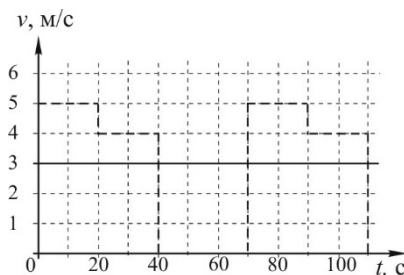


ЗАДАЧА 1

Два робота движутся по параллельным прямым со скоростями, как показано на графике (зависимость скорости от времени для роботов остается неизменной неограниченное время). Роботы стартуют из одного места и движутся в одну сторону. Сколько раз происходит встреча роботов (не считая момента старта)? Через какое время после старта один робот окончательно (без возможности встречи в будущем) обгонит другого? Какой это робот из данных двух?



Решение:

Графическое.

После построения графиков зависимости пройденного роботами пути от времени движения, видно, что графики пересекаются (имеют общие точки) 4 раза (не считая момента старта). Значит, роботы встречаются (один догоняет другого) в процессе движения 4 раза.

Последняя встреча роботов произошла через 180 с после начала их движения. Далее графики не пересекаются. Значит, искомый ответ 180 с. И это робот, скорость которого постоянна.

Аналитическое.

Назовем робота с постоянной скоростью первым, с меняющейся – вторым.

Если воспользоваться тем, что площадь фигуры под графиком зависимости скорости от времени численно равна пройденному за это время пути (или формулами равномерного движения), можно сделать вывод, что за первый цикл, в течение которого изменение скорости второго робота повторяется (70 с) успевают произойти два события: первый обгоняет второго, когда тот стоит и обгоняет на 30 м до того момента, когда второй начинает свой второй цикл. Во втором цикле второй робот догоняет и обгоняет первого, но когда второй останавливается, первый обгоняет его уже на суммарные 60 м. Так как *во время совместного движения* второй робот проходит на 60 м больше первого, в третьем цикле движения второй только успевают к моменту своей остановки догнать первого (компенсировать фору в 60 м), после чего их встреча далее становится невозможной, так как после третьего цикла первый обгоняет второго уже на 90 м. Итого, встреч возможно 4, последняя встреча в момент времени, когда второй робот останавливается в своем третьем цикле, то есть $70\text{ с} + 70\text{ с} + (70\text{ с} - 30\text{ с}) = 180\text{ с}$.

Графическое решение

- Грамотно проградуированы оси.....0,5 балла
- Правильно подписаны оси.....0,5 балла
- Правильно построен график пути первого робота.....2 балла
- Правильно построен график пути второго робота.....2 балла
- Объяснено, что точки пересечения графиков соответствуют встречам.....1 балл
- Определено количество встреч.....2 балла
- Определено искомое время.....2 балла

Аналитическое решение.

- Определено, что в одном цикле движения 1-й обгоняет 2-го на 30 м.....2 балла
- Определено, что во время совместного движения 2-й обгоняет 1-го на 60 м.....2 балла
- Доказано, что встреч будет 42 балла
- Получено искомое время.....3 балла
- Доказано, что первый робот окончательно обгоняет второго.....1 балл

ЗАДАЧА 2

Материальная точка начинает движение с ускорением a и движется в течение времени τ , после чего мгновенно меняет ускорение на $3a$, направленное прямо противоположно. Через какое время после изменения ускорения точка вернется в место старта и какая у нее при этом будет скорость?

Решение:

Сначала точка разгоняется, потом тормозит до остановки. На торможение тратится $\tau/3$, и со старта до остановки точка проходит путь $2/3a\tau^2$. Этот же путь назад точка проходит за время $2\tau/3$. Значит, после изменения ускорения до возвращения в точку старта проходит τ . Скорость в момент возвращения $2a\tau$.

- Учтено, что точка разгоняется, а потом тормозит..... 1 балл
- Рассчитано время торможения.....2 балла
- Рассчитан путь со старта до остановки.....2 балла
- Рассчитано время возвращения в точку старта.....2 балла
- Рассчитано искомое время.....1 балл
- Рассчитана искомая скорость.....2 балла

ЗАДАЧА 3

В калориметре находится вода массой 100 г со льдом массой 30 г. В воду опускают свинцовый шарик с температурой 99°C и после установления теплового равновесия температура становится равной 1°C . Чему равна масса шарика? Какой станет температура нового теплового равновесия, если затем в калориметр, не меняя его содержимого, **опускают один за другим, через паузу**, еще три таких же шарика? Удельная теплоемкость свинца $140 \text{ Дж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$, воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда $330 \text{ кДж}/\text{кг}$. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

Решение:

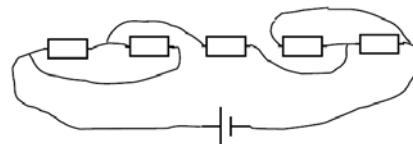
Сначала тает лед и потом нагревается вода массой 110 г. Уравнение ТБ с учетом этого дает значение 761 г для массы шарика. Ответ 752 г (без учета нагревания воды, получившейся из льда) следует считать ошибочным.

Так как все происходит в калориметре, можно не обращать внимание на то, что последующие три шарика опускаются через паузу, и считать, что они опускаются одновременно. Решение уравнения ТБ дает значение температуры теплового равновесия $33,2^\circ\text{C}$.

- Получена масса шарика.....4 балла
- Указано с объяснением, что можно не учитывать паузы.....2 балла
- Определена температура нового теплового равновесия..... 4 балла

ЗАДАЧА 4

Резисторы, из которых состоит цепь, схема которой показана на рисунке, имеют сопротивления $R, 2R, 3R, 2R$ и $4R$ соответственно (если смотреть слева направо), и теплоемкости $3C, C, C, 2C$ и $3C$. Цепь замкнута на источник тока, дающий напряжение U . Определите, какой резистор нагреется менее всего, если тепловыми потерями пренебречь.



Решение:

Пренебрежение тепловыми потерями означает, что все тепло, выделяющееся при протекании тока идет на нагревание резисторов. Изменение температуры равно отношению выделившейся теплоты к теплоемкости резистора. Теплота зависит от квадрата силы тока, сопротивления и времени протекания тока, поэтому для получения ответа необходимо сравнивать $\frac{I^2 R}{C}$ (время протекания тока во всех резисторах одинаково).

Видно, что первые два и последние два резистора соединены попарно параллельно, значит ток в этих соединениях раздваивается в соотношениях 1:2, исходя из сопротивлений соответствующих резисторов. Средний резистор подключен к параллельным участкам последовательно. Через него течет ток, равный сумме токов в разветвлениях. Если его обозначить $3I$, получим, что через первый и четвертый резисторы течет ток $2I$, через второй и пятый I . После подстановки и расчетов получается, что меньше всего нагреются первый и пятый резисторы.

- Определено соединение резисторов (нарисована стандартная схема)...2 балл
- Выведено соотношение для сравнения ΔT2 балла
- Определены токи в резисторах (в относительных величинах).....4 балла
- Определены наименее нагретые резисторы.....2 балла

ЗАДАЧА 5

Дана рейка длиной 50 см с отверстиями, расположенными на расстоянии 2 см друг от друга (первое и последнее отверстия находятся на расстоянии 1 см от краев рейки). Рейка подвешена на нити, закрепленной в 10-м от отверстия (если считать от левого края). Для создания горизонтального равновесия рейки к ней прилагают вертикальную силу F , возникающую в пружине динамометра, закрепляя его поочередно в отверстиях от первого до последнего. Значения сил, соответствующих некоторым номерам отверстий, приведены в таблице:

Номер отверстия от левого края	4	5	7	8	9	12	18	20	22	25
Значение силы F , Н	2	2,4	4	6	12	6	1,5	1,2	1	0,8

Используя данные таблицы:

1. Определите массу рейки.
2. Постройте график зависимости силы F от номера отверстия, к которому она приложена (нумерация отверстий от левого края рейки). *Указание: при построении графика учитывайте направление силы F (например, сила F вниз считается отрицательной, вверх - положительной).*
3. Используя график, определите, какой должна быть сила F , создающая горизонтальное равновесие, если она приложена к 6-му; 10-му; 15-му отверстиям в рейке (нумерация отверстий от левого края рейки).

Решение:

Для определения массы рейки необходимо записать уравнение правила моментов для моментов сил, действующих на рейку (силы тяжести и силы упругости пружины динамометра) относительно точки подвеса. Выбирать можно любое из находящихся в таблице отверстий, определить плечо силы, приложенной к нему, исходя из условия (см. описание рейки). После решения уравнения получаем массу рейки 400 г.

График зависимости силы F от номера отверстия, к которому она приложена, представляет собой две «гиперболы», асимптотически приближающиеся к прямой $N=10$ (номер отверстия, за которое закреплена рейка).

При точном построении графика значение силы, приложенной к 6-му отверстию равно ≈ 3 Н, приложенной к 15-му отверстию $\approx 2,5$ Н. Никакая сила не может уравновесить рычаг, если она приложена к 10-му отверстию (вариант равна бесконечности не подходит, так как он физически не имеет смысла).

Предложен, в любом виде, способ связи номера отверстия и плеча соответствующей силы.....	1 балл
Записана формула правила моментов.....	1 балл
Определена масса рейки.....	2 балла
Грамотно проградуированы оси.....	0,5 балла
Правильно подписаны оси.....	0,5 балла
Правильно построен график заданной зависимости.....	3 балла
(правильно поставлены точки.....	0,5 балла
правильно построены линии.....	1,5 балла
отдельно изображена прямая $N=10$, как асимптота.....	1 балл)
По графику определены значения силы для отверстия 6.....	0,5 балла
По графику определены значения силы для отверстия 15.....	0,5 балла
Физически обоснованно, что никакая сила не уравновесит рейку, будучи приложенной к отверстию 10.....	1 балл