

## Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по физике

для 11 класса

2023/24 учебный год

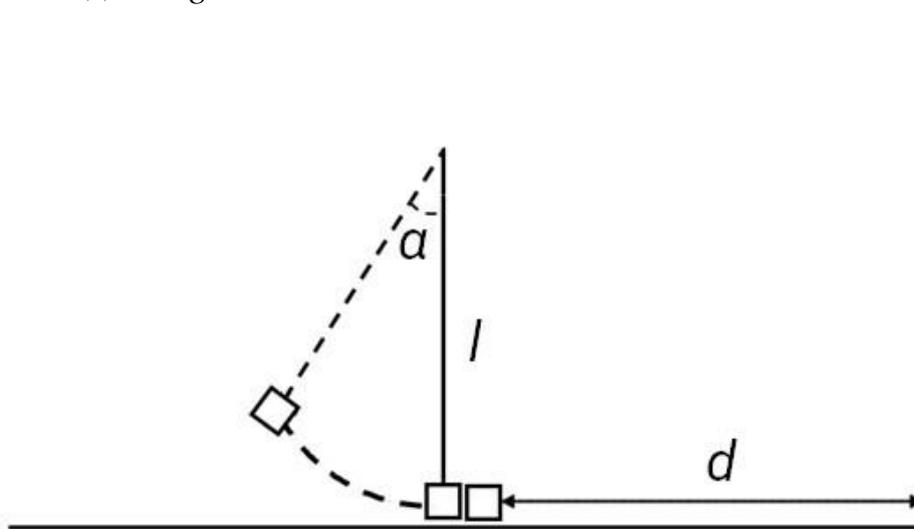
Максимальное количество баллов — 30

### Задание № 1.1

#### Общее условие:

На лёгком стержне длины  $l = 30$  см подвешен небольшой кубик. Верхний конец стержня прикреплён к шарниру так, что кубик на стержне может без трения вращаться в вертикальной плоскости. В нижней точке траектории, которую описывает кубик при вращении, на горизонтальной поверхности установлен второй точно такой же кубик. Коэффициент трения между кубиком и горизонтальной поверхностью  $\mu = 0.2$ .

Стержень с кубиком отклоняют на угол  $\alpha = 60^\circ$  от вертикали и отпускают (см. рисунок). После абсолютно упругого столкновения второй кубик приобретает некоторую скорость в направлении вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $d = 0.5$  м от точки столкновения. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Условие:**

Что произойдёт после столкновения с кубиком, подвешенным на стержне?

**Ответ:**

- Кубик продолжит двигаться в направлении стенки с уменьшившейся скоростью
- Кубик остановится
- Кубик продолжит двигаться в направлении от стенки
- Данных в условии задачи недостаточно для ответа на вопрос о направлении движения

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

С какой скоростью движется кубик на стержне непосредственно перед столкновением? Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [1.7; 1.8]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На каком расстоянии от места первого соударения кубиков остановится второй кубик после окончания всех столкновений? Столкновения кубика со стенкой считайте абсолютно упругими. Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [24; 26]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

На какую минимальную высоту над поверхностью необходимо поднять кубик на стержне, чтобы после первого столкновения кубиков они столкнулись хотя бы ещё один раз? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [19; 21]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение.*

При центральном абсолютно упругом столкновении движущегося тела с неподвижным (одинаковой массы) движущееся тело останавливается, а бывшее неподвижным начинает двигаться со скоростью налетевшего тела. Поэтому в результате столкновения кубик, подвешенный на стержне, должен остановиться (вопрос 1).

Скорость подвешенного кубика перед столкновением можно определить из закона сохранения энергии:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}.$$

Из геометрии:  $h = l(1 - \cos\alpha)$ ,

Совместное решение этих двух уравнений даёт:

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)} \approx 1.7 \frac{m}{c}. \quad (\text{вопрос 2})$$

При дальнейшем движении на второй кубик действует сила трения  $F_{\text{тр}} = \mu mg$ , и кубик движется равнозамедленно с ускорением  $a = \mu \cdot g$ , причём как до столкновения со стенкой, так и после. Путь  $x$ , который проходит кубик при таком движении до момента остановки, равен:

$$x = \frac{v^2}{2\mu \cdot g} = \frac{2l(1 - \cos\alpha)}{2\mu} = 75 \text{ см.}$$

Этот путь включает расстояние до стенки  $d = 0.5$  м. Поэтому после соударения со стенкой кубик пройдёт ещё 25 см и остановится на расстоянии 25 см от места соударения (вопрос 3).

Чтобы кубики испытали ещё одно столкновение, кубик, движущийся по плоскости, должен пройти суммарное расстояние, равное  $2d$ . Для этого

должно выполняться условие:  $2d = \frac{v_1^2}{2\mu \cdot g},$

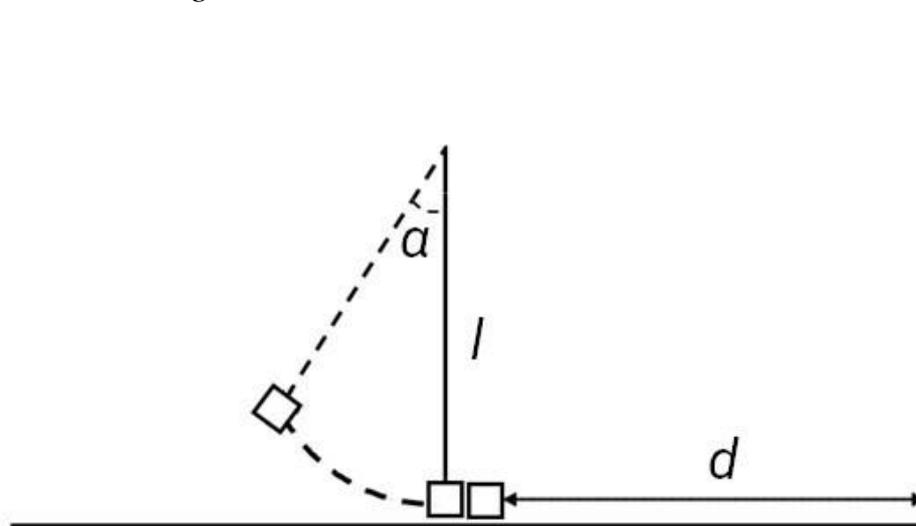
где  $v_1$  — скорость кубика на стержне перед столкновением. Отсюда  $v_1^2 = 4\mu \cdot g \cdot d$ . Из закона сохранения энергии  $v_1^2 = 2g \cdot h$ . Чтобы кубики столкнулись ещё один раз, высота, на которую первоначально должен быть поднят кубик на стержне, должна быть не меньше, чем  $h = 2\mu \cdot d = 20$  см (вопрос 4).

## Задание № 1.2

### Общее условие:

На лёгком стержне длины  $l = 50$  см подвешен небольшой кубик. Верхний конец стержня прикреплен к шарниру так, что кубик на стержне может без трения вращаться в вертикальной плоскости. В нижней точке траектории, которую описывает кубик при вращении, на горизонтальной поверхности установлен второй точно такой же кубик. Коэффициент трения между кубиком и горизонтальной поверхностью  $\mu = 0.25$ .

Стержень с кубиком отклоняют на угол  $\alpha = 60^\circ$  от вертикали и отпускают (см. рисунок). После абсолютно упругого столкновения второй кубик приобретает некоторую скорость в направлении вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $d = 0.6$  м от точки столкновения. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



### Условие:

Что произойдёт после столкновения с кубиком, подвешенным на стержне?

### Ответ:

- Кубик продолжит двигаться в направлении стенки с уменьшившейся скоростью

- ✓ Кубик остановится
- Кубик продолжит двигаться в направлении от стенки
- Данных в условии задачи недостаточно для ответа на вопрос о направлении движения

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

С какой скоростью движется кубик на стержне непосредственно перед столкновением? Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [2.1; 2.3]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На каком расстоянии от места первого соударения кубиков остановится второй кубик после окончания всех столкновений? Столкновения кубика со стенкой считайте абсолютно упругими. Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [19; 21]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

На какую минимальную высоту над поверхностью необходимо поднять кубик на стержне, чтобы после первого столкновения кубиков они столкнулись хотя бы ещё один раз? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [29; 31]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

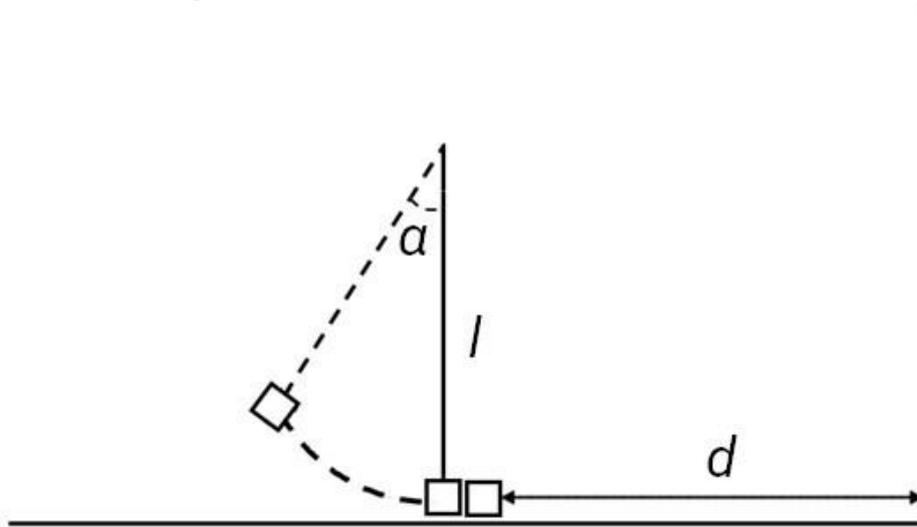
*Решение по аналогии с заданием № 1.1*

### Задание № 1.3

#### Общее условие:

На лёгком стержне длины  $l = 40$  см подвешен небольшой кубик. Верхний конец стержня прикреплён к шарниру так, что кубик на стержне может без трения вращаться в вертикальной плоскости. В нижней точке траектории, которую описывает кубик при вращении, на горизонтальной поверхности установлен второй точно такой же кубик. Коэффициент трения между кубиком и горизонтальной поверхностью  $\mu = 0.3$ .

Стержень с кубиком отклоняют на угол  $\alpha = 60^\circ$  от вертикали и отпускают (см. рисунок). После абсолютно упругого столкновения второй кубик приобретает некоторую скорость в направлении вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $d = 0.4$  м от точки столкновения. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



#### Условие:

Что произойдёт после столкновения с кубиком, подвешенным на стержне?

#### Ответ:

- Кубик продолжит двигаться в направлении стенки с уменьшившейся скоростью

- ✓ Кубик остановится
- Кубик продолжит двигаться в направлении от стенки
- Данных в условии задачи недостаточно для ответа на вопрос о направлении движения

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

С какой скоростью движется кубик на стержне непосредственно перед столкновением? Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [1.9; 2.1]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На каком расстоянии от места первого соударения кубиков остановится второй кубик после окончания всех столкновений? Столкновения кубика со стенкой считайте абсолютно упругими. Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [12; 15]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

На какую минимальную высоту над поверхностью необходимо поднять кубик на стержне, чтобы после первого столкновения кубиков они столкнулись хотя бы ещё один раз? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [23; 25]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

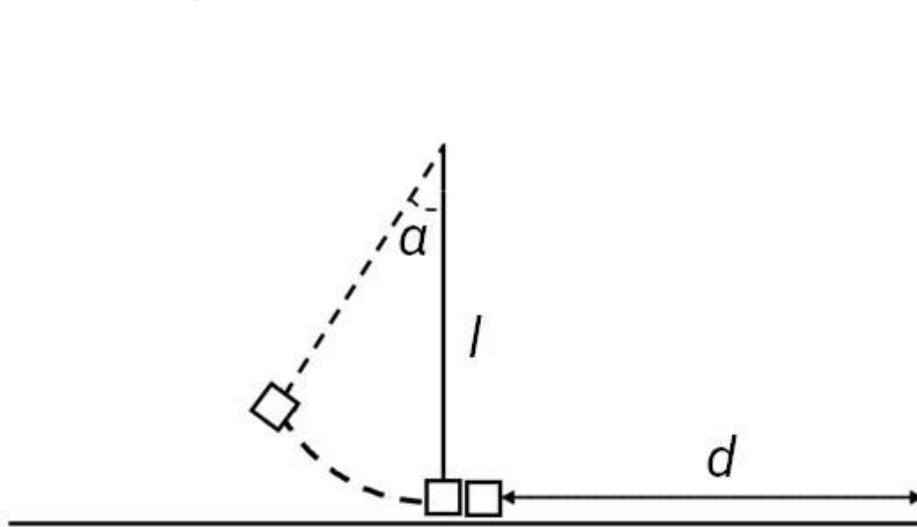
*Решение по аналогии с заданием № 1.1*

### Задание № 1.4

#### Общее условие:

На лёгком стержне длины  $l = 70$  см подвешен небольшой кубик. Верхний конец стержня прикреплен к шарниру так, что кубик на стержне может без трения вращаться в вертикальной плоскости. В нижней точке траектории, которую описывает кубик при вращении, на горизонтальной поверхности установлен второй точно такой же кубик. Коэффициент трения между кубиком и горизонтальной поверхностью  $\mu = 0.3$ .

Стержень с кубиком отклоняют на угол  $\alpha = 60^\circ$  от вертикали и отпускают (см. рисунок). После абсолютно упругого столкновения второй кубик приобретает некоторую скорость в направлении вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $d = 0.7$  м от точки столкновения. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



#### Условие:

Что произойдёт после столкновения с кубиком, подвешенным на стержне?

#### Ответ:

- Кубик продолжит двигаться в направлении стенки с уменьшившейся скоростью

- ✓ Кубик остановится
- Кубик продолжит двигаться в направлении от стенки
- Данных в условии задачи недостаточно для ответа на вопрос о направлении движения

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

С какой скоростью движется кубик на стержне непосредственно перед столкновением? Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [2.5; 2.8]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На каком расстоянии от места первого соударения кубиков остановится второй кубик после окончания всех столкновений? Столкновения кубика со стенкой считайте абсолютно упругими. Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [22; 24]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

На какую минимальную высоту над поверхностью необходимо поднять кубик на стержне, чтобы после первого столкновения кубиков они столкнулись хотя бы ещё один раз? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [41; 43]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

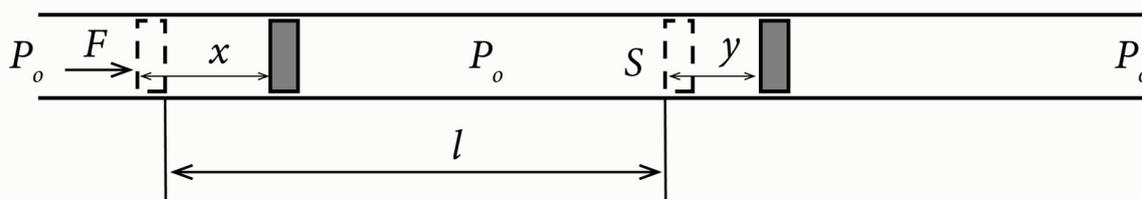
**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 1.1*

## Задание № 2.1

### Общее условие:

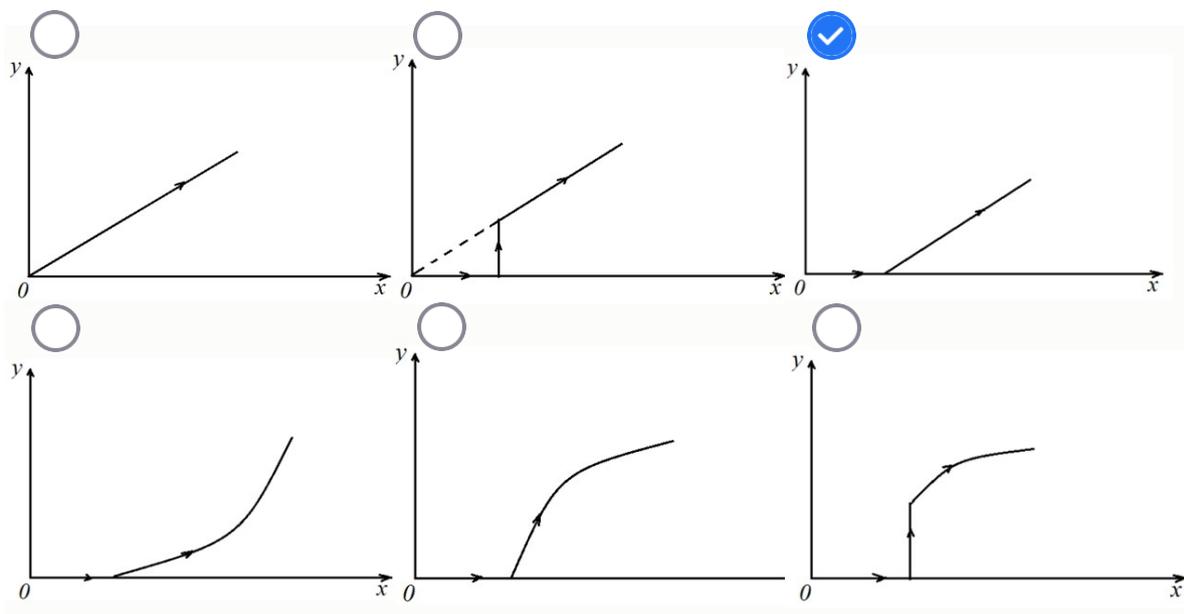
В горизонтально расположенной цилиндрической трубке с площадью поперечного сечения  $S = 5 \text{ см}^2$  на расстоянии  $l = 20 \text{ см}$  друг от друга располагаются две пробки. При движении пробок внутри трубки на каждую из них действует сила трения  $F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$ . Между пробками находится воздух при атмосферном давлении  $P_0 = 10^5 \text{ Па}$ . Одну из пробок (на рисунке слева) медленно перемещают в направлении другой на расстояние  $x$ , воздействуя на неё внешней силой. Температура газа при этом остаётся постоянной.



### Условие:

Какой из графиков верно описывает зависимость перемещения правой пробки  $y$  от перемещения левой  $x$ ?

### Ответ:



**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Как изменяется давление между пробками при непрерывном медленном перемещении левой пробки с постоянной скоростью?

**Ответ:**

- Всё время остаётся постоянным и равным атмосферному
- Всё время остаётся постоянным и больше атмосферного
- Сначала увеличивается, затем остаётся постоянным
- Сначала не меняется, потом скачком возрастает, после чего остаётся постоянным
- Сначала не меняется, потом скачком возрастает, после чего медленно увеличивается

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите минимальное расстояние между пробками в процессе движения, если известно, что полное перемещение левой пробки равно  $l$ .  
Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [16.5; 16.8]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

На какое расстояние надо переместить левую пробку, чтобы правая сдвинулась на 2 см? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [5.2; 5.4]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение*

При перемещении левой пробки объём воздуха между пробками начинает уменьшаться, а давление возрастает. Правая пробка придёт в движение при условии  $P \cdot S = P_0 \cdot S + F_{\text{тр}}$ , то есть когда давление воздуха в зазоре между пробками окажется равным  $P = P_0 + \frac{F_{\text{тр}}}{S} = 1.2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . До этого момента времени правая пробка останется неподвижной, а после — давление воздуха в зазоре сохранится постоянным и равным  $P$ , а перемещения пробок будут одинаковыми. Поэтому перемещение правой пробки в зависимости от перемещения левой (вопрос 1) верно описывается графиком в). Одновременно несложно выбрать правильный ответ на второй вопрос — «давление сначала увеличивается, затем остаётся постоянным».

При достижении давления  $P$  объём зазора перестаёт уменьшаться и расстояние между пробками остаётся постоянным. Поведение газа в зазоре подчиняется закону Бойля-Мариотта  $P \cdot V = \text{const}$ . Отсюда

$$P_0 \cdot V_0 = P \cdot V;$$

$$P_0 \cdot l \cdot S = P \cdot l_{\text{min}} \cdot S;$$

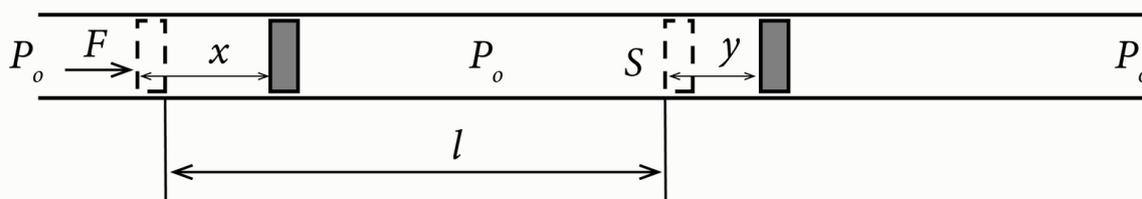
$$l_{\text{min}} = l \frac{P_0}{P} \approx 16.7 \text{ см.}$$

Для ответа на четвёртый вопрос остаётся учесть, что движение правой пробки начинается с момента, когда расстояние между пробками становится равным  $l_{\text{min}}$ , то есть когда левая переместится на  $l - l_{\text{min}} \approx 3.3 \text{ см}$ . После этого перемещения пробок одинаковы, то есть при перемещении правой на 2 см левая также переместится ещё на 2 см. Таким образом, суммарное перемещение левой пробки к этому моменту составляет 5.3 см.

## Задание № 2.2

### Общее условие:

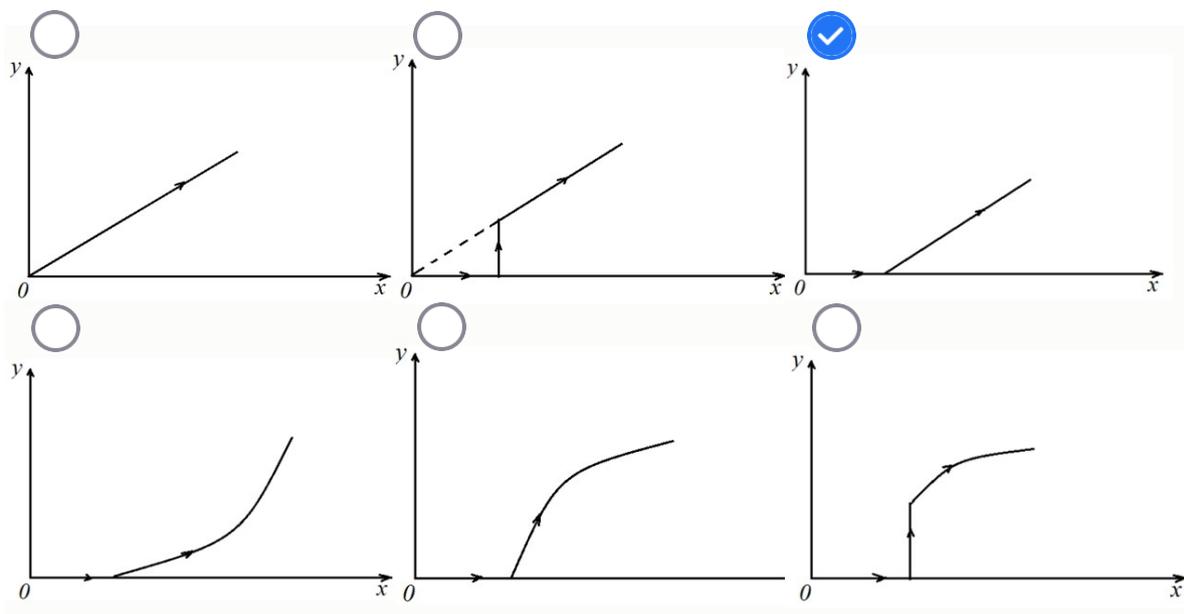
В горизонтально расположенной цилиндрической трубке с площадью поперечного сечения  $S = 10 \text{ см}^2$  на расстоянии  $l = 25 \text{ см}$  друг от друга располагаются две пробки. При движении пробок внутри трубки на каждую из них действует сила трения  $F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$ . Между пробками находится воздух при атмосферном давлении  $P_0 = 10^5 \text{ Па}$ . Одну из пробок (на рисунке слева) медленно перемещают в направлении другой на расстояние  $x$ , воздействуя на неё внешней силой. Температура газа при этом остаётся постоянной.



### Условие:

Какой из графиков верно описывает зависимость перемещения правой пробки  $y$  от перемещения левой  $x$ ?

### Ответ:



**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Как изменяется давление между пробками при непрерывном медленном перемещении левой пробки с постоянной скоростью?

**Ответ:**

- Всё время остаётся постоянным и равным атмосферному
- Всё время остаётся постоянным и больше атмосферного
- Сначала увеличивается, затем остаётся постоянным
- Сначала не меняется, потом скачком возрастает, после чего остаётся постоянным
- Сначала не меняется, потом скачком возрастает, после чего медленно увеличивается

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите минимальное расстояние между пробками в процессе движения, если известно, что полное перемещение левой пробки равно  $l$ .  
Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [21.6; 21.8]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

На какое расстояние надо переместить левую пробку, чтобы правая сдвинулась на 4 см? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [7.2; 7.4]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

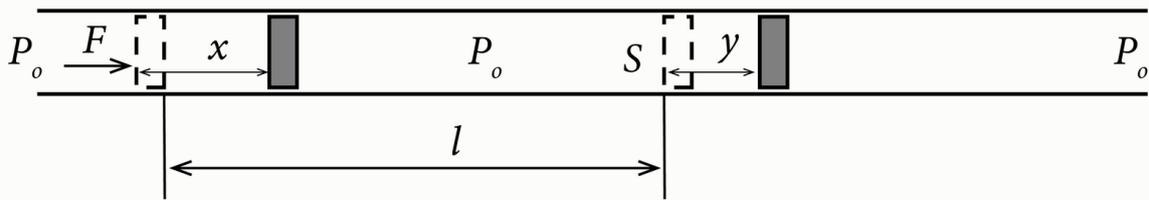
**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 2.1*

### Задание № 2.3

#### Общее условие:

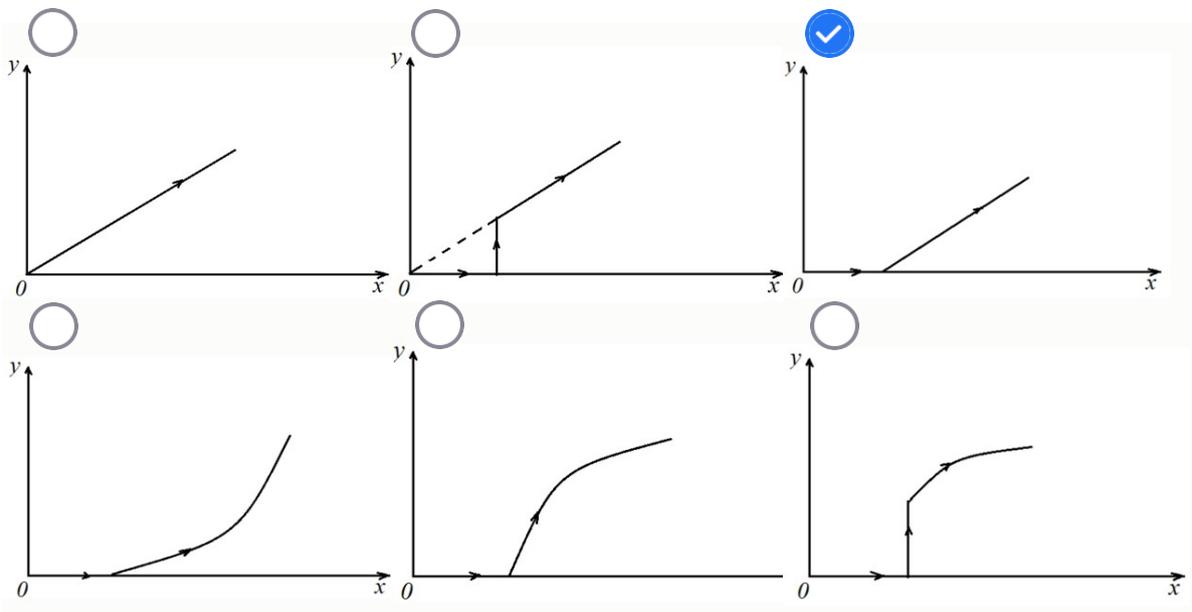
В горизонтально расположенной цилиндрической трубке с площадью поперечного сечения  $S = 15 \text{ см}^2$  на расстоянии  $l = 30 \text{ см}$  друг от друга располагаются две пробки. При движении пробок внутри трубки на каждую из них действует сила трения  $F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$ . Между пробками находится воздух при атмосферном давлении  $P_0 = 10^5 \text{ Па}$ . Одну из пробок (на рисунке слева) медленно перемещают в направлении другой на расстояние  $x$ , воздействуя на неё внешней силой. Температура газа при этом остаётся постоянной.



#### Условие:

Какой из графиков верно описывает зависимость перемещения правой пробки  $y$  от перемещения левой  $x$ ?

#### Ответ:



**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Как изменяется давление между пробками при непрерывном медленном перемещении левой пробки с постоянной скоростью?

**Ответ:**

- Всё время остаётся постоянным и равным атмосферному
- Всё время остаётся постоянным и больше атмосферного
- Сначала увеличивается, затем остаётся постоянным
- Сначала не меняется, потом скачком возрастает, после чего остаётся постоянным
- Сначала не меняется, потом скачком возрастает, после чего медленно увеличивается

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите минимальное расстояние между пробками в процессе движения, если известно, что полное перемещение левой пробки равно  $l$ . Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [27.2; 27.4]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

На какое расстояние надо переместить левую пробку, чтобы правая сдвинулась на 3 см? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [5.6; 5.8]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

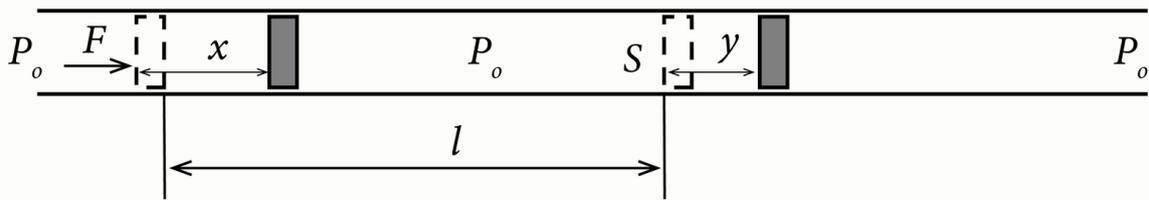
**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 2.1*

## Задание № 2.4

### Общее условие:

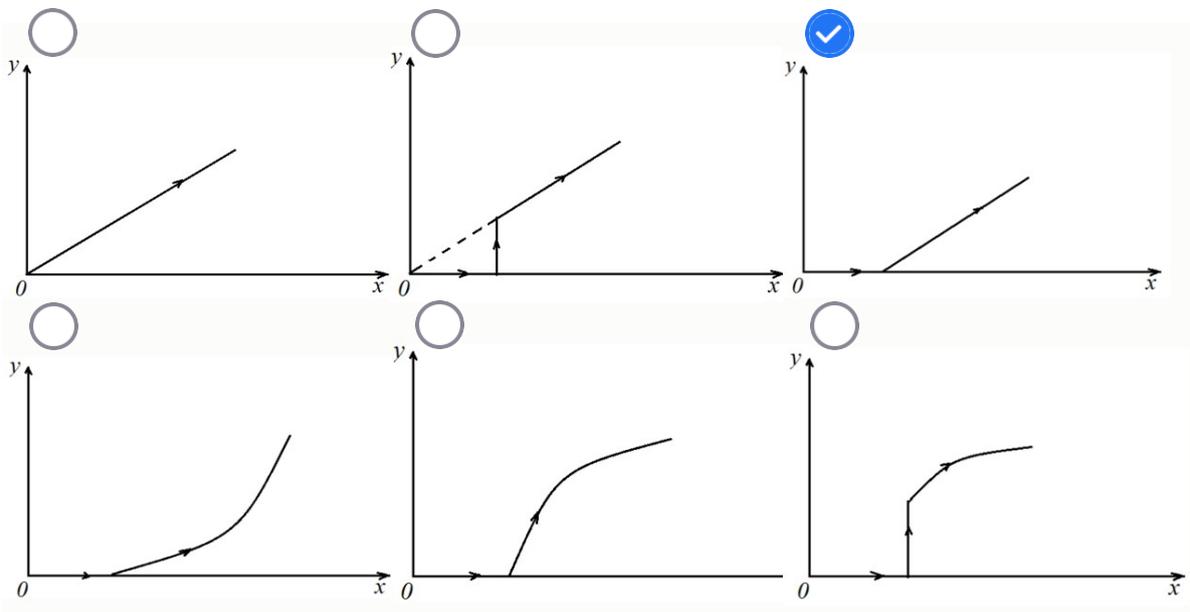
В горизонтально расположенной цилиндрической трубке с площадью поперечного сечения  $S = 12 \text{ см}^2$  на расстоянии  $l = 40 \text{ см}$  друг от друга располагаются две пробки. При движении пробок внутри трубки на каждую из них действует сила трения  $F_{\text{тр}} = 24 \text{ Н}$ . Между пробками находится воздух при атмосферном давлении  $P_0 = 10^5 \text{ Па}$ . Одну из пробок (на рисунке слева) медленно перемещают в направлении другой на расстояние  $x$ , воздействуя на неё внешней силой. Температура газа при этом остаётся постоянной.



### Условие:

Какой из графиков верно описывает зависимость перемещения правой пробки  $y$  от перемещения левой  $x$ ?

### Ответ:



**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Как изменяется давление между пробками при непрерывном медленном перемещении левой пробки с постоянной скоростью?

**Ответ:**

- Всё время остаётся постоянным и равным атмосферному
- Всё время остаётся постоянным и больше атмосферного
- Сначала увеличивается, затем остаётся постоянным
- Сначала не меняется, потом скачком возрастает, после чего остаётся постоянным
- Сначала не меняется, потом скачком возрастает, после чего медленно увеличивается

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите минимальное расстояние между пробками в процессе движения, если известно, что полное перемещение левой пробки равно  $l$ . Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [33.2; 33.4]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

На какое расстояние надо переместить левую пробку, чтобы правая сдвинулась на 8 см? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [14.6; 14.8]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 2.1*

### Задание № 3.1

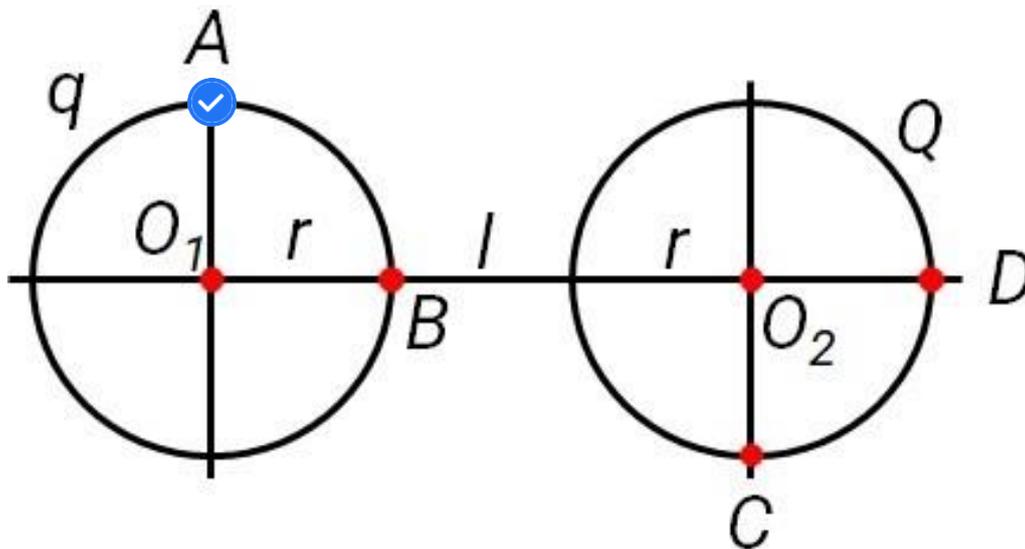
#### Общее условие:

Две одинаковые равномерно заряженные разными зарядами  $q$  и  $Q$  непроводящие сферы радиуса  $r$  закреплены. Минимальное расстояние между сферами равно  $l = r$ . Величины зарядов и расстояния показаны на рисунке:  $q = 4 \cdot 10^{-9}$  Кл, радиус сфер  $r = 1$  м,  $Q = -2q$ . Постоянная закона Кулона  $k = 9 \cdot 10^9$  Н·м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.

#### Условие:

Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  расположены на поверхностях сфер снаружи, точки  $O_1$  и  $O_2$  — центры сфер. Выберите точку, в которой потенциал электростатического поля максимален (с учётом знака):

#### Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

#### Условие:

Определите величину потенциала электростатического поля в точке  $D$ .  
Ответ выразите в вольтах с учётом знака, округлите до целых.

**Ответ:**  $-63$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

Определите величину модуля вектора напряжённости электростатического поля в точке  $O_2$ . Ответ выразите в В/м, округлите до десятых.

**Ответ:** 4.0

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Теперь рассмотрим случай, когда левая сфера является проводящей. Правая сфера по-прежнему является непроводящей, с равномерно распределённым по ней зарядом.

Как направлен вектор напряжённости электростатического поля в точке  $A$ ?

**Ответ:**

- Влево и вверх
- Вправо и вверх
- Вверх
- Вниз
- $\vec{E} = 0$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение.*

Потенциал равномерно заряженной по поверхности сферы одинаков во всех точках внутри неё и изменяется, как потенциал точечного заряда снаружи.

По условию  $Q < 0$  и  $q > 0$ , следовательно, потенциал будет максимален в

точке, наиболее удалённой от центра сферы с зарядом  $Q$  и при этом находящейся на поверхности или внутри сферы с зарядом  $q$ , то есть в точке  $A$  (вопрос 1).

Потенциал в точке  $D$  будет равен:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{kq}{l+3r} + \frac{kQ}{r} = \frac{kq}{4r} - \frac{2kQ}{r} = -\frac{7kQ}{4r} = -\frac{7 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 1} = -63 \text{ В} \quad (\text{вопрос 2}).$$

Поскольку напряжённость поля внутри равномерно заряженной сферы равно нулю, то в точке  $O_2$  напряженность определяется только сферой с зарядом  $q$ :

$$E = \frac{kq}{(2r+l)^2} = \frac{kq}{9r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{9 \cdot 1^2} = 4,0 \text{ В/м} \quad (\text{вопрос 3}).$$

Если сфера станет проводящей, то заряд распределится по её поверхности таким образом, что электростатическое поле внутри исчезнет. При этом силовые линии (линии напряжённости электростатического поля) будут подходить к сфере в данной точке перпендикулярно поверхности. Заряд левой сферы  $q > 0$ , поэтому направление линий – от сферы, вдоль радиуса. Для точки  $A$  это направление вверх (вопрос 4).

### Задание № 3.2

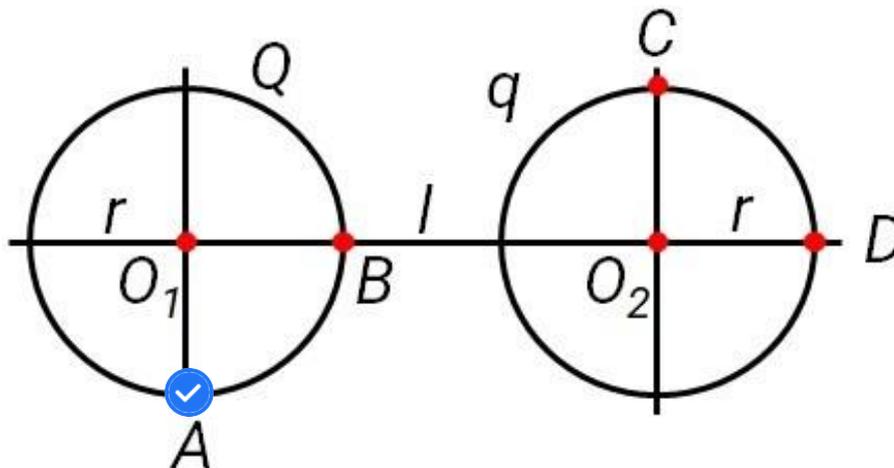
#### Общее условие:

Две одинаковые равномерно заряженные разными зарядами  $q$  и  $Q$  непроводящие сферы радиуса  $r$  закреплены. Минимальное расстояние между сферами равно  $l = r$ . Величины зарядов и расстояния показаны на рисунке:  $q = 2 \cdot 10^{-9}$  Кл, радиус сфер  $r = 0.5$  м,  $Q = -2q$ ,  $l = r$ . Постоянная закона Кулона  $k = 9 \cdot 10^9$  Н·м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.

#### Условие:

Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  расположены на поверхностях сфер снаружи, точки  $O_1$  и  $O_2$  — центры сфер. Выберите точку, в которой потенциал электростатического поля максимален (с учётом знака):

#### Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

#### Условие:

Определите величину потенциала электростатического поля в точке  $D$ . Ответ выразите в вольтах с учётом знака, округлите до целых.

**Ответ:** 18

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите величину модуля вектора напряжённости электростатического поля в точке  $O_1$ . Ответ выразите в В/м, округлите до десятых.

**Ответ:** 8.0

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

Теперь рассмотрим случай, когда правая сфера является проводящей. Левая сфера по-прежнему является непроводящей, с равномерно распределённым по ней зарядом.

Как направлен вектор напряжённости электростатического поля в точке  $C$ ?

**Ответ:**

- Влево и вверх
- Вправо и вверх
- Вверх
- Вниз
- $\vec{E} = 0$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 3.1*

### Задание № 3.3

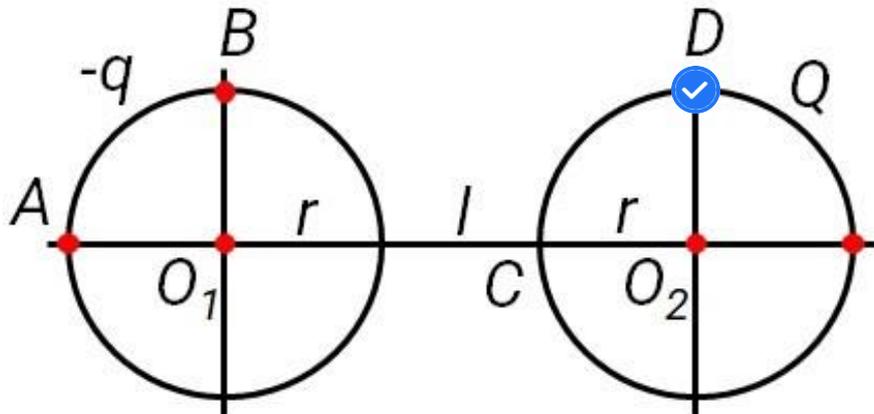
#### Общее условие:

Две одинаковые равномерно заряженные разными зарядами  $-q$  и  $Q$  непроводящие сферы радиуса  $r$  закреплены. Минимальное расстояние между сферами равно  $l = r$ . Величины зарядов и расстояния показаны на рисунке:  $q = 6 \cdot 10^{-9}$  Кл, радиус сфер  $r = 1$  м,  $Q = 2q$ ,  $l = r$ . Постоянная закона Кулона  $k = 9 \cdot 10^9$  Н·м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.

#### Условие:

Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  расположены на поверхностях сфер снаружи, точки  $O_1$  и  $O_2$  — центры сфер. Выберите точку, в которой потенциал электростатического поля максимален (с учётом знака):

#### Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

#### Условие:

Определите величину потенциала электростатического поля в точке  $A$ . Ответ выразите в вольтах с учётом знака, округлите до целых.

Ответ:  $-27$

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите величину модуля вектора напряжённости электростатического поля в точке  $O_2$ . Ответ выразите в В/м, округлите до десятых.

**Ответ:** 6.0

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

Теперь рассмотрим случай, когда правая сфера является проводящей. Левая сфера по-прежнему является непроводящей, с равномерно распределённым по ней зарядом.

Как направлен вектор напряжённости электростатического поля в точке  $B$ ?

**Ответ:**

- Влево и вверх
- Вправо и вверх
- Вверх
- Вниз
- $\vec{E} = 0$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 3.1*

### Задание № 3.4

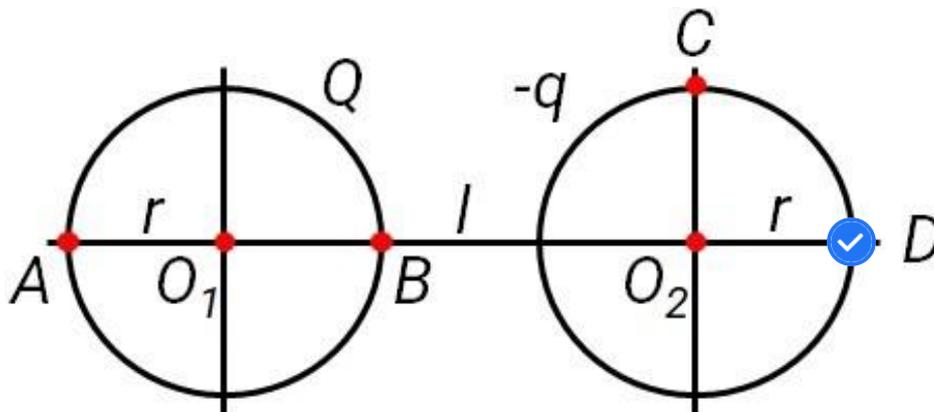
#### Общее условие:

Две одинаковые равномерно заряженные разными зарядами  $-q$  и  $Q$  непроводящие сферы радиуса  $r$  закреплены. Минимальное расстояние между сферами равно  $l = r$ . Величины зарядов и расстояния показаны на рисунке:  $q = 8 \cdot 10^{-9}$  Кл, радиус сфер  $r = 2$  м,  $Q = 2q$ ,  $l = r$ . Постоянная закона Кулона  $k = 9 \cdot 10^9$  Н·м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.

#### Условие:

Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  расположены на поверхностях сфер снаружи, точки  $O_1$  и  $O_2$  — центры сфер. Выберите точку, в которой потенциал электростатического поля максимален (с учётом знака):

#### Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

#### Условие:

Определите величину потенциала электростатического поля в точке  $D$ . Ответ выразите в вольтах с учётом знака, округлите до целых.

Ответ:  $-18$

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите величину модуля вектора напряжённости электростатического поля в точке  $O_1$ . Ответ выразите в В/м, округлите до десятых.

**Ответ:** 2.0

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

Теперь рассмотрим случай, когда правая сфера является проводящей. Левая сфера по-прежнему является непроводящей, с равномерно распределённым по ней зарядом.

Как направлен вектор напряжённости электростатического поля в точке  $C$ ?

**Ответ:**

- Влево и вверх
- Вправо и вверх
- Вверх
- Вниз
- $\vec{E} = 0$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 3.1*