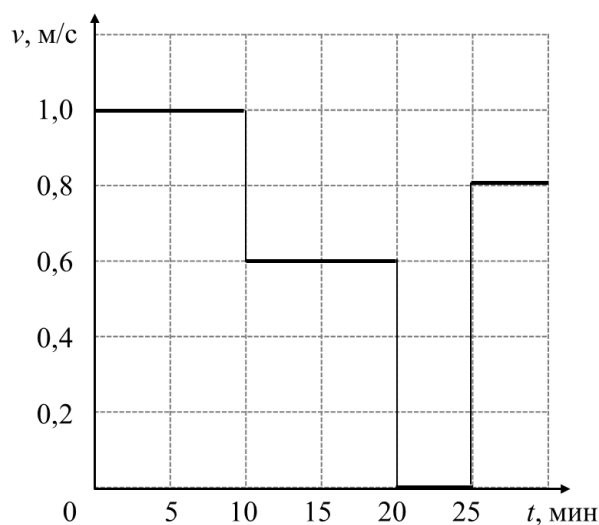


ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

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 $1 \text{ м}^3/\text{мин}$, 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 $g = 10 \text{ Н/кг}$, а $1 \text{ л.с.} = 750 \text{ Вт}$.

- 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 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, впускают 50 г водяного пара при температуре $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Что будет находиться в калориметре после установления в нём теплового равновесия? Удельная теплоёмкость воды $4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, удельная теплоёмкость льда $2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, удельная теплота плавления льда $330\text{ кДж}/\text{кг}$, удельная теплота парообразования воды $2,3\text{ МДж}/\text{кг}$. 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 $\rho_{\text{щ}} = 2000 \text{ кг/м}^3$, насыпная плотность щебня $\rho_{\text{нщ}} = 1400 \text{ кг/м}^3$. 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 $\rho_{\text{ср}} = 1900 \text{ кг/м}^3$. 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 $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$. Ответ приведите в кг/м^3 и округлите до целого числа. (3 балла)

Решение:

6. Найдём массу щебня в ведре:

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

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

$$V_{\text{щ}} = \frac{m_{\text{щ}}}{\rho_{\text{щ}}} = \frac{\rho_{\text{нщ}} V_0}{\rho_{\text{щ}}} = 7 \text{ л}.$$

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

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

Зная массу гравия, найдём его плотность: $\rho_{\text{г}} = \frac{m_{\text{г}}}{V_{\text{г}}} = 2500 \text{ кг/м}^3$.

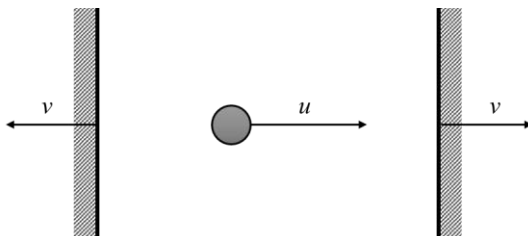
Ответы:

6	7	8
7	5	2500

Максимум за задачи 9 баллов.

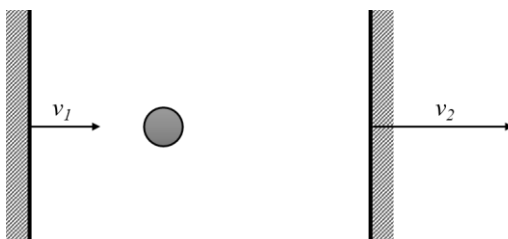
Задачи 9–10

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).



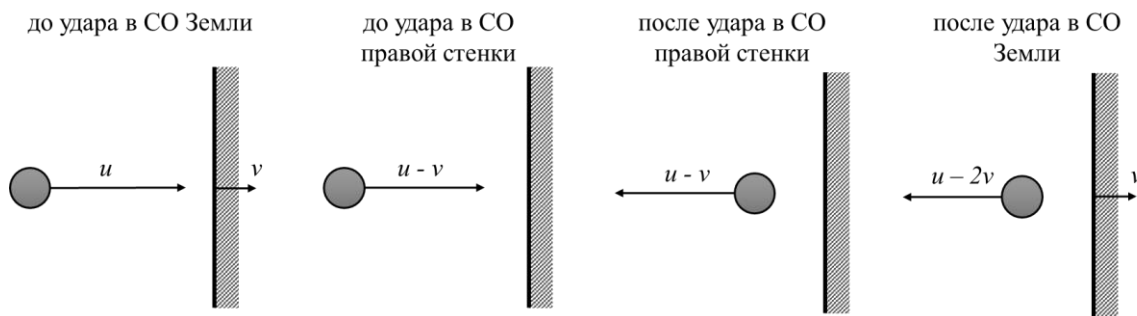
9. Сколько соударений произойдёт в этой системе? Считайте, что мячик движется вдоль одной прямой, перпендикулярной стенкам. Удары считайте абсолютно упругими (то есть при ударе о неподвижную стенку шарик отскакивает от неё в противоположном направлении, а величина его скорости не изменяется). (5 баллов)

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)



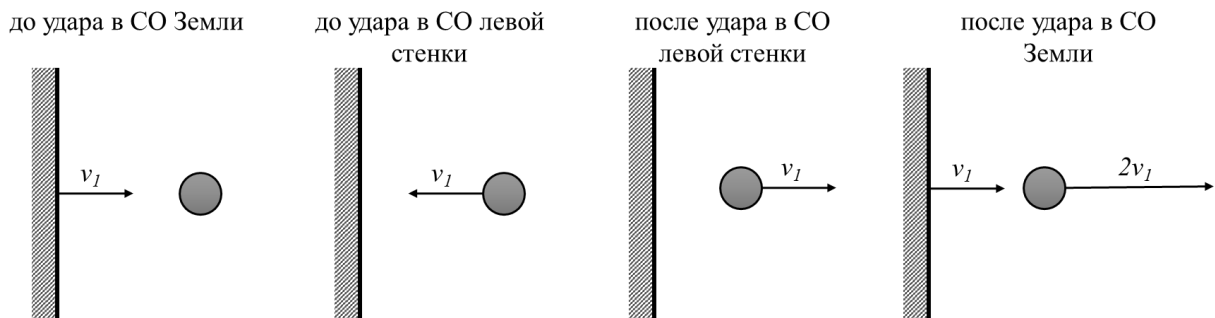
Решение:

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.

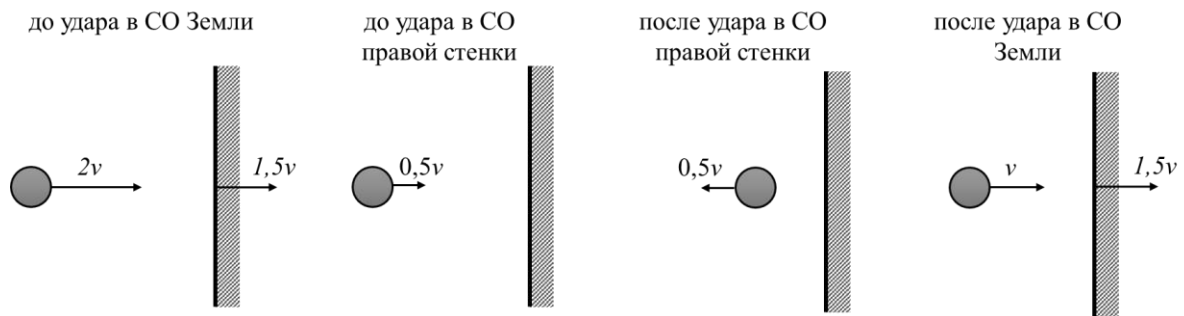


Далее мячик движется в сторону левой стенки и сталкивается с ней. Аналогично предыдущему случаю, скорость мячика после столкновения изменит своё направление на противоположное и уменьшится по величине на $2v = 2$ м/с. Столкновения будут происходить, пока скорость мячика будет превышать скорость одной 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 $S = 5 \text{ м}^2$. Илья проводил опыты по исследованию изменения уровня воды в данном бассейне при смене различных внешних факторов. Ускорение свободного падения равно $g = 10 \text{ Н/кг}$, плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

11. В первом опыте Илья положил на поверхность воды надувной матрас массой $m = 4 \text{ кг}$. 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 $V_m = 92 \text{ л}$, 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 $v = 9,84 \text{ м}^3/\text{ч}$. Через какое время матрас с лежащим на нем Ильёй коснётся дна? Считайте, что матрас имеет форму прямоугольного параллелепипеда, его высота $H = 20 \text{ см}$. Первоначальная глубина воды в бассейне $h_1 = 1 \text{ м}$. 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, $F_1 = m_{\text{в}} g$, где $m_{\text{в}}$ – масса воды в бассейне, откуда $\rho g h_1 S = m_{\text{в}} g$.

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: $F_2 = m_{\text{в}} g + mg$, где $m_{\text{в}}$ – масса воды в бассейне. Отсюда $\rho g h_2 S = m_{\text{в}} g + mg$.

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 матраца: $F_{\text{арх}} = F_{\text{Т}}$. Т. к. матрац 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 Илья. 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 матрац лёг Илья.

14. Т. к. матрац 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 $+90^\circ\text{C}$, в результате чего температура воды повышается от $+15^\circ\text{C}$ до $+20^\circ\text{C}$. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°C), удельная теплоёмкость чугуна 500 Дж/(кг·°C). 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 $+50^\circ\text{C}$? 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:

$$m_B = \frac{c_q m_q (t_q - t_K)}{c_B (t_K - t_B)} = 200 \text{ г.}$$

Запишем уравнение теплового баланса для погружения двух гирь, обозначив конечную температуру для этого случая через t_{K2} :

$$c_q \cdot 2m_q (t_{K2} - t_q) + c_B m_B (t_{K2} - t_B) = 0.$$

Отсюда новая конечная температура:

$$t_{K2} = \frac{2c_q m_q t_q + c_B m_B t_B}{2c_q m_q + c_B m_B} \approx 24,4 \text{ }^\circ\text{C.}$$

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

$$c_q N m_q (t_{KN} - t_q) + c_B m_B (t_{KN} - t_B) = 0.$$

Отсюда

$$N = \frac{c_B m_B (t_{KN} - t_B)}{c_q m_q (t_q - t_{KN})} = 12,25.$$

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 объемом 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 объем 22,4 л. Среднюю плотность червя примите равной плотности воды.

17. Рассчитайте объем 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:

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

Ответы:

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

Максимум за задачи 10 баллов.

Максимальный балл за работу – 60.