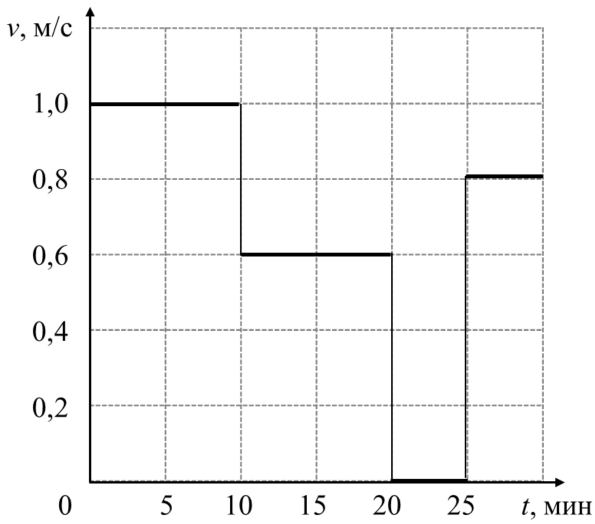
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2023–2024 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 8 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 60.

Тестовые задания

1. Винни-Пух отправился в гости к Пятачку. На рисунке приведён график зависимости его скорости v от времени t. Определите среднюю скорость медведя на всём пути до домика Пятачка.



1) 0,8 м/с
2) 2,4 км/ч
3) 48 м/мин
4) 200 дм/мин

2. Водяная мельница имеет КПД 3 %. Её приводит в действие поток воды с объёмным расходом 1 м^3/мин, падающий с высоты 3 м. Сравните полезную мощность этой водяной мельницы и мощность двигателя простейшей электрической газонокосилки, равную одной лошадиной силе (1 л.с.). Считайте, что ускорение свободного падения g = 10 Н/кг, а 1 л.с. = 750 Вт.

1) Мощность газонокосилки существенно больше полезной мощности водяной мельницы.
2) Мощность газонокосилки существенно меньше полезной мощности водяной мельницы.
3) Мощность газонокосилки и полезная мощность водяной мельницы отличаются менее чем в 5 раз.
4) Недостаточно данных для ответа на поставленный вопрос.

3. На электронных весах стоял стакан с водой. В воду погрузили подвешенный на нити стальной шарик так, что он не касался ни дна, ни стенок стакана. Что произойдёт с показаниями весов, когда шарик будет покоиться относительно стакана?

1) уменьшатся
2) увеличатся
3) не изменятся
4) недостаточно данных для ответа на поставленный вопрос

4. В калориметр, содержащий 100 г льда при температуре –15 °C, впускают 50 г водяного пара при температуре +100 °C. Что будет находиться в калориметре после установления в нём теплового равновесия? Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°C), удельная теплоёмкость льда 2100 Дж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг, удельная теплота парообразования воды 2,3 МДж/кг. Теплоёмкостью калориметра и потерями теплоты пренебречь.

1) пар
2) смесь пара и воды
3) только вода
4) смесь льда и воды
5) только лёд

5. На рисунке приведена фотография торцевых клещей – инструмента, который может использоваться, например, для извлечения из дерева гвоздей или других крепёжных элементов. Оцените силу, действующую на гвоздь со стороны каждой режущей рабочей поверхности клещей, если к концам рукояток человек прикладывает силы, равные 200 Н. На фотографию клещей наложена координатная сетка, сторона одной клетки которой соответствует 5 мм.

1) от до 20 Н до 150 Н
2) от 100 Н до 500 Н
3) от 500 Н до 1000 Н
4) от 1000 Н до 1500 Н
5) от 5000 Н до 15000 Н

№ задания	1	2	3	4	5
Ответ	2	1	2	2	4
Балл	***2 балла***	***2 балла***	***2 балла***	***2 балла***	***2 балла***

Задания с кратким ответом

Задачи 6–8

Вдохновившись известной притчей «Сосуд жизни», экспериментатор Илья решил повторить эксперимент у себя на даче. Взяв 10-литровое ведро, он насыпал в него доверху щебня. Плотность камней щебня $\rho_щ = 2000$ кг/м^3, насыпная плотность щебня $\rho_{нщ} = 1400$ кг/м^3. Насыпная плотность – это отношение массы сыпучего материала к занимаемому им объёму при условии, что материал насыпают без утрамбовки.

6. Определите суммарный объём камней щебня, которые оказались в сосуде. Ответ приведите в литрах, округлите до целого числа. ***(3 балла)***

7. Затем Илья засыпал мелким гравием все пустоты между камнями щебня в ведре, и оказалось, что средняя плотность содержимого ведра стала равна $\rho_{ср} = 1900$ кг/м^3. Определите массу засыпанного в ведро гравия. Ответ приведите в кг и округлите до целого числа. Массой воздуха можно пренебречь. ***(3 балла)***

8. Для завершения эксперимента Илья налил в ведро воды. Оказалось, что в ведро поместился литр жидкости. Определите плотность частиц гравия, если плотность воды $\rho_в = 1000$ кг/м^3. Ответ приведите в кг/м^3 и округлите до целого числа. ***(3 балла)***

Решение:

6. Найдём массу щебня в ведре:

$$m_щ = \rho_{нщ} V_0 = 14 \text{ кг},$$

где $V_0 = 10$ л – объём ведра. Значит, объём, занимаемый щебнем в ведре,

$$V_щ = \frac{m_щ}{\rho_щ} = \frac{\rho_{нщ} V_0}{\rho_щ} = 7 \text{ л}.$$

7. Запишем выражение для средней плотности. Т.к. объём ведра не менялся, оно будет иметь вид $\rho_{ср} = \frac{m_щ + m_г}{V_0}$, выражаем массу гравия и получаем ответ: $m_г = \rho_{ср} V_0 - m_щ = 5$ кг.

8. Т.к. у Ильи вместился 1 литр жидкости, значит, гравий занимал объём $V_г = 10 \text{ л} - 7 \text{ л} - 1 \text{ л} = 2$ л.

Зная массу гравия, найдём его плотность: $\rho_г = \frac{m_г}{V_г} = 2500 \text{ кг/м}^3$.

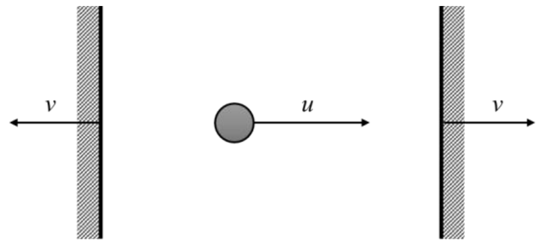
Ответы:

6	7	8
7	5	2500

Максимум за задачи 9 баллов.

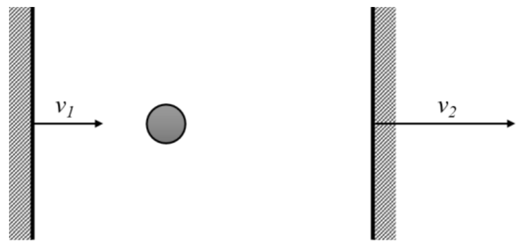
Задачи 9–10

На гладкой горизонтальной поверхности находятся две параллельные очень тяжёлые стенки и мячик, который летает между ними. Стенки движутся в противоположные стороны с одинаковыми постоянными скоростями, равными $v = 1$ м/с, а мячик сначала движется вправо со скоростью $u = 15$ м/с (см. рисунок).



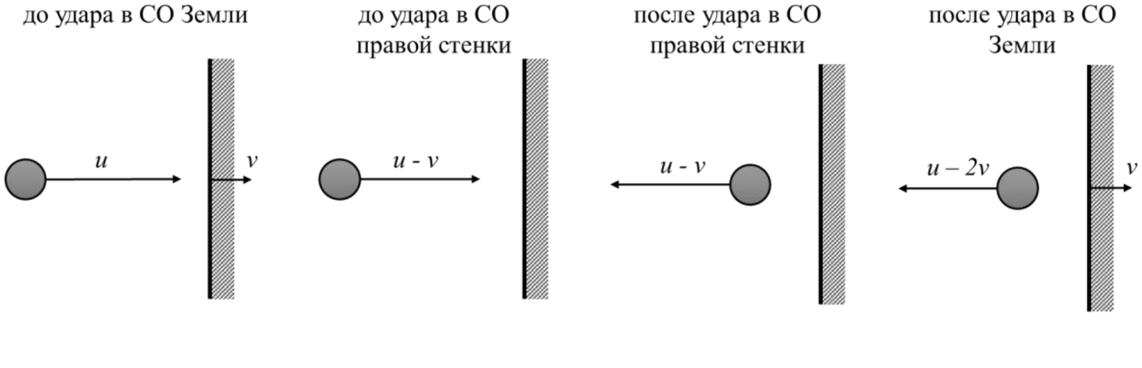
9. Сколько соударений произойдёт в этой системе? Считайте, что мячик движется вдоль одной прямой, перпендикулярной стенкам. Удары считайте абсолютно упругими (то есть при ударе о неподвижную стенку шарик отскакивает от неё в противоположном направлении, а величина его скорости не изменяется). ***(5 баллов)***

10. Сколько соударений произойдёт в системе, если мячик изначально покоится, а обе стенки движутся вправо со скоростями $v_1 = v$ и $v_2 = 1{,}5v$ соответственно (см. рисунок). ***(5 баллов)***



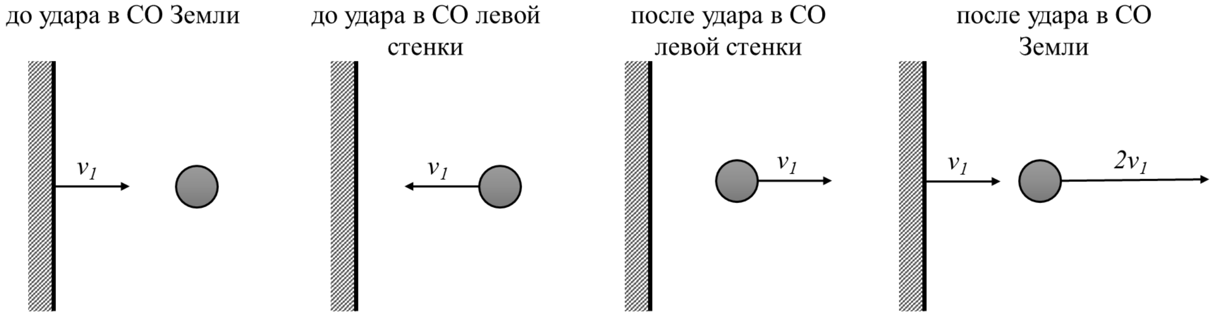
Решение:

9. Рассмотрим первое столкновение шарика с правой стенкой, для этого перейдём в систему отсчёта (СО) стенки. В ней шарик приближается к стенке со скоростью $u - v$. Так как удар абсолютно упругий, а стенка массивная, после соударения в СО правой стенки мячик будет иметь скорость $-u + v$ (направленную влево). Тогда в СО Земли скорость шарика будет равна $-u + 2v$, а её модуль будет равен $u - 2v = 13$ м/с.

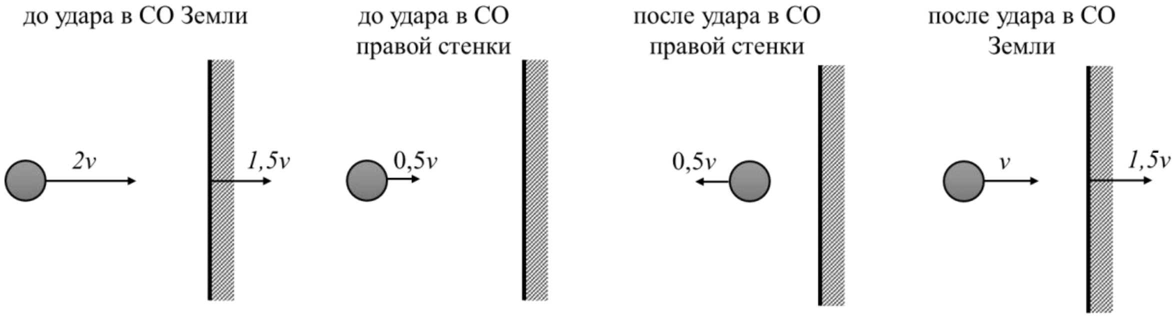


Далее мячик движется в сторону левой стенки и сталкивается с ней. Аналогично предыдущему случаю, скорость мячика после столкновения изменит своё направление на противоположное и уменьшится по величине на $2v = 2$ м/с. Столкновения будут происходить, пока скорость мячика будет превышать скорость одной из стенок. Значит, произойдёт 7 столкновений.

10. Рассмотрим первое соударение мячика с левой стенкой. В системе отсчёта левой стенки он движется к ней со скоростью $v_1 = 1$ м/с. После абсолютно упругого удара мячик в системе отсчёта левой стенки будет двигаться вправо со скоростью $v_1 = 1$ м/с. Переходя в СО, связанную с Землёй, заметим, что скорость мячика будет равна $v_1 + v_1 = 2v = 2$ м/с.



Теперь рассмотрим первое столкновение мячика с правой стенкой:



Процесс будет аналогичен рассмотренному в предыдущем пункте – скорость мячика после удара станет равной $v = 1$ м/с и будет направлена вправо. Таким образом, после второго соударения стенки и мячик будут двигаться вправо со скоростями v, $1{,}5v$ и v соответственно, а значит, больше соударений происходить не будет (левая стенка не догонит мячик, а мячик не догонит правую стенку).

Ответы:

9	10
7	2

Максимум за задачи 10 баллов.

Задачи 11–14

На даче у экспериментатора Ильи был установлен бассейн цилиндрической формы с жёсткими вертикальными стенками, площадь основания которого была равна $S = 5$ м^2. Илья проводил опыты по исследованию изменения уровня воды в данном бассейне при смене различных внешних факторов. Ускорение свободного падения равно $g = 10$ Н/кг, плотность воды $\rho = 1000$ кг/м^3.

11. В первом опыте Илья положил на поверхность воды надувной матрас массой $m = 4$ кг. На сколько изменился уровень воды в бассейне? Матрас не касается стенок и дна бассейна. Ответ приведите в мм, округлив до десятых долей. ***(3 балла)***

12. Далее Илья лёг на матрас сам и оказалось, что при равновесии матрас полностью погрузился в воду. Чему равна масса Ильи? Объём матраса $V_м = 92$ л, стенок и дна бассейна матрас по-прежнему не касается. Ответ приведите в кг, округлите до целого числа. ***(3 балла)***

13. На сколько изменился уровень воды в бассейне по сравнению с первоначальным (который был в отсутствие матраса) после того, как на матрас лёг Илья? Ответ приведите в мм, округлите до десятых долей. ***(2 балла)***

14. Из бассейна начинают сливать воду со скоростью $v = 9{,}84$ м^3/ч. Через какое время матрас с лежащим на нем Ильёй коснётся дна? Считайте, что матрас имеет форму прямоугольного параллелепипеда, его высота $H = 20$ см. Первоначальная глубина воды в бассейне $h_1 = 1$ м. Ответ дайте в минутах, округлите до целого числа. ***(3 балла)***

Решение:

11. До того, как Илья положил в бассейн матрас, сила давления воды на дно была равна $F_1 = \rho g h_1 \cdot S$, где h_1 – уровень воды в бассейне до погружения туда матраса, S – площадь основания бассейна, ρ – плотность воды. С другой стороны, $F_1 = m_в g$, где $m_в$ – масса воды в бассейне, откуда $\rho g h_1 S = m_в g$.

После погружения матраса сила давления воды на дно $F_2 = \rho g h_2 \cdot S$, где h_2 – уровень воды в бассейне после погружения матраса.

С другой стороны: $F_2 = m_в g + mg$, где $m_в$ – масса воды в бассейне. Отсюда $\rho g h_2 S = m_в g + mg$.

Получим $\rho g (h_2 - h_1) S = mg$, откуда $h_2 - h_1 = \frac{m}{\rho S} = 0{,}0008 \text{ м} = 0{,}8 \text{ мм}$.

12. Запишем условие плавания матраса: $F_{\text{арх}} = F_{\text{т}}$. Т. к. матрас полностью погружён в воду, то это равенство будет иметь вид: $\rho g V_{\text{м}} = (m + m_{\text{И}})g$, где $m_{\text{И}}$ – искомая масса Ильи. Отсюда $m_{\text{И}} = \rho V_{\text{м}} - m = 88$ кг.

13. Аналогично вопросу 11, получаем соотношение:

$$h_3 - h_1 = \frac{(m + m_{\text{И}})}{\rho S} = 0{,}0184\text{м} = 18{,}4\ \text{мм},$$

где h_3 – уровень воды, после того как на матрас лёг Илья.

14. Т. к. матрас погружён полностью, то для того, чтоб коснуться дна, его нижняя поверхность должна опуститься на $h_3 - H$. Тогда время выливания соответствующего объёма воды: $t = \frac{(h_3 - H)S}{v} = \frac{\left(h_1 + \frac{(m+m_{\text{И}})}{\rho S} - H\right)S}{v} \approx 25$ мин.

Ответы:

11	12	13	14
0,8	88	18,4	25

Максимум за задачи 11 баллов.

Задачи 15–16

В сосуд с водой кладут чугунную гирьку массой 120 г, нагретую до +90 °С, в результате чего температура воды повышается от +15 °С до +20 °С. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость чугуна 500 Дж/(кг·°С). В этом и в следующих экспериментах теплоёмкостью сосуда и потерями теплоты можно пренебречь.

15. Какая температура установится в сосуде, если положить в него ещё одну такую гирьку, не вынимая при этом первую гирьку? Ответ округлите до десятых долей градуса Цельсия. ***(4 балла)***

16. Какое минимальное количество подобных гирь нужно положить в сосуд (включая первую и вторую из прошлого пункта задачи), чтобы в нём установилась температура не менее +50 °С? При опускании гирь вода из сосуда не выливается. ***(6 баллов)***

Решение:

15. Обозначим начальные температуры чугуна и воды через $t_{\text{ч}}$ и $t_{\text{в}}$, а конечную температуру системы через $t_{\text{к}}$. Запишем уравнение теплового баланса для погружения первой гирьки в сосуд:

$$c_{\text{ч}} m_{\text{ч}} (t_{\text{к}} - t_{\text{ч}}) + c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{к}} - t_{\text{в}}) = 0.$$

Отсюда масса воды:

$$m_{в} = \frac{c_{ч} m_{ч} (t_{ч} - t_{к})}{c_{в} (t_{к} - t_{в})} = 200 \text{ г}.$$

Запишем уравнение теплового баланса для погружения двух гирь, обозначив конечную температуру для этого случая через $t_{к2}$:

$$c_{ч} \cdot 2m_{ч} (t_{к2} - t_{ч}) + c_{в} m_{в} (t_{к2} - t_{в}) = 0.$$

Отсюда новая конечная температура:

$$t_{к2} = \frac{2c_{ч} m_{ч} t_{ч} + c_{в} m_{в} t_{в}}{2c_{ч} m_{ч} + c_{в} m_{в}} \approx 24{,}4\ ^{\circ}\text{C}.$$

16. Запишем уравнение теплового баланса для случая погружения N гирь:

$$c_{ч} N m_{ч} (t_{кN} - t_{ч}) + c_{в} m_{в} (t_{кN} - t_{в}) = 0.$$

Отсюда

$$N = \frac{c_{в} m_{в} (t_{кN} - t_{в})}{c_{ч} m_{ч} (t_{ч} - t_{кN})} = 12{,}25.$$

Но количество гирек нецелым быть не может, поэтому минимальное количество гирек $N = 13$.

Ответы:

15	16
24,4	13

Максимум за задачи 10 баллов.

Задачи 17–19

Рыбак набрал в банку объёмом 0,5 л литра 100 г дождевых червей. Средняя масса одного червя 1 г. Рыбак закрыл червей в банке герметичной крышкой, забыв проделать в ней дырочки для дыхания червей. Известно, что отношение количества молекул кислорода к общему количеству молекул воздуха в банке в момент закрывания крышки составляло 21 %. После часового нахождения червей в банке концентрация молекул кислорода в ней уменьшилась до 16 %. Считайте, что общее количество молекул разных газов в банке за это время не изменилось. Количество молекул вещества часто измеряют в молях. В одном моле содержится примерно $6 \cdot 10^{23}$ молекул. Будем считать, что при температуре хранения банки 1 моль молекул любого газа занимает объём 22,4 л. Среднюю плотность червя примите равной плотности воды.

17. Рассчитайте объём воздуха в закрытой банке с червями. Дайте ответ в литрах с округлением до десятых долей. ***(3 балла)***

18. Сколько молей молекул кислорода содержалось в банке сразу после того, как её закрыли крышкой? Дайте ответ в миллимолях с округлением до сотых долей. ***(3 балла)***

19. Сколько молекул кислорода в сутки в среднем потребляет один дождевой червь при дыхании? Дайте ответ в миллимолях в сутки с округлением до десятых долей. ***(4 балла)***

Решение:

17. Для поиска объёма воздуха в банке вычтем из общего объёма банки объём червей:

$$V = V_0 - \frac{m}{\rho} = 0{,}5\text{ л} - \frac{0{,}1\text{ кг}}{1\,\frac{\text{кг}}{\text{л}}} = 0{,}4\text{ л}.$$

18. Для поиска количества молей молекул кислорода найдём общее количество молекул в банке и умножим его на процентную концентрацию кислорода:

$$\nu_0 = \alpha_0 \frac{V}{V_m} = 0{,}21 \cdot \frac{0{,}4}{22{,}4} = 3{,}75\text{ ммоль}.$$

19. Рассчитаем, сколько всего молей кислорода использовали черви за 1 час:

$$\Delta\nu = (\alpha_0 - \alpha_1)\frac{V}{V_m}.$$

Поделим полученное значения на количество червей в банке

$$\Delta\nu_1 = \frac{\Delta\nu}{N} = \frac{\Delta\nu \cdot m_1}{m}$$

и умножим на количество часов в сутках:

$$\Delta\nu_{\text{сут}} = \Delta\nu_1 \cdot \tau = (\alpha_0 - \alpha_1)\frac{V}{V_m}\frac{m_1}{m}\tau = (0{,}21 - 0{,}16) \cdot \frac{0{,}4}{22{,}4} \cdot \frac{1}{100} \cdot 24 =$$
$$= 0{,}2\ {}^{\text{ммоль}}/_{\text{сутки}}.$$

Ответы:

17	18	19
0,4	3,75	0,2

Максимум за задачи 10 баллов.

Максимальный балл за работу – 60.