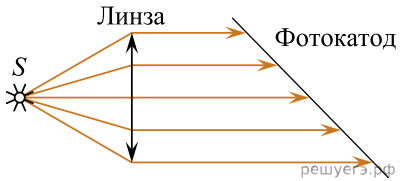
1. Автомобиль приводится в движение двигателем, который соединяется с ведущими колесами при помощи трансмиссии, обычно состоящей из сцепления, коробки передач и системы различных валов и шарниров. Сцепление позволяет отсоединять двигатель от коробки передач, что облегчает ее переключение. Диск сцепления, соединенный с первичным валом коробки передач, прижимается к маховику двигателя мощными пружинами, что позволяет передавать крутящий момент в последующие элементы трансмиссии. По мере износа диска сцепления сила его прижатия к маховику уменьшается, и сцепление может начать «пробуксовывать». На каких передачах — «пониженных» или «повышенных» — следует двигаться в этом случае, чтобы добраться до ближайшей станции техобслуживания?

Справка: при движении автомобиля с определенной скоростью на «пониженных» передачах (1, 2, 3 ...) двигатель работает на больших оборотах, а на «повышенных» (4, 5, ...) — на меньших оборотах при той же скорости движения.

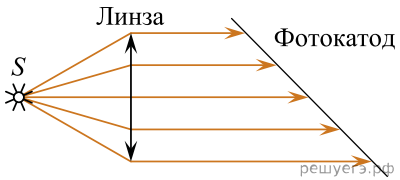
2. При малых колебаниях вблизи положения равновесия математического маятника длиной $l = 1$ м модуль силы натяжения нити, на которой подвешен грузик массой $m = 100$ г, меняется в пределах от T до $T + \Delta T$, где $\Delta T = 15$ мН и $\Delta T \ll T$. Найдите амплитуду A колебаний этого маятника. Трение не учитывайте. При решении задачи учтите, что для малых углов α справедливо приближенное равенство $\sin\alpha \approx \alpha$. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузик.

3. При малых колебаниях с амплитудой $A = 5$ см вблизи положения равновесия математического маятника модуль силы натяжения нити, на которой подвешен грузик массой $m = 100$ г, меняется в пределах от T до $T + \Delta T$, где $\Delta T = 15$ мН и $\Delta T \ll T$. Какова длина l нити маятника? Трение не учитывайте. При решении задачи учтите, что для малых углов α справедливо приближенное равенство $\sin\alpha \approx \alpha$. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузик.

4. В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника S, пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили собирающую линзу того же диаметра, но с меньшим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



5. В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника S, пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили другую того же диаметра, но с большим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



6. В опыте по изучению фотоэффекта катод освещается желтым светом, в результате чего в цепи возникает ток (см. рис. 1). Зависимость показаний амперметра I от напряжения U между анодом и катодом приведена на втором рисунке. Используя законы фотоэффекта и предполагая, что отношение числа фотоэлектронов к числу поглощенных фотонов не зависит от частоты света, объясните, как изменится представленная зависимость $I(U)$, если освещать катод зеленым светом, оставив мощность поглощенного катодом света неизменной.

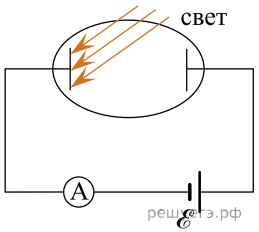


Рис. 1

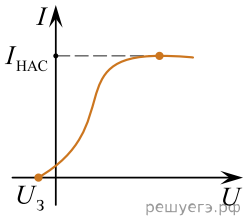


Рис. 2

7. Каким образом возникает газовый разряд и свечение в стеклянных трубках с достаточно разреженными газами при подаче на электроды в трубках высокого напряжения? Какие частицы (ионы или электроны) играют основную роль в обеспечении ионизации газа? Оцените, во сколько раз отличаются кинетические энергии электронов и ионов атомарного водорода (протонов) после их ускорения в электрическом поле. Ответ поясните на основании известных законов механики и электродинамики.

8. Известно, что быстрый поток воды в горных реках легко переворачивает тяжелые камни. Проанализируйте, основываясь на физических законах и закономерностях, это явление, считая для упрощения, что поток воды плотностью ρ, движущийся со скоростью υ, «упирается» в кубический камень с ребром a и останавливается в пределах его поперечного сечения $S = a^2$, создавая силу F, называемую «скоростным напором». Оцените, во сколько раз увеличится масса переворачиваемых камней, если скорость воды возрастет в 3 раза (селевой поток)?

9. В наше время на дни рождения часто дарят резиновые шарики, надутые гелием, — они не взрывоопасны и имеют довольно большую подъемную силу. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, происхождение этой подъемной силы и определите, на сколько она изменится, если вместо гирлянды из 27 шаров, в каждый из которых накачали по 1 молю гелия, надуть тем же количеством гелия один большой шар? Толщина резиновой оболочки у всех шаров одинакова, давление и температура близки к нормальным, а подъемная сила гирлянды равна 1,52 Н.

10. Известно, что слуховой аппарат человека чувствителен к изменениям атмосферного давления — если оно быстро меняется, то уши закладывает. От этого ощущения можно избавиться, если определенным образом глотнуть воздух. Объясните, основываясь на физических законах и закономерностях, наблюдаемое явление и оцените, при подъеме на лифте на какой этаж Главного здания (ГЗ) МГУ им. М. В. Ломоносова это закладывание произойдет, если в среднем уши человека чувствуют изменение давления на 9 мм ртутного столба. Высота каждого этажа в ГЗ 5 м, а атмосферные условия близки к нормальным. Лифт стартует с первого этажа. Считайте, что в пределах высоты ГЗ плотность атмосферного воздуха не меняется.

11. Известно, что слуховой аппарат человека чувствителен к изменениям атмосферного давления — если оно быстро меняется, то уши закладывает. От этого ощущения можно избавиться, если определенным образом глотнуть воздух. Объясните, основываясь на физических законах и закономерностях, наблюдаемое явление и оцените, при спуске на лифте с какого этажа Главного здания (ГЗ) МГУ им. М. В. Ломоносова это закладывание произойдет, если в среднем уши человека чувствуют изменение давления на 9 мм ртутного столба. Высота каждого этажа в ГЗ 5 м, а атмосферные условия близки к нормальным. Лифт опускается на первый этаж. Считайте, что в пределах высоты ГЗ плотность атмосферного воздуха не меняется.

12. Если зимой в мороз открыть форточку на улицу, то контуры наружных предметов — домов, деревьев, людей — при наблюдении из комнаты кажутся колеблющимися и искажаются. Объясните это явление, исходя из известных физических законов и закономерностей, и оцените, насколько отличаются показатели преломления n воздуха на улице при температуре около −30 °С и воздуха, выходящего из форточки при температуре +25 °С. Известно, что показатель преломления газа при нормальных условиях отличается от единицы на малую величину, пропорциональную концентрации молекул газа. В частности, для воздуха при 0 °С разница $n - 1 \approx 3 \cdot 10^{-4}$. Давление в комнате и на улице считайте приблизительно одинаковым.

13. На шероховатой горизонтальной плоскости лежит маленькая шайба массой $m = 200$ г. Ей мгновенно сообщают импульс $p_0 = 0{,}4$ кг · м/с в горизонтальном направлении. Коэффициент трения шайбы о плоскость равен $\mu = 0{,}4$. На каком расстоянии S от начального положения шайба остановится? Постройте график зависимости модуля скорости V шайбы от ее координаты x, отсчитанной от начального положения шайбы в направлении движения.

14. Поезд № 28 Москва–Симферополь выехал с Крымского моста на керченской стороне со скоростью 72 км/час и далее двигался по прямому участку пути, ускорившись до 90 км/час за время $t_1 = 2$ мин. Затем он обогнул с этой постоянной скоростью мыс Ак-Бурун по дуге окружности радиусом $R = 2$ км за время $t_2 = 2$ мин., повернув налево по ходу поезда. Далее поезд на прямом участке пути за время $t_3 = 4$ мин. затормозил и остановился на $t_4 = 5$ мин. на станции Керчь-Южная. Постройте график зависимости модуля ускорения а поезда (в м/с^2) от времени, отсчитанного в минутах от 0 на выезде с моста до конца промежутка t_4. Возле каждого участка графика надпишите словами, куда был направлен вектор ускорения поезда относительно направления его скорости (вперед, назад, направо, налево). Ускорения на разных участках пути считайте постоянными, а сам поезд — материальной точкой.

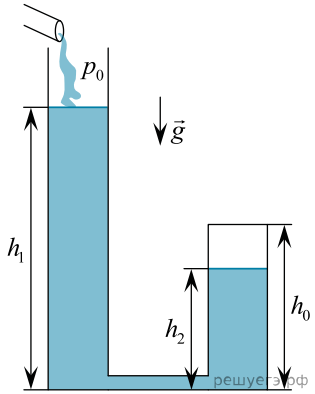
15. В прочный сосуд объемом $V = 1$ л с герметично закрывающейся крышкой налили 800 г воды при температуре $T = 0$ °С и при нормальном атмосферном давлении $p = 1$ атм, завинтили крышку и поставили нагреваться на газовую плиту. Когда вода нагрелась до 100 °С, сосуд переместили в морозильник и дождались, когда вода полностью замерзнет. Какое давление при этом установится в сосуде? Нарисуйте примерный график зависимости давления p в этом сосуде, выраженного в атмосферах, от времени t. Давлением паров воды при температуре $T = 0$ °С по сравнению с 1 атм можно пренебречь, как и тепловым расширением воды при ее нагревании. Значения давления в характерных точках, используемых для построения графика, можно округлять до десятых долей атм. Плотность льда равна 0,9 г/см^3.

16. Согласно предположению И. Ньютона, которое он проверил экспериментально, тепловая мощность, отдаваемая нагретым до температуры T телом в окружающую среду с более низкой температурой T_0, пропорциональна разности температур тела и среды. Отсюда следует, что скорость охлаждения тела $\frac{dT}{dt} = -k(T - T_0)$. Это уравнение можно решать численно, действуя следующим образом. Разобьем время охлаждения тела на одинаковые интервалы Δt, в течение каждого из которых будем считать разность температур $T_i - T_0$ постоянной. Затем найдем величину $\Delta T_i = -k(T_i - T_0)\Delta t$ — это изменение температуры тела за интервал времени Δt. Продолжая такую процедуру, можно определить ход зависимости *T(t)*.

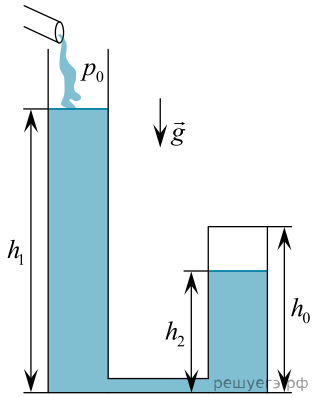
Пусть старинный чугунный утюг массой $m = 1{,}8$ кг остывает от 200 °С до 100 °С в воздухе с температурой $T_0 = 20$ °С. Выберем $\Delta t = 3$ мин. Удельная теплоемкость чугуна $c = 500$ Дж/(кг·°С), коэффициент $k = 0{,}05$ мин$^{-1}$. Рассчитайте, чему будет равна температура утюга через 3 мин., 6 мин., 9 мин. и так далее с момента начала остывания до момента достижения конечной температуры.

1. Постройте по найденным точкам график зависимости температуры T утюга от времени t.
2. За какое время t_0 утюг остынет от 200 °С до 100 °С?
3. Чему равна средняя мощность теплоотдачи утюга во внешнюю среду за время остывания t_0? Поясните ответы на эти вопросы, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали при решении задачи.

17. Система сообщающихся сосудов состоит из очень длинной вертикальной трубы с открытым верхним концом, к которой внизу присоединен через трубочку небольшой закрытый вертикальный цилиндрический сосуд высотой $h_0 = 20$ см. Вначале система заполнена окружающим воздухом при комнатной температуре и давлении $p_0 = 10^5$ Па, а затем в левую трубу начинают медленно наливать воду той же температуры, следя при этом за ее уровнями h_1 и h_2 в левом и правом коленах системы (см. рис.). Нарисуйте примерный график зависимости h_1 от h_2 и найдите приближенное значение h_1 при $h_2 = 0{,}6h_0$.

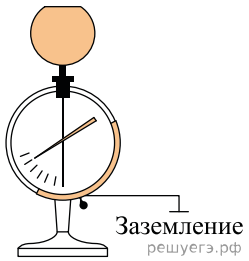


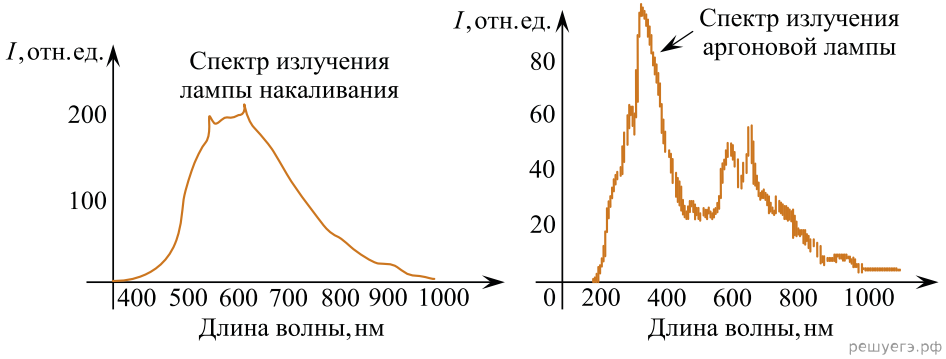
18. Система сообщающихся сосудов состоит из очень длинной вертикальной трубы с открытым верхним концом, к которой внизу присоединен через трубочку небольшой закрытый вертикальный цилиндрический сосуд высотой $h_0 = 20$ см. Вначале система заполнена окружающим воздухом при комнатной температуре и давлении $p_0 = 10^5$ Па, а затем в левую трубу начинают медленно наливать воду той же температуры, следя при этом за ее уровнями h_1 и h_2 в левом и правом коленах системы (см. рис.). Нарисуйте примерный график зависимости h_1 от h_2 и найдите приближенное значение h_1 при $h_2 = 0{,}8h_0$.



19. Гонщик на мощном «болиде» стартует по горизонтальному прямому треку, вдавив педаль газа «в пол». Вначале ведущие колеса пробуксовывают, резина «горит», болид ускоряется, и пробуксовка в некоторый момент заканчивается. Далее мощность двигателя уже расходуется, кроме ускорения, на преодоление потерь на трение о дорогу и о воздух. Проанализируйте физические процессы, происходящие при ускорении этого автомобиля из состояния покоя до максимально возможной скорости при существующих условиях, оцените эту максимальную скорость и постройте примерный график зависимости скорости автомобиля от времени. Считайте, что максимальная мощность двигателя P = 1200 л. с. (1 лошадиная сила = 736 Вт), доля «мощности, подводимой к колесам» (КПД трансмиссии) — $\eta = 0{,}8$, а сила трения о воздух определяется «скоростным напором» $F_в = \rho S V^2$, где плотность воздуха $\rho \approx 1{,}27$ кг/м^3, эффективная площадь поперечного сечения «болида» $S \approx 0{,}9$ м^2.

20. Учащимся в классе при электрическом освещении лампами накаливания показали опыт: цинковый шар электрометра зарядили эбонитовой палочкой, потертой о сукно. При этом стрелка электрометра отклонилась, заняв положение, указанное на рисунке, и в дальнейшем не меняла его. Когда на шар направили свет аргоновой лампы, стрелка электрометра быстро опустилась вниз. Объясните разрядку электрометра, учитывая приведенные спектры (зависимость интенсивности света I от длины волны λ) лампы накаливания и аргоновой лампы. Красная граница фотоэффекта для цинка $\lambda_{кр} = 290$ нм.



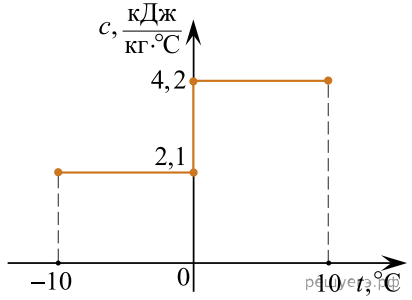


21. Зима в этом году оказалась необыкновенно снежной, с частыми сильными снегопадами и редкими оттепелями. На фотографиях видны торцы пластов снега на крышах в конце февраля 2021 г. По этим фотографиям можно идентифицировать процессы, влияющие на изменение толщины слоя снега с течением времени. В интернете также можно найти неполные данные о высоте снежного покрова h в Москве и о его приросте Δh на разные календарные даты (см. таблицу). Постройте приблизительно график зависимости высоты h снежного покрова в Москве от времени t (в днях) за три месяца зимы — декабрь, январь и февраль 2020/21 года, и объясните ход этого графика. Объяснения должны базироваться на физических процессах, происходящих в снегу после его выпадения под действием вышележащих слоев, оттепелей и дождей. Используя построенный график, оцените среднюю скорость роста толщины снежного покрова за зиму.

Дата	Δh, см	h, см	Примечание
01.12.20		0	После теплых дней в ноябре
06.12.20		13	После обильного снегопада
15.12.20		6	
17.12.20	10		Сильный снегопад, потом оттепель
25.12.20			Подошел циклон «Грета»
26.12.20		16	После снегопада
31.12.20		10	Оттепель до 04.01.21
14.01.21		30	После нескольких небольших снегопадов
16.01.21	10	40	Один мощный снегопад
23−29.01		16	Оттепель
31.01.21		38	После сильного снегопада
04.02.21	10		
10.02.21		33	
12−14.02		60	Рекордный снегопад
24−25.02	10		Сильный снегопад
27.02.21	−10		После оттепели с дождем

Чтобы крыша дома не рухнула под тяжестью снега, можно, например, расплавить его горячей водой или с помощью электронагревателей. Сравните затраты на расплавление площади $S = 1$ м^2 слоя слежавшегося снега толщиной $h_c = 70$ см, находящегося при температуре $T_c = -10$ °C и имеющего плотность $\rho = 400$ кг/м^3, этими двумя способами. Горячая вода из-под крана имеет температуру $T_в = +60$ °C и стоит сейчас 205,15 руб./м^3, а электроэнергия — 5,66 руб./(кВт · час).

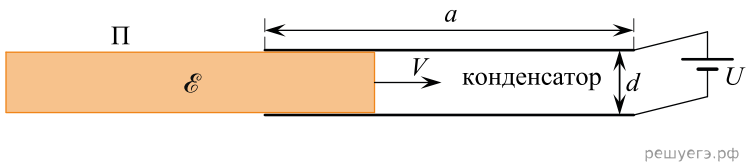
22. Вещество (воду) массой 2 кг нагревают от температуры −10 °C до температуры +10 °C. На рисунке изображен график зависимости удельной теплоемкости c этого вещества от температуры t. Скачкообразное увеличение удельной теплоемкости вещества происходит при его плавлении.



Опираясь на законы физики, изобразите схематически график зависимости количества теплоты ΔQ полученного при нагревании веществом, от его температуры. Объясните построение графика, указав явления и закономерности, которые Вы при этом использовали. На осях координат укажите значения физических величин в «особых» точках графика (максимумы, минимумы, точки излома графика), если они есть.

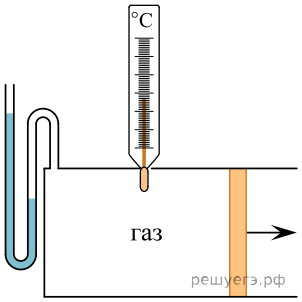
23. Обкладки плоского воздушного конденсатора изготовлены из двух тонких квадратных металлических пластин со стороной a (на рисунке показан вид сбоку). Расстояние между обкладками $d \ll a$. Этот конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения U с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением.

Через пространство между обкладками начинают медленно протаскивать с постоянной скоростью V квадратную пластину со стороной a и толщиной d, сделанную из однородного непроводящего материала с диэлектрической
проницаемостью ε. В некоторый момент все пространство между обкладками конденсатора оказывается заполненным диэлектриком. Затем пластину продолжают двигать в том же направлении с той же скоростью до тех пор, пока она не покинет пространство между обкладками.

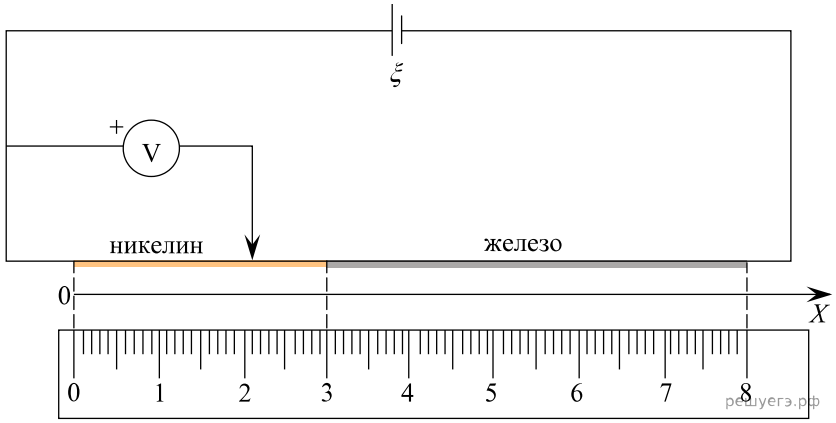


Опираясь на законы физики, изобразите график зависимости силы электрического тока I, протекающего через источник напряжения, от времени t. Искажениями электрического поля вблизи краев обкладок и пластины можно пренебречь. Отсчет времени начинается в момент, когда правый край пластины находится на уровне левых краев обкладок конденсатора, а заканчивается — когда пластина оказывается полностью вынутой из конденсатора с противоположной стороны. Объясните построение графика, указав явления и закономерности, которые Вы при этом использовали. На осях координат обозначьте физические величины в «особых» точках графика (максимумы, минимумы, разрывы, точки излома графика), если они есть.

24. В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится идеальный газ (см. рис.). Давление и температура в сосуде измеряются при помощи U-образного манометра с вертикальными коленами, в который налита жидкость, и спиртового термометра. Стенки сосуда и поршень теплоизолированы, теплообменом газа с манометром можно пренебречь, а термометр обладает очень малой теплоемкостью. В исходном состоянии поршень неподвижен, газ находится в термодинамическом равновесии. Поршень начинают медленно перемещать в направлении, показанном стрелкой. Как при этом будут изменяться показания манометра и термометра? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



25. Два прямых отрезка проволоки с одинаковой площадью поперечного сечения соединены последовательно. Одна проволока изготовлена из никелина с удельным электрическим сопротивлением $\rho_1 = 0,4$ Ом · мм^2/м, а другая из железа с удельным электрическим сопротивлением $\rho_2 = 0,1$ Ом · мм^2/м. К концам проволоки подключён источник постоянного напряжения с ЭДС $\mathscr{E} = 17$ В и с нулевым внутренним сопротивлением. Один из щупов идеального вольтметра подключён к положительной клемме источника, а второй щуп вольтметра можно перемещать вдоль проволок, расположенных параллельно оси X (см. рисунок). Постройте график зависимости показаний U вольтметра от координаты x второго щупа. Сопротивлением соединительных проводов и сопротивлением контактов можно пренебречь.



26. Три параллельных длинных провода натянуты горизонтально между опорами линии электропередачи. Провода «1» и «2» находятся в одной горизонтальной плоскости, причём расстояние между ними равно a. Провод «3» расположен над ними, при этом расстояние от провода «3» до каждого из проводов «1» и «2» равно $a\frac{\sqrt{2}}{2}$ (см. рис. а и б).

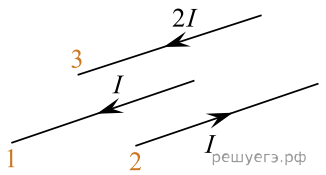


Рисунок а)

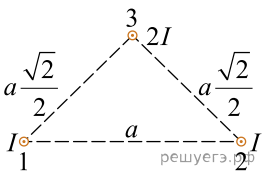


Рисунок б)

В проводах «1» и «2» текут постоянные электрические токи силой I в противоположных направлениях, а в проводе «3» течёт постоянный ток силой $2I$ в направлении, совпадающем с направлением тока в проводе «1». Определите направление результирующей силы Ампера, действующей на провод «3» со стороны проводов «1» и «2». Сделайте рисунок, изобразив на нем вблизи провода «3» векторы магнитной индукции магнитных полей, созданных проводами «1» и «2», вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля и искомый вектор силы Ампера. Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.