



Физическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2019–2020 учебный год. Отборочный этап

Задачи для 8 класса

- Отборочный этап проводится **со 2 по 15 декабря включительно** в формате **онлайн-теста** (то есть требуются **только ответы**). Призёры отборочного этапа будут приглашены на заключительный этап, который состоится 16 февраля 2020 года.
- Форма для ввода данных участника и ответов на задания доступна по адресу formulo.org/ru/olymp/2019-phys-ru по кнопке «Принять участие в олимпиаде». Там же публикуется вся информация по олимпиаде.
- При вводе ответов обязательно учитывайте **указания в конце каждой задачи!** Также обращаем внимание, что а) размерности вводить **не нужно**, б) одинаково принимаются и десятичная запятая, и десятичная точка.
- Во всех задачах ускорение свободного падения принимается равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\pi \approx 3,14$.

- 1) **(10 баллов)** Лестница в небо, построенная бароном Мюнхгаузеном, сломалась, поэтому он решил долететь до Луны на аэростате. Масса корзины и креплений составила 23 кг, а оболочку воздушного шара он сшил из материала с поверхностной плотностью $\rho = 2 \text{ кг/м}^2$.

Каков минимальный радиус шара, необходимый для того, чтобы поднять самого барона массой 80 кг и его астрологическое оборудование массой 170 кг? Ответ дайте в метрах.

Примечание. Шар наполняется гелием, температура и давление внутри и снаружи шара нормальные. Объём шара вычисляется по формуле $V = 4\pi R^3/3$, а площадь поверхности сферы — $S = 4\pi R^2$, где R — радиус. Плотность воздуха — $1,225 \text{ кг/м}^3$, плотность гелия — $0,178 \text{ кг/м}^3$.

- 2) **(10 баллов)** Русские учёные проводят на арктической станции эксперименты по выживаемости растений. Для поддержания необходимой влажности воздуха в теплице они используют обычную печку, в которой топят лёд и снег.

В пустую нагретую печку положили 4 кг льда. График зависимости температуры от времени представлен на рисунке.



Сколько минут в печке было больше 2 литров жидкой воды?

Примечание. Удельная теплоёмкость воды — $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, удельная теплота плавления льда — 336 кДж/кг , удельная теплота парообразования воды — 2240 кДж/кг .

- 3) **(10 баллов)** В первый день соревнований по гребле на байдарке одна команда спустилась и поднялась по реке со средней скоростью 3 км/ч.

На следующий день эта же команда решила прийти к финишу первой, для чего удвоила собственную скорость. Теперь спуск и подъём прошёл со средней скоростью 7,5 км/ч.

Найдите скорость течения реки. Ответ выразите в км/ч.

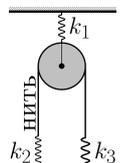
- 4) **(10 баллов)** Два парня кинули друг в друга снежками с одинаковой скоростью. Снежки столкнулись в воздухе и от удара полностью растаяли. Масса каждого снежка 120 г.

С какой минимальной скоростью брошен каждый снежок? Ответ дайте в м/с, округлите до целых.

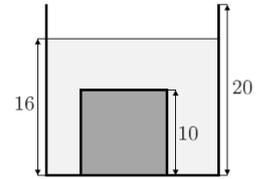
Примечание. Удельная теплота плавления снега — 336 кДж/кг . Считайте, что вся кинетическая энергия от столкновения перешла в тепло.

- 5) **(10 баллов)** В конструкции, изображённой на рисунке, жёсткости пружин таковы: $k_1 = 2000 \text{ Н/м}$, $k_2 = 500 \text{ Н/м}$, $k_3 = 1000 \text{ Н/м}$. Нить, соединяющая пружины, невесомая и нерастяжимая, блок тоже невесомый.

На сколько сантиметров опустится блок, если укоротить нить на 15 см?



- 6) (4 балла) В мерном стакане в форме куба со стороной 20 см ко дну приклеен деревянный кубик с плотностью 600 кг/м^3 со стороной 10 см. В стакан налили воды по отметку 16 см. На какой отметке окажется уровень воды, когда кубик отклеится и всплывёт? Ответ дайте в сантиметрах.



- 7) (4 балла) На дачу привезли сухие дрова плотностью $\rho_1 = 0,64 \text{ г/см}^3$. Дрова напилены на поленья массой 1 кг каждое. В первый день выяснилось, что при сгорании полена выделяется 9,2 МДж тепла. Ночью прошёл ливень, дрова намокли, и их плотность стала равной $0,8 \text{ г/см}^3$. Сколько тепла выделится при сгорании полена? Ответ дайте в МДж и округлите до десятых.
Примечание. Температура воздуха в комнате — 20°C , удельная теплоемкость воды $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, удельная теплота парообразования воды $\lambda = 2,3 \text{ МДж/кг}$.

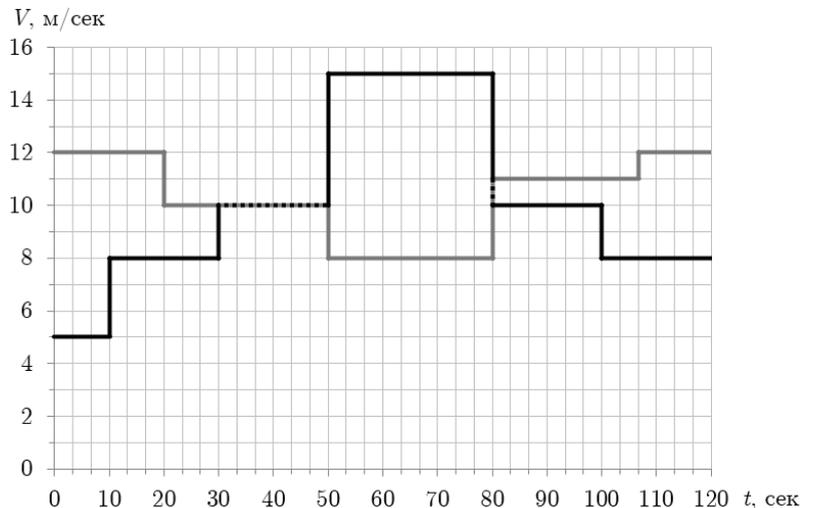
- 8) (4 балла) На левый край скамейки поставили 6-килограммовый кирпич. Чтобы она не опрокинулась, на правый край нужно положить гирию массой хотя бы 2 килограмма.



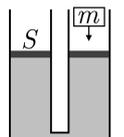
А какую самую тяжёлую гирию можно положить, чтобы скамейка устояла?

Примечание. Скамейка стоит на двух ножках, закреплённых на равном расстоянии от краев (см. рисунок). Скамейку считайте невесомой.

- 9) (4 балла) Две экспериментальные наномашин конкурирующих компаний-разработчиков участвуют в гонке. Размер машин не позволяет наблюдать за ними визуально, поэтому в них установлены nanoакселерометры, отслеживающие скорость в каждый момент времени. Соответствующие графики зависимости от времени $v(t)$ изображены на рисунке. На сколько секунд первая машина проехала первые 1000 метров быстрее, чем вторая?



- 10) (4 балла) Два высоких сообщающихся сосуда (с сечением площадью $S = 10 \text{ см}^2$) наполнены водой. Сосуды закрыты одинаковыми поршнями. Какая будет разница уровней воды в сосудах, если на один из поршней положить груз массой $m = 150 \text{ г}$? Ответ дайте в сантиметрах.





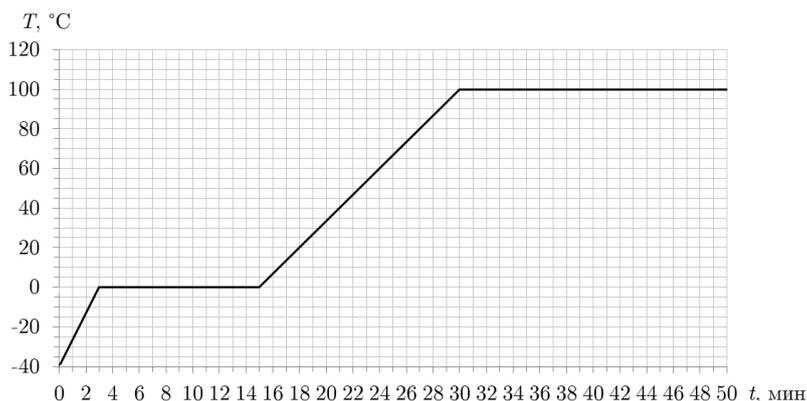
Физическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2019–2020 учебный год. Отборочный этап

Задачи для 9 класса

- Отборочный этап проводится со 2 по 15 декабря включительно в формате онлайн-теста (то есть требуются только ответы). Призёры отборочного этапа будут приглашены на заключительный этап, который состоится 16 февраля 2020 года.
- Форма для ввода данных участника и ответов на задания доступна по адресу formulo.org/ru/olymp/2019-phys-ru по кнопке «Принять участие в олимпиаде». Там же публикуется вся информация по олимпиаде.
- При вводе ответов обязательно учитывайте указания в конце каждой задачи! Также обращаем внимание, что а) размерности вводить не нужно, б) одинаково принимаются и десятичная запятая, и десятичная точка.
- Во всех задачах ускорение свободного падения принимается равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\pi \approx 3,14$.

- 1) (10 баллов) Русские учёные проводят на арктической станции эксперименты по выживаемости растений. Для поддержания необходимой влажности воздуха в теплице они используют обычную печку, в которой топят лёд и снег.

В пустую нагретую печку положили 4 кг льда. График зависимости температуры от времени представлен на рисунке.



Сколько минут в печке было больше 2 литров жидкой воды?

Примечание. Удельная теплоёмкость воды — $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, удельная теплота плавления льда — 336 кДж/кг , удельная теплота парообразования воды — 2240 кДж/кг .

- 2) (10 баллов) Два парня кинули друг в друга снежками с одинаковой скоростью. Снежки столкнулись в воздухе и от удара полностью растаяли. Масса каждого снежка 120 г.

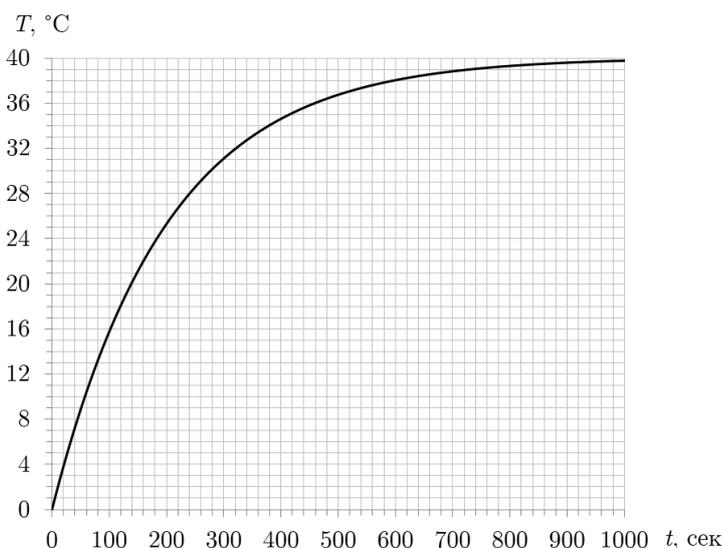
С какой минимальной скоростью брошен каждый снежок? Ответ дайте в м/с, округлите до целых.

Примечание. Удельная теплота плавления снега — 336 кДж/кг . Считайте, что вся кинетическая энергия от столкновения перешла в тепло.

- 3) (10 баллов) Медный провод подключили к источнику тока с напряжением $U = 10 \text{ В}$. В момент, когда ключ замкнули, провод стал нагреваться. График зависимости температуры от времени изображён на рисунке.

Определите длину провода. Ответ дайте в метрах, округлите до целых (допускается отклонение от точного ответа на 10%).

Примечание. Потери тепла пропорциональны разности температур, сопротивление проволоки считайте постоянным.



- 4) (10 баллов) В первый день соревнований по гребле на байдарке одна команда спустилась и поднялась по реке со средней скоростью 3 км/ч.

На следующий день эта же команда решила прийти к финишу первой, для чего удвоила собственную скорость. Теперь спуск и подъём прошёл со средней скоростью 7,5 км/ч.

Найдите скорость течения реки. Ответ выразите в км/ч.

- 5) (10 баллов) Лестница в небо, построенная бароном Мюнхгаузеном, сломалась, поэтому он решил долететь до Луны на аэростате. Масса корзины и креплений составила 23 кг, а оболочку воздушного шара он сшил из материала с поверхностной плотностью $\rho = 2 \text{ кг/м}^2$.

Каков минимальный радиус шара, необходимый для того, чтобы поднять самого барона массой 80 кг и его астрологическое оборудование массой 170 кг? Ответ дайте в метрах.

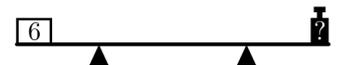
Примечание. Шар наполняется гелием, температура и давление внутри и снаружи шара нормальные. Объём шара вычисляется по формуле $V = 4\pi R^3/3$, а площадь поверхности сферы — $S = 4\pi R^2$, где R — радиус. Плотность воздуха — $1,225 \text{ кг/м}^3$, плотность гелия — $0,178 \text{ кг/м}^3$.

- 6) (4 балла) На дачу привезли сухие дрова плотностью $\rho_1 = 0,64 \text{ г/см}^3$. Дрова напилены на поленья массой 1 кг каждое. В первый день выяснилось, что при сгорании полена выделяется 9,2 МДж тепла. Ночью прошёл ливень, дрова намокли, и их плотность стала равной $0,8 \text{ г/см}^3$.

Сколько тепла выделится при сгорании полена? Ответ дайте в МДж и округлите до десятых.

Примечание. Температура воздуха в комнате — 20°C , удельная теплоёмкость воды $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, удельная теплота парообразования воды $\lambda = 2,3 \text{ МДж/кг}$.

- 7) (4 балла) На левый край скамейки поставили 6-килограммовый кирпич. Чтобы она не опрокинулась, на правый край нужно положить гирию массой хотя бы 2 килограмма.

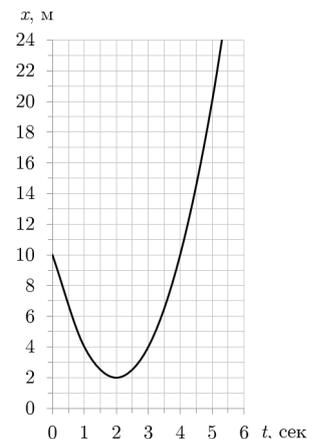


А какую самую тяжёлую гирию можно положить, чтобы скамейка устояла?

Примечание. Скамейка стоит на двух ножках, закреплённых на равном расстоянии от краев (см. рисунок). Скамейку считайте невесомой.

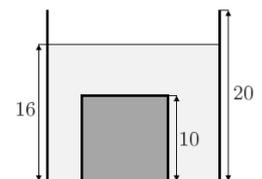
- 8) (4 балла) Одним из навыков, отрабатываемых на курсах экстремального вождения автомобиля, является «торможение двигателем», когда число оборотов двигателя становится меньше числа оборотов самих колёс. Наиболее опасным считается такое торможение с использованием задней передачи (то есть машина едет вперёд, а двигатель крутит колёса назад) — в этом случае для уменьшения вероятности заноса рекомендуется сохранять постоянным ускорение автомобиля.

На рисунке представлен график зависимости координаты автомобиля от времени. Найдите ускорение, если водителю удалось сохранять его постоянным в течение всего манёвра. Ответ дайте в м/с^2 .



- 9) (4 балла) В мерном стакане в форме куба со стороной 20 см ко дну приклеен деревянный кубик с плотностью 600 кг/м^3 со стороной 10 см. В стакан налили воды по отметку 16 см.

На какой отметке окажется уровень воды, когда кубик отклеится и всплывёт? Ответ дайте в сантиметрах.



- 10) (4 балла) Во время подготовки к битве против Сауруна разведчики Гондора донесли, что орки начали использовать неизвестное ранее электрическое оружие, поэтому король Эльдарин распорядился создать новую кольчугу, для которой требуется 300 ярдов металлической «провоолоки» общим сопротивлением не более 4 феаноров.

Из чего выгоднее её делать (и сколько это будет стоить для одного человека), если в распоряжении у Гондора есть 4 металла: мифрил, итильдин, тилкал и галворн, характеристики которых указаны справа? Ответ дайте в кастарах, округлив до целых.

Металл	Плотность	Удел. сопротивление	Цена
	фунт/ярд ³	10^{-6} Феанор · ярд	кастар/фунт
мифрил	150	0,6	131,5
итильдин	245	0,9	135,2
тилкал	710	6,2	2,5
галворн	780	7,5	2,3



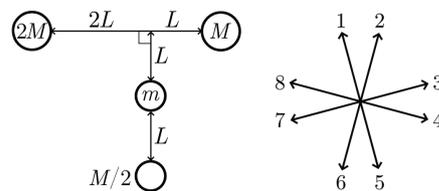
Задачи для 10 класса

- Отборочный этап проводится со **2 по 15 декабря включительно** в формате **онлайн-теста** (то есть требуются **только ответы**). Призёры отборочного этапа будут приглашены на заключительный этап, который состоится 16 февраля 2020 года.
- Форма для ввода данных участника и ответов на задания доступна по адресу formulo.org/ru/olymp/2019-phys-ru по кнопке «Принять участие в олимпиаде». Там же публикуется вся информация по олимпиаде.
- При вводе ответов обязательно учитывайте **указания в конце каждой задачи!** Также обращаем внимание, что а) размерности вводить **не нужно**, б) одинаково принимаются и десятичная запятая, и десятичная точка.
- Во всех задачах ускорение свободного падения принимается равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\pi \approx 3,14$.

- 1) (10 баллов) Чтобы вытащить машину из канавы, водитель использует трос жёсткостью $k = 100000 \text{ Н/м}$ и длиной $L = 8 \text{ м}$. Он натянул его между машиной и деревом, а сам потянул за середину троса так, как показано на рисунке. Какую силу ему надо приложить к тросу, чтобы вытащить машину? Известно, что для того, чтобы вытащить машину без троса, требуется приложить усилие $F_0 = 1000 \text{ Н}$. Ответ дайте в ньютонах, округлите до целых.



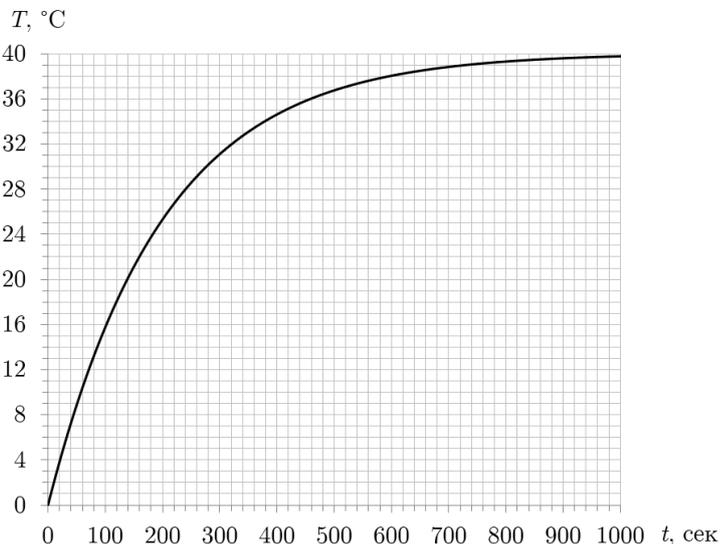
- 2) (10 баллов) Лаборатория имени экспериментатора Глюка проводит космический эксперимент по изучению гравитационного взаимодействия. Три больших шара закрепили неподвижно, а маленький поместили в начальную точку и отпустили (см. рисунок).



В какую сторону он начнёт двигаться (выберите вариант из предложенных на рисунке)?

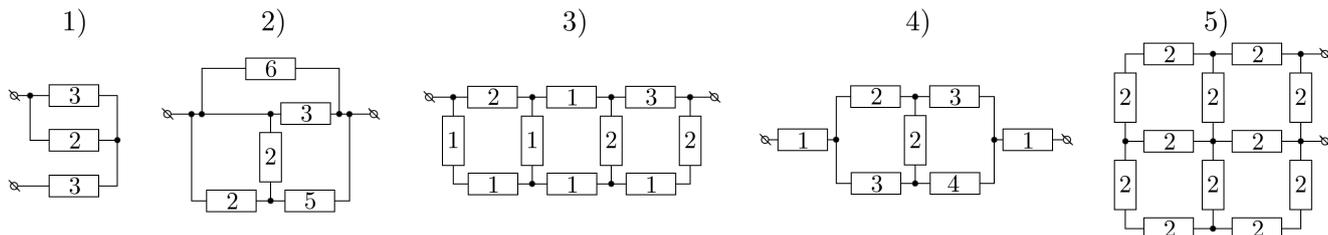
Примечание. Шары взаимодействуют только гравитационно.

- 3) (10 баллов) Медный провод подключили к источнику тока с напряжением $U = 10 \text{ В}$. В момент, когда ключ замкнули, провод стал нагреваться. График зависимости температуры от времени изображён на рисунке. Определите длину провода. Ответ дайте в метрах, округлите до целых (допускается отклонение от точного ответа на 10%).



Примечание. Потери тепла пропорциональны разности температур, сопротивление проволоки считайте постоянным.

- 4) (10 баллов) Расположите приведённые схемы в порядке увеличения общего сопротивления. В ответе укажите цифры в нужном порядке в виде пятизначного числа (т.е. без пробелов и запятых).



- 5) (10 баллов) В теплоизолированном сосуде постоянного объёма в начальный момент находятся $\nu_1 = 0,5$ молей метана и $\nu_2 = 10$ молей кислорода при температуре $T_0 = 300 \text{ К}$. Подана искра.

Найдите, какая установится температура, когда весь метан сгорит. Ответ дайте в кельвинах, округлив до целых.

Примечание. Удельная теплота сгорания метана — 50,1 МДж/кг. Уравнение реакции горения: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Атомы в молекуле углекислого газа выстроены вдоль одной прямой, поэтому CO_2 ведёт себя как двухатомная молекула. Газы считайте идеальными.

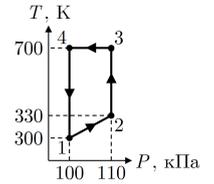
- 6) (4 балла) В мирно покоящийся на гладком столе деревянный брусок выстрелили очередь из пулемёта. После того как в него влетела первая пуля, брусок приобрёл скорость $V_1 = 4,1$ м/с, после второй пули — 8,1 м/с.

Какую скорость (в м/с) приобретёт брусок после того, как в нём окажутся все пули?

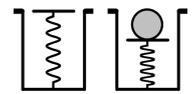
Примечание. В очереди десять пуль, все пули застряли в бруске.

- 7) (4 балла) Экспериментатор сконструировал микроскопическую тепловую машину и поместил в неё 0,02 моля идеального газа. Схематически термодинамический цикл этой машины изображён на рисунке.

Найдите работу, совершённую машиной за 1 цикл. Ответ дайте в джоулях, округлите до десятых. Допускается отклонение от точного ответа в пределах 0,1 Дж.



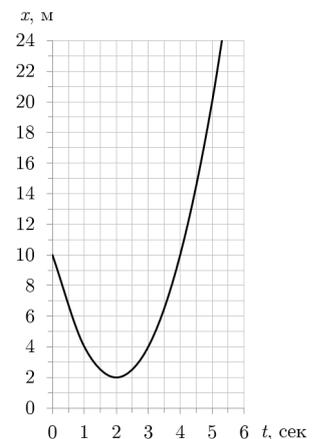
- 8) (4 балла) Одна компания запатентовала устройство для ввода в игру шарика для пинг-понга. Оно представляет из себя крепящуюся к теннисному столу трубку с пружинкой с жёсткостью $k = 15$ Н/м, конец которой утоплен внутрь стола. Для старта раунда достаточно положить в трубку шарик и нажать на кнопку, чтобы отпустить пружину. На какую высоту (в сантиметрах) от стола подлетит шарик массой $m = 3$ г и диаметром $d = 4$ см? В спокойном состоянии верхняя часть пружины находится на одном уровне со столом.



Примечание. Высоту считайте от стола до нижней точки шарика. Трение о воздух и массу пружинки не учитывайте.

- 9) (4 балла) Одним из навыков, отрабатываемых на курсах экстремального вождения автомобиля, является «торможение двигателем», когда число оборотов двигателя становится меньше числа оборотов самих колёс. Наиболее опасным считается такое торможение с использованием задней передачи (то есть машина едет вперёд, а двигатель крутит колёса назад) — в этом случае для уменьшения вероятности заноса рекомендуется сохранять постоянным ускорение автомобиля.

На рисунке представлен график зависимости координаты автомобиля от времени. Найдите ускорение, если водителю удалось сохранять его постоянным в течение всего манёвра. Ответ дайте в м/с².



- 10) (4 балла) Во время подготовки к битве против Саурана разведчики Гондора донесли, что орки начали использовать неизвестное ранее электрическое оружие, поэтому король Эльдарин распорядился создать новую кольчугу, для которой требуется 300 ярдов металлической «провода» общим сопротивлением не более 4 феаноров.

Из чего выгоднее её делать (и сколько это будет стоить для одного человека), если в распоряжении у Гондора есть 4 металла: мифрил, итильдин, тилкал и галворн, характеристики которых указаны справа? Ответ дайте в кастарах, округлив до целых.

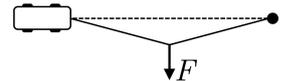
Металл	Плотность	Удел. сопротивление	Цена
	фунт/ярд ³	10^{-6} Феанор · ярд	кастар/фунт
мифрил	150	0,6	131,5
итильдин	245	0,9	135,2
тилкал	710	6,2	2,5
галворн	780	7,5	2,3



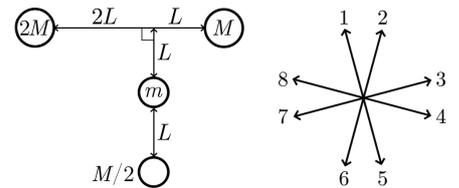
Задачи для 11 класса

- Отборочный этап проводится со 2 по 15 декабря включительно в формате онлайн-теста (то есть требуются только ответы). Призёры отборочного этапа будут приглашены на заключительный этап, который состоится 16 февраля 2020 года.
- Форма для ввода данных участника и ответов на задания доступна по адресу formulo.org/ru/olymp/2019-phys-ru по кнопке «Принять участие в олимпиаде». Там же публикуется вся информация по олимпиаде.
- При вводе ответов обязательно учитывайте указания в конце каждой задачи! Также обращаем внимание, что а) размерности вводить не нужно, б) одинаково принимаются и десятичная запятая, и десятичная точка.
- Во всех задачах ускорение свободного падения принимается равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\pi \approx 3,14$.

- 1) (10 баллов) Чтобы вытащить машину из канавы, водитель использует трос жёсткостью $k = 100000 \text{ Н/м}$ и длиной $L = 8 \text{ м}$. Он натянул его между машиной и деревом, а сам потянул за середину троса так, как показано на рисунке. Какую силу ему надо приложить к тросу, чтобы вытащить машину? Известно, что для того, чтобы вытащить машину без троса, требуется приложить усилие $F_0 = 1000 \text{ Н}$. Ответ дайте в ньютонах, округлите до целых.



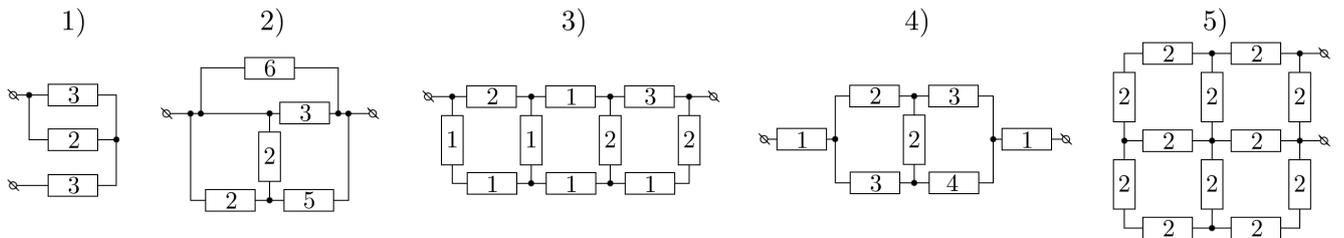
- 2) (10 баллов) Лаборатория имени экспериментатора Глюка проводит космический эксперимент по изучению гравитационного взаимодействия. Три больших шара закрепили неподвижно, а маленький поместили в начальную точку и отпустили (см. рисунок).



В какую сторону он начнёт двигаться (выберите вариант из предложенных на рисунке)?

Примечание. Шары взаимодействуют только гравитационно.

- 3) (10 баллов) Расположите приведённые схемы в порядке увеличения общего сопротивления. В ответе укажите цифры в нужном порядке в виде пятизначного числа (т.е. без пробелов и запятых).

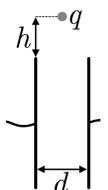


- 4) (10 баллов) В теплоизолированном сосуде постоянного объёма в начальный момент находятся $\nu_1 = 0,5$ молей метана и $\nu_2 = 10$ молей кислорода при температуре $T_0 = 300 \text{ К}$. Подана искра. Найдите, какая установится температура, когда весь метан сгорит. Ответ дайте в кельвинах, округлив до целых.

Примечание. Удельная теплота сгорания метана — $50,1 \text{ МДж/кг}$. Уравнение реакции горения: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Атомы в молекуле углекислого газа выстроены вдоль одной прямой, поэтому CO_2 ведёт себя как двухатомная молекула. Газы считайте идеальными.

- 5) (10 баллов) Шарик массой $m = 10 \text{ мг}$ и зарядом $q = 2 \text{ нКл}$ падает с высоты $h = 1,25 \text{ см}$ точно в середину конденсатора с вертикальными пластинами. На конденсатор подано напряжение $U = 50 \text{ В}$, обкладки конденсатора представляют из себя квадраты с длиной стороны $L = 3,75 \text{ см}$.

При каком минимальном расстоянии d между обкладками шарик успеет пролететь сквозь конденсатор? Ответ дайте в миллиметрах.



Примечание. Размерами шарика и сопротивлением воздуха пренебрегите.

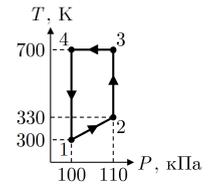
- 6) (4 балла) В мирно покоящийся на гладком столе деревянный брусок выстрелили очередь из пулемёта. После того как в него влетела первая пуля, брусок приобрёл скорость $V_1 = 4,1 \text{ м/с}$, после

второй пули — 8,1 м/с.

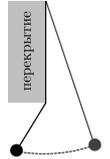
Какую скорость (в м/с) приобретёт брусок после того, как в нём окажутся все пули?

Примечание. В очереди десять пуль, все пули застряли в бруске.

- 7) (4 балла) Экспериментатор сконструировал микроскопическую тепловую машину и поместил в неё 0,02 моля идеального газа. Схематически термодинамический цикл этой машины изображён на рисунке. Найдите работу, совершённую машиной за 1 цикл. Ответ дайте в джоулях, округлите до десятых. Допускается отклонение от точного ответа в пределах 0,1 Дж.



- 8) (4 балла) Невесомую нерастяжимую нить с привязанным к её нижнему концу шариком подвесили к верхнему краю перекрытия. Длина нити — 3,6 м, толщина перекрытия — 2 м, масса шарика — 500 г. Найдите период малых колебаний системы. Ответ дайте в секундах.



- 9) (4 балла) В лаборатории создано однородное электрическое поле напряжённостью $E = 100$ В/м, направленное вдоль оси x , и однородное магнитное поле индукцией $B = 20$ мТл, направленное вдоль оси y . Напряжённость гравитационного поля направлена вдоль оси z и равна $g = 1,6$ Н/кг. Из начала координат в установку влетает частица зарядом $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл и массой $m = 8,96 \cdot 10^{-26}$ кг. Проекции начальной скорости частицы на оси координат равны $V_x = 305$ м/с, $V_y = 320$ м/с и $V_z = 405$ м/с. Найдите координату y через 10^{-3} с после начала опыта. Ответ дайте в метрах.

- 10) (4 балла) Любитель экспериментальной физики решил собрать колебательный контур. Он обнаружил, что в школьной лаборатории есть только три конденсатора и три катушки. Ёмкости конденсаторов $C_1 = 1$ нФд, $C_2 = 2$ нФд и $C_3 = 0,4$ нФд. Индуктивности катушек $L_1 = 2$ мГн, $L_2 = 10$ мГн, $L_3 = 2,5$ мГн. Подумав, он решил собрать колебательный контур с минимальным периодом колебаний. Каким будет этот период? Ответ дайте в микросекундах.