           — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> | 1     |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0     |

**С4.** Маленький шарик с зарядом  $q$  и массой  $m$ , подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости  $k$ , находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора  $d$ . Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити  $\Delta l$ ?



**Образец возможного решения (рисунок не обязателен)**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Условия равновесия: <math display="block">\begin{cases} k\Delta l \cdot \sin \alpha = qE, \\ k\Delta l \cdot \cos \alpha = mg. \end{cases}</math></p> <p>Возведем оба равенства в квадрат и сложим их:<br/> <math display="block">(k\Delta l)^2 = (mg)^2 + (qE)^2,</math></p> <p>откуда <math display="block">E = \frac{\sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q}.</math></p> <p>Напряженность электрического поля в конденсаторе: <math>E = \frac{U}{d}.</math></p> <p>Таким образом, <math display="block">U = \frac{d \cdot \sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q}</math></p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Критерии оценки выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Баллы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>формулы для силы упругости, напряженности электрического поля в конденсаторе и условие равновесия шарика</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— В необходимых математических преобразованиях допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный ответ в общем виде.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

