

ВсОШ, 2024/25, заключительный этап, 9 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике [Условия и ответы](#)

Задача 1 Дал Маха

Микрофон, установленный в точке A горизонтальной поверхности (см. рисунок), зафиксировал сигнал от сверхзвукового самолёта спустя время t после его пролёта над этой точкой. Ещё через время t звук начал регистрироваться микрофоном, расположенным в точке B .

Известно, что первый сигнал, зарегистрированный микрофоном B , был испущен самолётом из точки C . Самолёт двигался равномерно и прямолинейно в одной вертикальной плоскости с микрофонами.



1. С помощью геометрических построений восстановите траекторию полёта самолёта и определите его местоположения в моменты регистрации звуковых сигналов микрофонами.

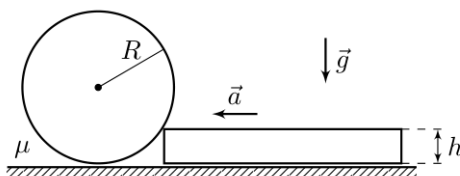
Примечание. Стандартные процедуры геометрических построений считайте известными.

Ответ

Траектория — прямая CD , где D — положение самолёта над точкой A ; положения самолёта в моменты регистрации звука микрофонами A и B — точки S_1 и S_2 на рисунке решения.

Задача 2 Сингулярность

На горизонтальной поверхности находятся два тела: длинная доска высотой h и однородный цилиндр радиусом $R = 2h$, которые касаются друг друга (см. рисунок). Масса цилиндра равна M . Коэффициенты трения между цилиндром и поверхностью, а также между самими телами, одинаковы и равны μ .



Доска движется с постоянным горизонтальным ускорением a , направленным перпендикулярно линии контакта с цилиндром. Ускорение свободного падения равно g .

1. При каких значениях ускорения a доски цилиндр не будет поворачиваться вокруг горизонтальной оси, если коэффициент трения μ может принимать любые значения больше нуля?

Ответ

При $\mu < \sqrt{3}$: $\frac{g}{\sqrt{3}} < a < \sqrt{3}g$; при $\mu > \sqrt{3}$: $a > \sqrt{3}g$; при $\mu = \sqrt{3}$: $a = \sqrt{3}g$.

Задача 3 Задача трёх тел

В далёкой-далёкой галактике станции инопланетян способны притягивать космические корабли, находящиеся в зоне их действия. Сила притяжения $\vec{F}$ прямо пропорциональна расстоянию $\vec{r}$ от станции до корабля: $\vec{F} = -P\vec{r}$, где P — коэффициент силы станции.

Три такие станции расположены в вершинах прямоугольного треугольника с углом 30° и гипотенузой длиной l . Две станции, находящиеся в вершинах острых углов, характеризуются коэффициентом силы P , а станция в вершине прямого угла — коэффициентом силы $2P$.

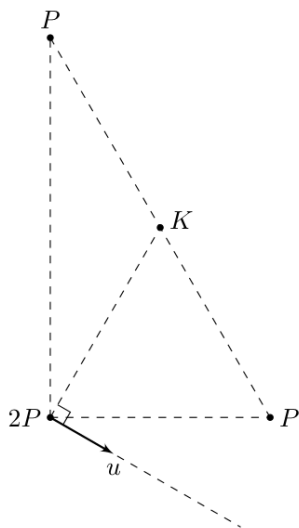
В пунктах 1—3 космические станции неподвижны.

1. Определите расстояния от каждой станции до точки, в которой корабль будет находиться в равновесии.

В начальный момент времени космический корабль массой m находится на середине гипотенузы треугольника, в вершинах которого находятся станции. Скорость корабля равна нулю, двигатели не работают.

2. Определите максимальную скорость корабля $v_{\max}$ в процессе дальнейшего движения.
3. На какое минимальное расстояние в процессе движения корабль приблизится к станции, находящейся в вершине прямого угла?

Космический корабль, вновь оказывается в середине гипотенузы с нулевой начальной скоростью. Однако в этот момент времени станция в вершине прямого угла начинает двигаться с постоянной скоростью $u = 2v_{\max}$ вдоль прямой, перпендикулярной начальному направлению на корабль (см. рисунок). Станции, находящиеся в вершинах острых углов, остаются неподвижными.



4. Спустя какое время и на каком расстоянии от начального положения корабль впервые остановится?

Примечание: все объекты можно считать точечными, на корабль не действуют другие силы, кроме сил притяжения со стороны станций.

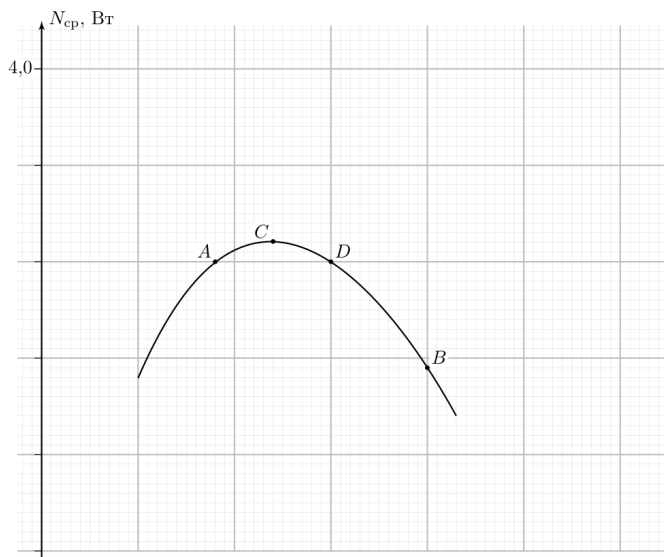
Ответ

1) до станции $2P - l/4$, до станций $P - \sqrt{3}l/4$ и $\sqrt{7}l/4$ (у вершин углов 60° и 30° соответственно); 2) $v_{\max} = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{P}{m}}$; 3) 0; 4) через $T = \pi\sqrt{\frac{m}{P}}$ на расстоянии $S = \frac{\pi l}{2}$.

Задача 4 Горячо–холодно

На рисунке приведён фрагмент графика зависимости от времени τ средней мощности $N_{\text{ср}}$, равной отношению суммарного количества теплоты, переданного слитку серебра массой $m = 50$ г, ко времени его теплообмена с внешними телами. Через некоторое время после начала теплообмена температура слитка в состоянии A увеличилась до $t_A = 40^\circ\text{C}$, а спустя ещё 2,2 мин (в состоянии B) она вновь оказалась равна t_A . Удельная теплоёмкость серебра $c = 240 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

1. Восстановите координатные оси графика и их масштаб, если известно, что начало оси времени совпадает с началом оси $N_{\text{ср}}$.
2. Найдите начальную температуру t_0 слитка серебра (при $\tau = 0$).
3. Найдите температуры слитка, средние и мгновенные мощности теплообмена с внешними телами в состояниях, соответствующих точкам C и D .

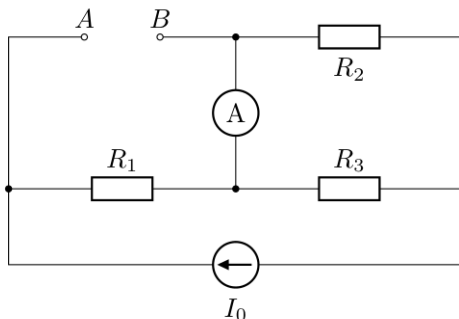


Ответ

1) одна крупная клетка — 1 мин по оси τ и 1 Вт по оси $N_{\text{ср}}$, ось τ ($N_{\text{ср}} = 0$) — вторая снизу линия сетки, $\tau_A = 1,8$ мин, $\tau_B = 4$ мин (рис. 3 решения); 2) $t_0 = 22^\circ\text{C}$; 3) $t_C \approx 48,4^\circ\text{C}$, $N_{C\text{ср}} \approx 2,2$ Вт, $N_{C\text{мгн}} \approx 2,2$ Вт; $t_D = 52^\circ\text{C}$, $N_{D\text{ср}} = 2$ Вт, $N_{D\text{мгн}} = 0$.

Задача 5 Неламповый диод

На рисунке изображена схема электрической цепи с регулируемым источником тока. Такой источник выдаёт во внешнюю цепь электрический ток заданной силы, а напряжение на его выходах подстраивается под параметры внешней цепи.



При подключении к контактам A и B последовательно соединённых диода и лампы показания амперметра равны нулю при двух ненулевых значениях силы тока через источник I_{01} и I_{02} .

Считайте, что сила тока I_L , протекающего через лампу, и напряжение на ней связаны соотношением:

$$I_L = \alpha U_L^{2/3}.$$

Для диода сила тока I_d пропорциональна квадрату напряжения на нём:

$$I_d = \beta U_d^2.$$

Сопротивления резисторов R_1 , R_2 и R_3 , а также коэффициенты α и β **неизвестны**.

1. При каком ненулевом значении силы тока I_{03} источника показания амперметра будут равны нулю, если к точкам A и B подключить только лампу?
2. При каком ненулевом значении силы тока I_{04} источника показания амперметра будут равны нулю, если к точкам A и B подключить только диод?

Ответ

$$1) I_{03} = (\sqrt{I_{01}} + \sqrt{I_{02}})^2; \quad 2) I_{04} = \frac{I_{01}I_{02}}{(\sqrt{I_{01}} + \sqrt{I_{02}})^2}.$$