



Astana Physics Battles 2023

Отборочный тур

Условия и решения

Юниорская лига

Содержание

Авторы	2
1 Неправильный градусник	3
2 Crossy Roads	5
3 Оригинальная задача	8
4 Плохой термометр	9
5 Оптимальная система	10
6 Показалось	12
7 Теплопровод	14
8 Скользящая ситуация	15
9 Тепловые явления	16
Наши спонсоры	18

Над туром работали

Авторы задач:

- Досжан Бисимби
- Ернур Кайроллаев

Вёрстка документов — Ернур Кайроллаев

Художник-дизайнер — Дайана Неталиева

1 Неправильный градусник

Самат, копаясь у дедушки-инженера в комод, нашёл термометр с необычной шкалой и стёртыми численными обозначениями, кроме нуля. Отметив показания термометра в кипящей воде и равновесной смеси воды со льдом, он обнаружил что между ними 150 делений (ртуть в градуснике достигла нуля при кипении воды). Спросив у дедушки, Самат узнал, что данная шкала “перевернута” относительно обычной (более горячие объекты имеют меньшую температуру).

Формулу для преобразования температур этой шкалы в шкалу Цельсия можно представить в виде:

$$T_C = a \cdot T + b$$

1. Найти a ;
2. Найти b ;
3. Вычислите температуру абсолютного нуля в данной шкале (-273.15°C);
4. Какую энергию нужно потратить, чтобы уменьшить температуру одного литра воды на 1 градус в данной шкале? (удельная теплоёмкость воды $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$.)

Пункт 1

Так как в шкале Цельсия между точками кипения воды и замерзания её 100 делений, а в этой шкале 150, очень просто найти

$$a = -\frac{100}{150} \approx -0.67$$

Пункт 2

Раз ноль на шкале достигается при кипении воды, то он смещен на 100°C

$$b = 100$$

Пункт 3

Выражая T через уравнение, находим:

$$T = \frac{T_C - b}{a}$$

Подставляя значения, получаем:

$$T = \frac{-273.15 - 100}{100/150} = -559.725$$

Пункт 4

Из предыдущего решения выходит, что изменение на 1 градус в этой температурной шкале соответствует $\frac{2}{3}^{\circ}\text{C}$. Учитывая, что масса литра воды равна 1 кг, находим:

$$Q = cm\Delta T = 4200 \cdot 1 \cdot \frac{2}{3} = 2800 \text{ Дж.}$$

Заметки составителей

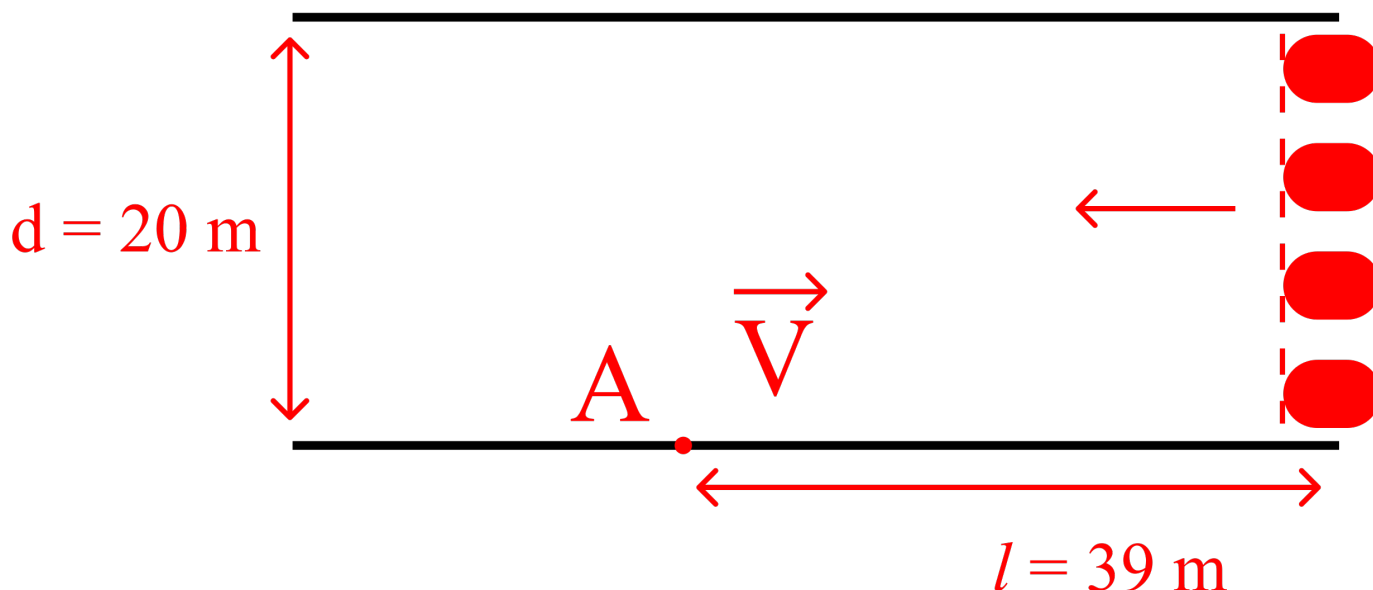
Что интересно, для задачи была взята температурная шкала Делиля **ВСТАВИТЬ ССЫЛКУ НА ВИКИПЕДИЮ**, поэтому можно сказать, что решая эту задачу вы действительно занимались физикой, которой занимались ученые прошлого.

2 Crossy Roads

Дисклеймер

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ. Ни в коем случае не повторять действия Илияса.

По одной из улиц Алматы бежал Илияс, опаздывающий на олимпиаду по русскому языку. Ему надо перейти на другую сторону дороги, но пешеходного перехода рядом нет. Он решает быстро перебежать дорогу шириной $d = 20$ м.



Илияс начинает с точки A и может бежать в любом направлении с максимальной скоростью $u = 4$ м/с. В момент, когда он начал бежать, с ближайшего светофора на расстоянии $l = 39$ м тронулся ряд машин. Считайте, что все машины движутся с одинаковой и постоянной скоростью $V = 8$ м/с. После начала движения Илияс не может менять направление бега. Помогите Илиясу понять, как можно безопасно перебежать дорогу.

1. На каком расстоянии L до другого края дороги Илияса собьет машина если он будет бежать прямо, перпендикулярно улице?
2. Какой путь s пройдёт Илияс по самому «безопасному» маршруту через дорогу? (Самым безопасным путём считается такой, когда расстояние до машин всегда наибольшее возможно)
3. При каком расстоянии до светофора перебежать дорогу вовремя становится невозможно?

Пункт 1

Сказано, что Илияс будет сбит и двигается по прямой перпендикулярно дороге. Надо найти только время, за которое машины дойдут по линии движения Илияса:

$$t_1 = \frac{39}{8} = 4.875$$

За это же время Илияс пройдёт:

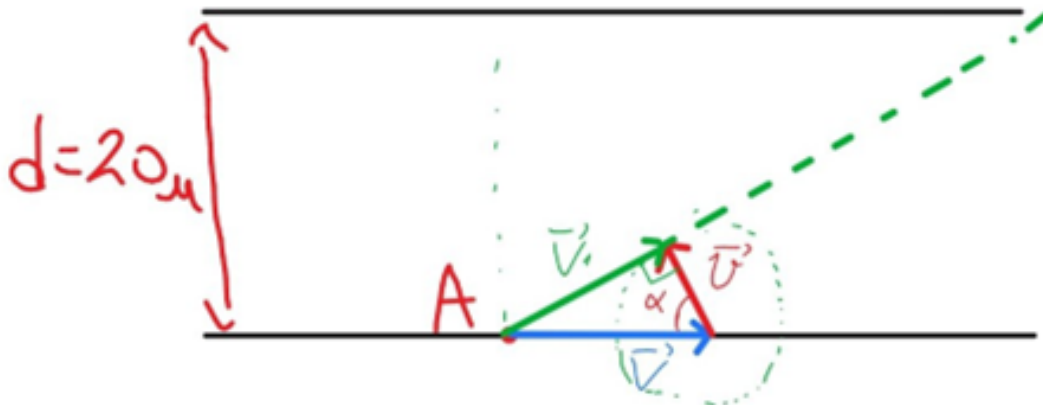
$$S = t_1 \cdot 4 = 19.5$$

До другого края останется:

$$20 - 19.5 = 0.5$$

Пункт 2

Перейдём в систему отсчёта машин, в ней скорость Илияса будет суммой векторов обратной скорости машин и скорости самого Илияса:



Скорость Илияса может быть направлена куда угодно, и конец вектора будет на окружности радиуса v . Из рисунка и геометрических соображений можно понять, что минимальное перемещение в сторону машин будет, когда скорость Илияса перпендикулярна суммарной скорости (суммарная скорость касается окружности, на которой может находиться конец вектора скорости Илияса). Отсюда угол альфа:

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{V^2 - v^2}}{V} = \frac{\sqrt{48}}{8} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

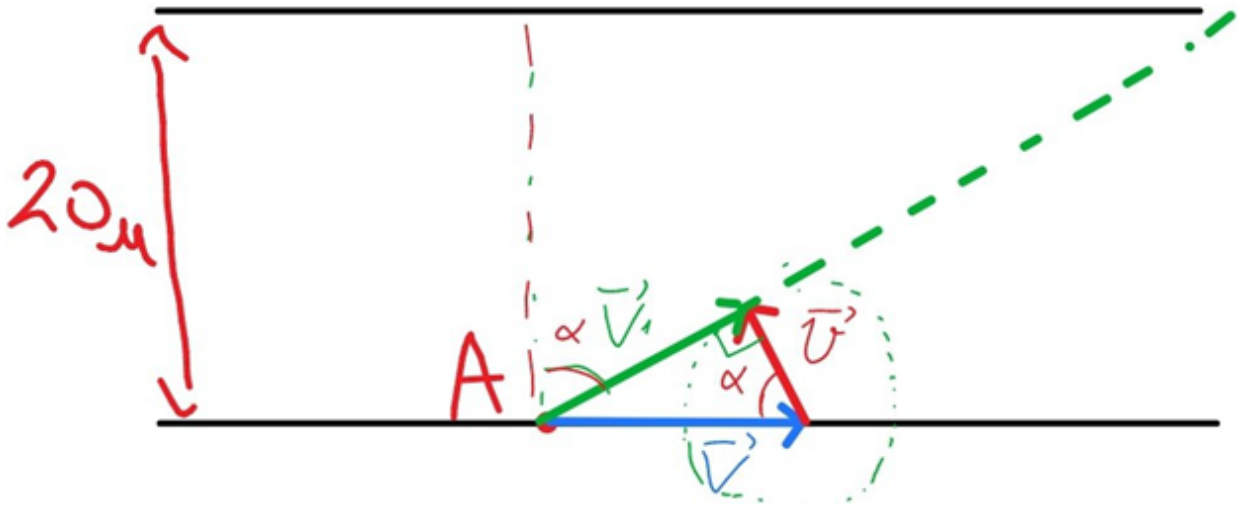
Путь Илияса надо считать в системе отсчёта земли. В ней Илияс пройдёт перпендикулярно улице 20 метров; перпендикуляр к улице и траектория Илияса образуют прямоугольный треугольник где путь — это гипотенуза, а 20 метров это

противолежащий катет к углу альфа. Поэтому:

$$S = \frac{20}{\sin \alpha} = \frac{40}{\sqrt{3}} \approx 23.09$$

Пункт 3

В системе отсчёта машин посчитаем перемещение Илияса в их сторону.



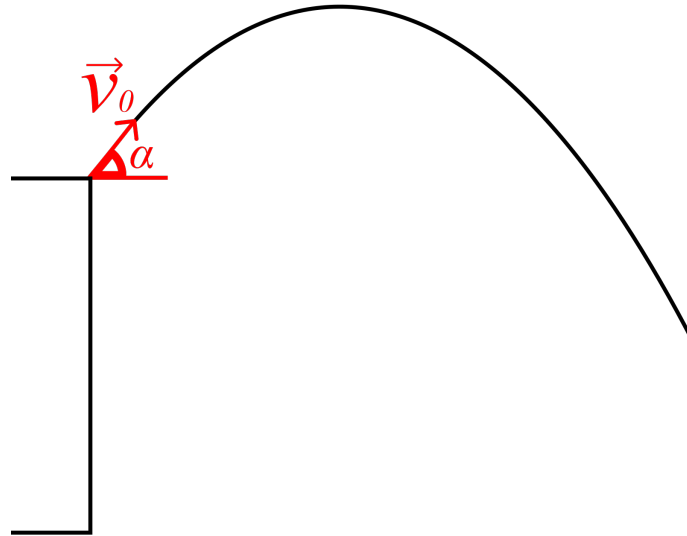
Заметим, что угол между суммарной скоростью и перпендикуляром к улице будет альфа. Тогда перемещение вдоль улицы найдётся, умножив тангенс альфа на перемещение перпендикулярно улице:

$$S_1 = 20 \cdot \tan 60 = 20 \cdot \sqrt{3} \approx 34.64$$

Это перемещение Илияса вдоль дороги в системе машин. Если начальное расстояние до машин будет меньше этого, то Илияса собьют при переходе дороги.

3 Оригинальная задача

С края обрыва тело бросили под углом α к горизонту, со скоростью v_0 . Через $t = 0.8$ с после броска скорость стала минимальной по модулю и равной $v_m = 6$ м/с.



1. Найдите модуль начальной скорости;
2. Найдите тангенс угла начальной скорости к горизонту.

Пункт 1

Так, при движении в поле тяжести близко к поверхности земли минимальная скорость достигается в наивысшей точке траектории, можем написать уравнение для движения по оси Oy :

$$v_{Ky} = v_{Hy} - gt$$

И подставляя начальные данные, получаем

$$v_{Hy} = gt$$

И так, как полная скорость выходит из скорости по Oy и скорости по Ox (она не изменяется), находим модуль начальной скорости по теореме Пифагора:

$$V_H = \sqrt{v_{Hy}^2 + v_{Hx}^2} = \sqrt{(gt)^2 + v_m^2} = \sqrt{(10 \cdot 0.8)^2 + 6^2} = 10 \text{ м/с}$$

Пункт 2

Чтобы найти тангенс начальной скорости к горизонту достаточно найти соотношение вертикальной и горизонтальной компонент скоростей:

$$\tan \alpha = \frac{v_{Hy}}{v_{Hx}} = \frac{8}{6} \approx 1.33$$

4 Плохой термометр

Опыт # 1. Нагрев $V_1 = 0.5$ л воды Арсен опустил в неё градусник, который через некоторое время стал показывать температуру $t_1 = 42^\circ\text{C}$. Температура воды до начала нагрева была $t_a = 40^\circ\text{C}$.

Опыт # 2. С помощью калориметра Арсен придал воде объёмом $V_2 = 0.1$ л тепло $Q_2 = 850$ Дж. Температура воды до нагрева была $t_b = 38^\circ\text{C}$. Градусник показал температуру $t_2 = 40^\circ\text{C}$.

Начальная температура термометра в обоих случаях равна комнатной: $t_k = 20^\circ\text{C}$.

1. Найдите теплоёмкость термометра
2. Найдите сколько энергии Q_1 потратил Арсен на нагрев воды в первом опыте (теплообменом с окружающей средой пренебречь).
3. Если оставить воду на долгое время, чему станет равна её температура?

Пункт 1

Тепло от нагрева ушло на изменение температуры воды и градусника:

$$850 = 0.1 \cdot 4200 \cdot (40 - 38) + C \cdot (40 - 20)$$

Отсюда $C = 0.5$ Дж/ кг $^\circ\text{C}$

Пункт 2

Тепло от нагрева ушла на изменение температуры воды и градусника:

$$Q = 0.5 \cdot 4200 \cdot (42 - 40) + 0.5 \cdot (42 - 20) = 4211 \text{ Дж}$$

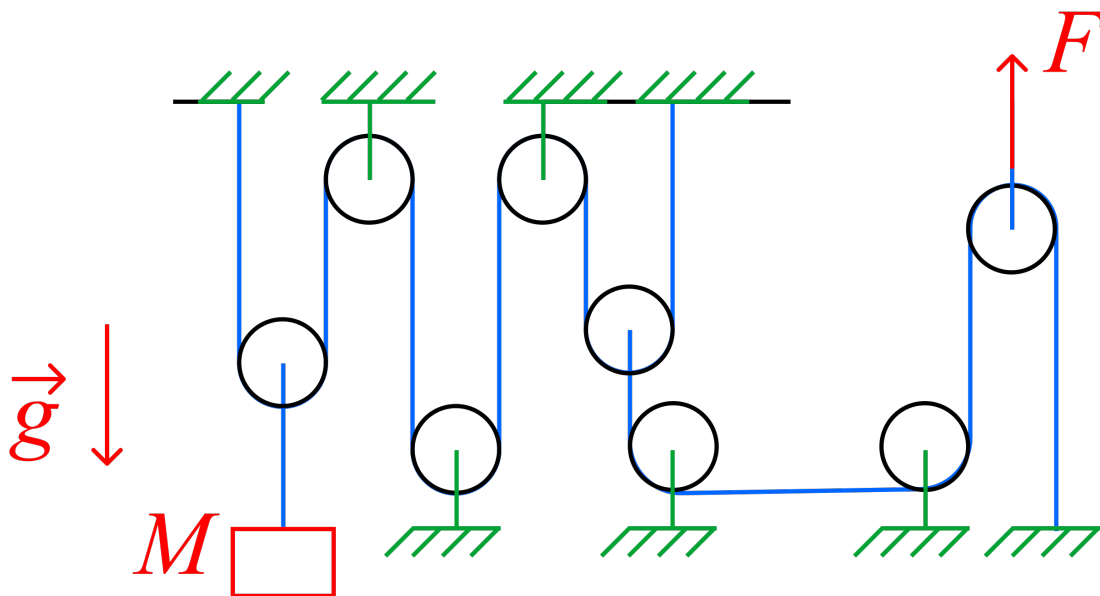
Пункт 3

Через долгое время вода остынет до температуры окружающей среды: 20°C

5 Оптимальная система

Систему блоков из рисунка используют для поднятия груза массой M . Все верёвки считать нерастяжимыми и лёгкими; блоки лёгкие и некоторые из них закреплены.

1. Найти максимальную массу груза, который можно поднять если другую верёвку тянут вверх силой $F = 100$ Н.
2. Если груз максимальной массы поднялся вверх на $h_1 = 1$ м, то на какое расстояние h_2 сместилась верёвка, которую тянут?
3. Какой выигрыш в работе даёт эта система блоков? (**введите ответ в процентах**)

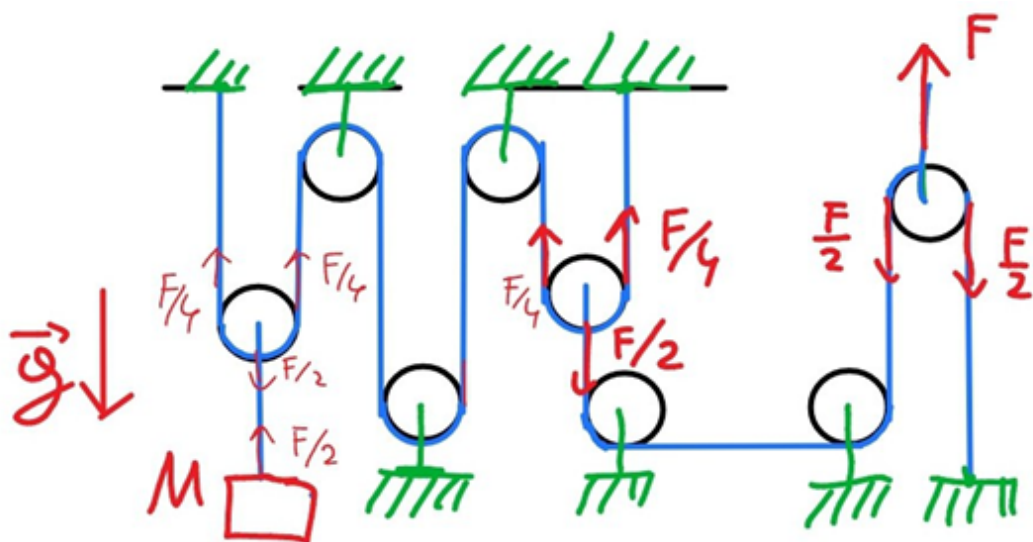


Пункт 1

Учитывая что в состоянии равновесия силы на блок уравниваются и то что сила натяжения на одной нити везде одинакова можно расставить силы: Отсюда сила на груз будет 50 Н. Максимальная масса 5 кг

Пункт 2

Выигрыш в работе нельзя получить в любой системе. Поэтому чтобы работы сил с двух концов были одинаковые надо чтобы другой конец верёвки сместился на 0,5 метров

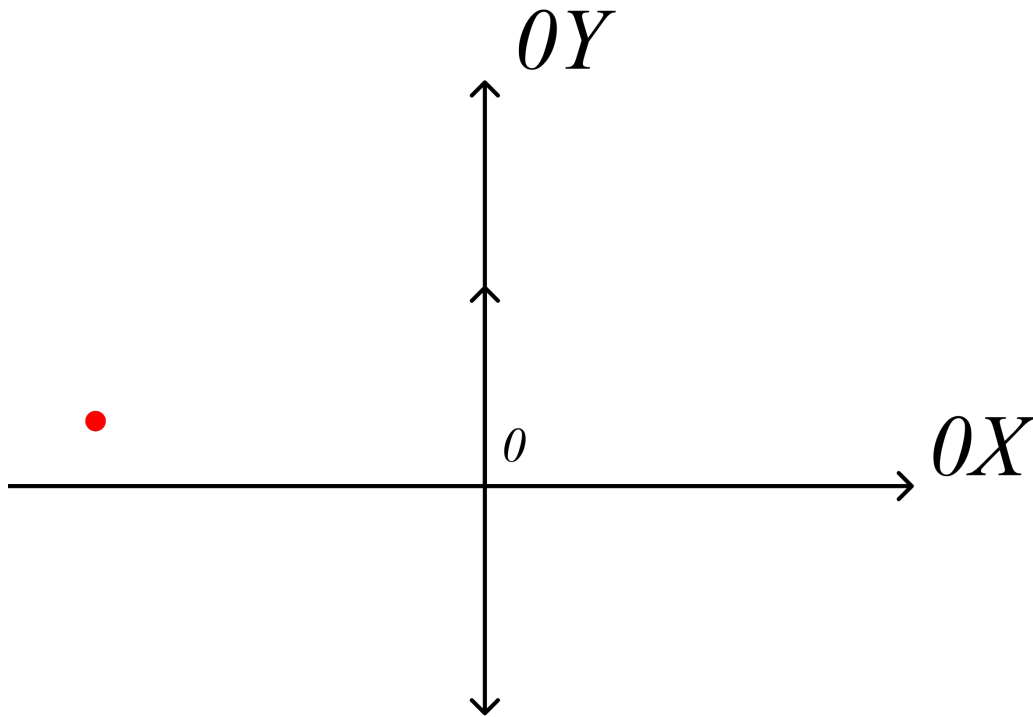


Пункт 3

Выигрыш в работе нельзя получить. Ответ 0

6 Показалось

Есть оптическая система как на рисунке с координатами. Фокусное расстояние собирающей линзы $F = 20$ см. В системе есть точечный объект (красная точка) с координатами: $y_0 = 10$ см, $x_0 = -30$ см.



Найдите координаты изображения объекта:

1. $x_1 = ?$
2. $y_1 = ?$

Теперь, объект начинает двигаться вверх вдоль оси Oy со скоростью $V = 2$ см/с.

3. Найдите скорость движения изображения.

На этот раз, объект покоится и двигается только линза. Собирающая линза движется вниз вдоль оси Oy со скоростью $V = 2$ см/с.

4. Найдите скорость движения изображения.

Наконец, и объект и линза движутся со скоростью $V = 2$ м/с.

5. Найдите скорость изображения.

Пункт 1

Используя формулу для собирающей линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

Находим что $f = 60$ см. $x_1 = 60$

Пункт 2

Сделаем рисунок.

Треугольники в рисунке подобны. Расстояния увеличились в 2 раза, значит расстояния по увеличатся тоже в 2 раза. Если учесть знак, то ответ = -20 см

Пункт 3

Из подобия треугольников следует что скорость изображения по оси будет в 2 раза больше. Ответ: 4

Пункт 4

Перейдём в систему отсчёта линзы. В ней объект движется вверх со скоростью 2 см/с, а изображения вниз со скоростью 4 см/с. Если перейдем в обычную систему отсчета, то надо прибавить к скорости изображения скорость линзы. Поэтому ответ 6

Пункт 5

Тут будет сумма движений из прошлых пунктов поэтому ответ 10

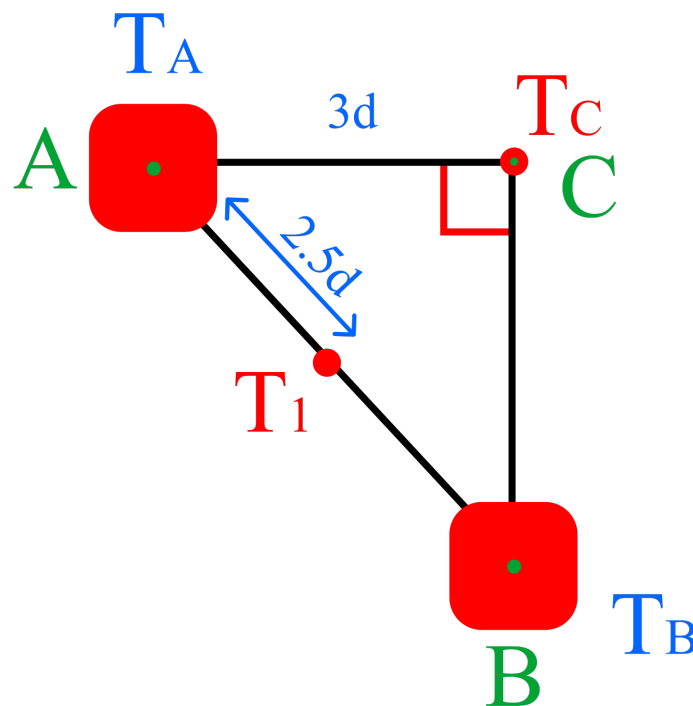
7 Теплопровод

Поток тепла через стержень, температуры концов которого разные выражается через формулу

$$P = \frac{kS(T_1 - T_2)}{L}$$

Где S — это площадь поперечного сечения стержня; L — длина стержня; k — коэффициент теплопроводности (зависит от материала). T_1 и T_2 — температуры концов стержня.

Дана система как на рисунке:



Система в форме прямоугольного треугольника. В точках A и B расположены резервуары с постоянной температурой $T_A = 40^\circ\text{C}$, $T_B = 10^\circ\text{C}$. Стержни AB и AC сделаны из одного и того же материала. Теплопроводность стержня CB в два раза больше остальных стержней. У всех стержней одинаковая площадь поперечного сечения и система находится в равновесии (температура всех точек постоянна).

1. Найти температуру в серединной точке стержня AB
2. Найти температуру точки C

Пункт 1

В точку 1 входит столько же тепла сколько и выходит

$$\frac{k \cdot S \cdot (T_A - T_x)}{2.5d} = \frac{k \cdot S \cdot (T_x - T_B)}{2.5d}$$

$$T_A - T_x = T_x - T_B$$

$$T_x = \frac{T_A + T_B}{2} = 25$$

Пункт 2

Запишем баланс потоков тепла

$$\frac{k \cdot S \cdot (T_A - T_C)}{3d} = \frac{2k \cdot S \cdot (T_C - T_B)}{4d}$$

$$4(T_A - T_C) = 6(T_C - T_B)$$

$$T_C = \frac{2T_A + 3T_B}{5} = 22$$

8 Скользящая ситуация

У Медины сломались коньки посреди катка. Теперь ей надо добежать до края как можно скорее, чтобы не мешать остальным людям. Коэффициент трения между носками и льдом $\mu = 0.08$. Расстояние от точки, где она упала, до края катка $s = 20$ м.

1. С каким максимальным по модулю ускорением a_{\max} может двигаться Медина?
2. За какое минимальное время t_{\min} Медина сможет добежать до края катка? (полезно будет использовать график скорости от времени)

Часть 1

Максимальное ускорение достигается только тогда, когда сила трения максимальна. Если увеличит его модуль, то сила трения не изменится и нога соскользнет со льда:

$$ma = \mu mg \Rightarrow a = \mu g = 0.8 \text{ м/с}^2$$

Часть 2

Медине желательно дойти до конца катка за минимальное время и вернуться целой. Для этого нужно подобрать такой случай, когда ее средняя скорость будет максимальной. Данный вариант возможен только тогда, если Медина увеличила скорость в середине пути и затем уменьшила её, чтобы дойти до пункта назначения безопасно.

$$\frac{s}{2} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{s}{a}}$$
$$t_{\min} = 2 \cdot t = 2\sqrt{\frac{s}{a}} = 10 \text{ с.}$$

9 Тепловые явления

Существует три вида теплопередачи: теплопроводность **(1)**, конвекция **(2)** и излучение **(3)**. Ниже будут приведены случаи где есть теплопередача между телами. Вам надо будет ответить какой вид теплопередачи в конкретном случае. Вместо названий видов пишите их номер. Если есть несколько верных ответов, то пишите номера через пробелы (например, "3 2" или "1 3")

1. Тепло от горящего костра
2. Система охлаждения процессора компьютера
3. Система охлаждения Международной Космической Станции
4. Работающая лампочка
5. Остывание еды
6. Ощущение холода при потоотделении

Пункт 1

Горящий костёр излучает и передаёт своё тепло через потоки воздуха. 2 и 3

Пункт 2

Тепло от процессора выводится через систему проводящих материалов (термопаста и тд). Ещё это тепло выводится через вентиляторы и потоки воздуха. 1 и 2

Пункт 3

В космосе нет конвекции и теплопроводности. 3

Пункт 4

Излучение лампочки передаёт тепло. 3

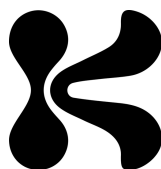
Пункт 5

Потоки воздуха уносят тепло. Возможно ещё контакт с другими объектами уносит тепло 1 или 2 или 1 и 2

Пункт 6

При потоотделении пот испаряется с поверхности тела и тепло уносится воздухом.
3

Наши партнёры



Ищите нас

- [Вебсайт](#)