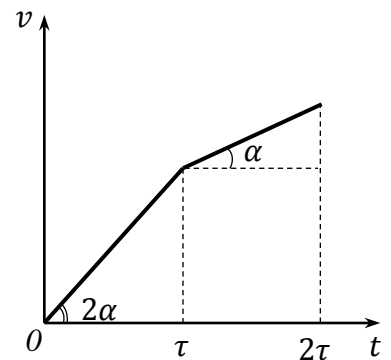
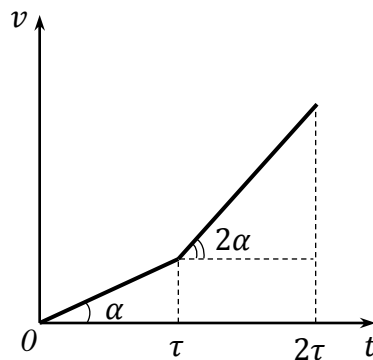


Заочное задание (ноябрь) состоит из пяти задач. За решение каждой задачи участник получает до 4 баллов по результатам автоматической проверки ответов и до 6 баллов на основании проверки развёрнутого ответа. Всего участник может получить до 50 баллов.

Задача 1. У вертикально стартующей ракеты есть два двигателя. Двигатели могут включаться по очереди, но на одинаковое время. Один может сообщить ей ускорение a относительно земли, а второй — ускорение $2a$ относительно земли. В какой последовательности следует включать двигатели, сначала мощный, а затем сразу же слабый или наоборот, чтобы к моменту прекращения их работы ракета переместилась на наибольшее расстояние?

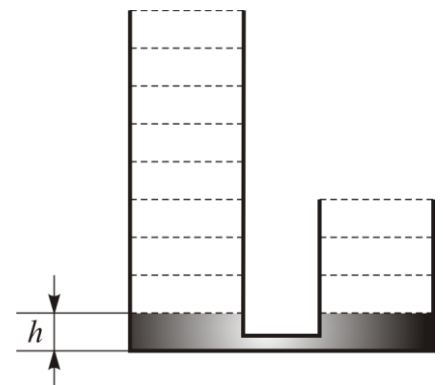
Возможное решение. Из приведённых графиков скорости от времени видно, что площадь под графиком во втором случае больше. Следовательно, чтобы к моменту прекращения работы двигателей ракета переместилась на наибольшее расстояние, следует включать сначала мощный двигатель, а затем слабый.



Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает 6 баллов. За решение, доведённое до правильного ответа, но с недочётами в доказательстве участник получает 4 балла. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до 2 *утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование формул для равноускоренного прямолинейного движения.

Критерии оценок (автоматическая проверка ответов). За правильные ответы на краткие вопросы получает 4 балла.

Задача 2. Какой максимальный объём масла плотностью $0,8\rho$ можно налить в L-образную трубку с открытыми концами, частично заполненную водой плотностью ρ ? Площадь сечения вертикальных колен трубки S . Объёмом горизонтальной соединительной трубочки можно пренебречь. Размеры L-образной трубки и высота столба воды указаны на рисунке. Пунктирные метки сделаны на одинаковых расстояниях h друг от друга. Затыкать открытые концы, наклонять трубку и выливать из неё воду нельзя.



Возможное решение. Простое решение – долить масло слева и справа (общей высотой столба $6h$) – неверное. Надо постараться максимально использовать давление столба воды, чтобы уравновесить его столбом масла большей высоты. Для этого доливаем в левое (вы-

сокое) колено масло до тех пор, пока оно не вытеснит всю воду в правое колено. При этом столб масла будет иметь высоту $2h \cdot 1,25 = 2,5h$. С этого момента есть две стратегии, приводящие к одинаковому результату. Можно справа и слева долить по $2h$ масла, а можно лить масло только в левое колено, тогда из-за меньшей плотности оно станет «пробулькивать» через воду и займет автоматически весь оставшийся объем сверху в правом колене. Окончательный ответ: $V = 6,5 \cdot Sh$.

Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. За решение, доведённое до правильного ответа, но с недочётами в доказательстве участник получает *4 балла*. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до *2 утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование формул для гидростатического давления и закона Паскаля.

Критерии оценок (автоматическая проверка ответов). За правильные ответы на краткие вопросы получает *4 балла*.

Задача 3. В калориметр объёмом $V_1 = 200$ мл, до краёв заполненный водой при температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$, быстро, но аккуратно помещают стальную деталь массой $m_2 = 780$ г, нагретую до температуры $t_2 = 80^\circ\text{C}$. Найдите температуру t_3 , которая установится в калориметре. Теплообменом с окружающей средой можно пренебречь. Плотность воды $\rho_1 = 1,0$ г/см³, стали $\rho_2 = 7,8$ г/см³, удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4,2$ кДж/(кг · °C), стали $c_2 = 0,46$ кДж/(кг · °C).

Возможное решение.

Объём детали $V_2 = \frac{m_2}{\rho_2} = 100$ см³ = 100 мл, поскольку калориметр был заполнен водой полностью, деталь вытеснит часть воды и она выльется из калориметра. Конечная масса воды в калориметре $m_1 = \rho_1(V_1 - V_2) = 100$ г. Запишем уравнение теплового баланса:

$$m_1 c_1 (t_3 - t_1) = m_2 c_2 (t_2 - t_3),$$

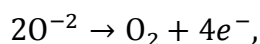
Откуда

$$t_3 = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2} = 42^\circ\text{C}.$$

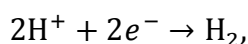
Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. Если получен правильный конечный ответ в общем виде, но допущена ошибка в расчётах, участник получает *5 баллов*. Если конечный ответ неправильный, но правильно записано уравнение теплового баланса и учтено, что часть воды выльется, участник получает *3 балла*. В остальных случаях участник может получить до *2 утешительных баллов* по следующим основаниям: записано уравнение теплового баланса, найден объём вылившейся воды.

Критерии оценок (автоматическая проверка ответов). За правильные ответы на краткие вопросы участник получает *4 балла*.

Задача 4. Если в воду поместить два электрода, через которые подать электрический ток, начнётся реакция электролиза воды: на положительном электроде будет происходить реакция



то есть из двух ионов кислорода образуются молекула газа кислорода и 4 электрона, а на отрицательном электроде будет происходить реакция



то есть из двух ионов водорода и двух электронов образуется молекула газа водорода.

В школьной лабораторной работе в течение 20 минут проводился электролиз воды, причём сила тока в цепи была постоянна. В результате выделилось $2,5 \cdot 10^{-5}$ моль водорода. Какова была сила тока в цепи? Элементарный заряд $1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл, постоянная Авогадро $6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль.

Возможное решение. За 20 минут выделилось

$$N = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 15,05 \cdot 10^{18}$$

молекул водорода. Значит, за это время в цепи протёк заряд $2eN$ и сила тока в цепи

$$I = \frac{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 15,05 \cdot 10^{18}}{20 \cdot 60 \text{ с}} = 4,0 \text{ мА}.$$

Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает 6 баллов. Если допущена вычислительная ошибка, но ход решения правильный и получен конечный ответ, участник получает 4 балла. Если не было учтено, что одной выделившейся молекуле водорода соответствует заряд $2e$, протёкший в цепи, но остальной ход решения правильный, решение оценивается из 3 баллов. В остальных случаях участник может получить до 2 *утешительных* баллов по следующим основаниям: найдено выделившееся число молекул водорода, записано выражение для силы тока как протекший в цепи заряд, делённый на время.

Критерии оценок (автоматическая проверка ответов). За правильные ответы на краткие вопросы участник получает 4 балла.

Задача 5. В системе, изображенной на рисунке, определите ускорения груза и двух одинаковых блоков 1 и 2. Нить невесома и нерастяжима, массы блоков пренебрежимо малы по сравнению с массой груза M , трения нет. Ускорение свободного падения g известно.

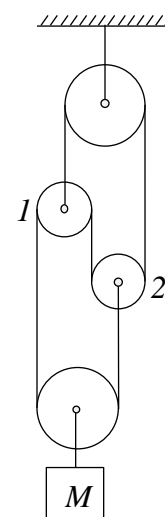
Возможное решение. Для определения ускорения груза массы блоков можно принять равными нулю (так как массы блоков пренебрежимо малы по сравнению с массой груза M). Тогда, записывая второй закон Ньютона, например, для 1 блока, получаем, что натяжение нити в системе равно нулю (на самом деле, оно очень маленькое, гораздо меньше чем Mg). Следовательно, груз вместе с нижним блоком падают с ускорением g .

Записав длину нити и продифференцировав уравнение по времени дважды, получаем уравнение кинематической связи для ускорений:

$$2a_3 - a_1 + a_2 = 0 \Rightarrow a_1 - a_2 = 2g,$$

где a_1 – проекция ускорения 1 блока, a_2 – проекция ускорения 2 блока, a_3 – проекция ускорения нижнего блока (ось направлена вниз).

У нас получается одно уравнение и две неизвестных. Как же разрешить возникшую проблему? Необходимо вспомнить, что хоть блоки в системе и очень лёгкие, все же они



имеют некоторую массу, а, значит, и натяжение в системе не совсем равно нулю. Тогда запишем 2-й закон Ньютона для 1 и 2 блоков:

$$mg + T = ma_1,$$

$$mg - T = ma_2,$$

где m – массы 1 и 2 блоков (блоки по условию задачи одинаковые, а, значит, массы у них равны), T – натяжение нити (нить невесома, трения нет, следовательно, натяжение во всей нити одинаково). Решая систему из трёх уравнений, получаем: $a_1 = 2g, a_2 = 0$.

Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает 6 баллов. За решение, доведённое до правильного ответа, но с недочётами в доказательстве участник получает 4 балла. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до 2 *утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование 2-го закона Ньютона или уравнения кинематической связи для ускорений.

Критерии оценок (автоматическая проверка ответов). За правильные ответы на краткие вопросы получает 4 балла.

Автоматическая проверка ответов

Задание 1. 3

Задание 2. 2

Задание 3. 2

Задание 4. 50

Задание 5. 100

Задание 6. 14

Задание 7. 50

Задание 8. 400

Задание 9. 1

Задание 10. 1