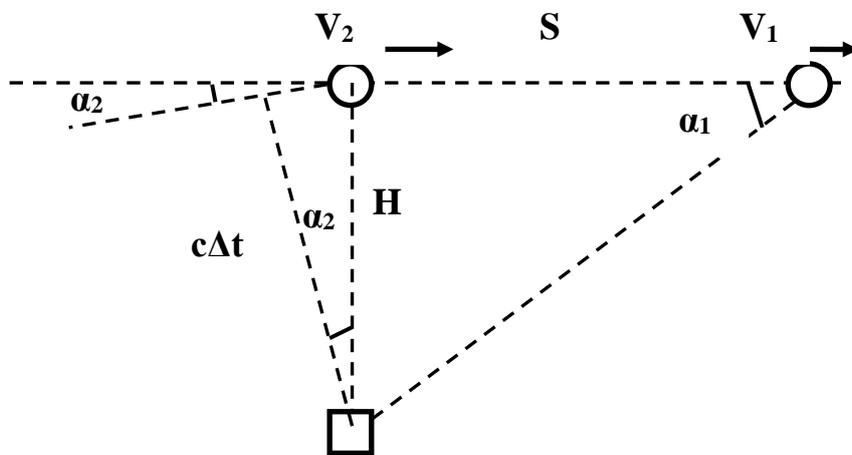


**Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
II(заключительный) этап, 2023–2024 учебный год
Физика 9 класс**

Каждая правильно решенная задача оценивается в 10 баллов.

1. На некоторой высоте вдоль одной прямой друг за другом равномерно движутся два сверхзвуковых самолета, скорости которых в n и m раз больше скорости звука, соответственно для первого и второго самолётов. В момент, когда наблюдатель на земле услышал звук от первого самолёта, второй самолёт находился прямо над наблюдателем. За какое время t , считая от этого момента, второй самолёт догонит первый, если звук от второго самолёта достиг наблюдателя через Δt , считая от момента прихода звука от первого?

Решение



Рассмотрим картину происходящего явления в момент прихода к наблюдателю звука от первого самолета.

Угол между направлением движения сверхзвукового самолета и фронтом звуковой волны от него дается выражением:

$$\sin(\alpha_1) = c/V_1 = 1/n \quad 16$$

$$\sin(\alpha_2) = c/V_2 = 1/m \quad 16$$

Из рисунка видно, что расстояние между самолетами:

$$S = H / \tan(\alpha_1) \quad 26$$

Время, за которое звук от второго самолета дойдет до наблюдателя:

$$\Delta t = H \cos(\alpha_2) / c \quad 26$$

Искомое время будет:

$$t = \frac{S}{V_2 - V_1} \quad 26$$

Подставив все значения и выполнив преобразования, получим:

Ответ: $t = \Delta t \frac{m}{(m-n)} \sqrt{\frac{n^2-1}{m^2-1}}$ **26**

2. На большой ледяной планете её плоская поверхность покрыта неглубокими идеально сферическими выемками большого радиуса с гладкими стенками (сферическими сегментами). Космонавтам удалось измерить расстояние от края выемки до диаметрально противоположного края выемки S_2 и расстояние от края до самой нижней точки выемки S_1 . Сколько потребуется времени космонавтам, чтобы медленно соскользнув с одного края выемки, доскользить до её противоположного края. Ускорение силы тяжести на планете G .

Решение

Движение космонавта по дуге окружности подобно движению груза подвешенного на нити (16): на космонавта действует сила тяжести (16) и перпендикулярная траектории сила реакции опоры (16). Так как выемки неглубокие и большого радиуса, то «отклонение груза от вертикали» мало и можно воспользоваться формулой для периода математического маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{G}} \quad 16$$

Здесь R – радиус сферы, частью которой является выемка, он находится через измеренные расстояния, как:

$$R = \frac{S_1^2}{\sqrt{4S_1^2 - S_2^2}} \quad 36$$

Искомое время достижения противоположного края выемки будет равно половине периода:

$$t = T / 2 \quad 16$$

$$\text{Ответ: } t = \frac{\pi}{\sqrt{G}} \sqrt{\frac{S_1^2}{\sqrt{4S_1^2 - S_2^2}}} \quad 26$$

3. В три одинаковых сосуда налиты соответственно массы жидкости m , $3m$ и $2m$ с температурами t_1 , t_2 и t_3 . После ряда переливаний оказалось, что модуль добавленного количества теплоты $|Q|$, а массы и температуры жидкости в первых двух сосудах: $1,5m$ и t_4 ; $3,5m$ и t_5 . Определить температуру жидкости в третьем сосуде. Теплоемкости сосудов пренебрежимо малы. Удельная теплоёмкость жидкости c .

Решение

При теплопередаче без изменения агрегатного состояния вещества алгебраическое значение количества полученного тепла $Q = cm(t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})$ 16.

При теплообмене без потерь в системе алгебраическая сумма всех полученных количеств тепла равна нулю $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ 16.

Масса воды в 3-м сосуде будет m 16.

Поскольку мы не знаем, откуда, куда и сколько переливалось, мы можем

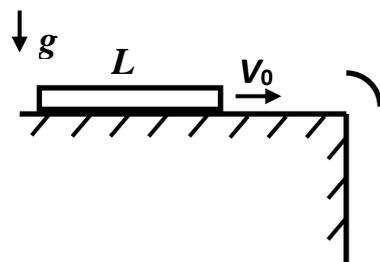
рассмотреть с учётом потерь (добавлений) теплоты два перехода: из начальной ситуации и из конечной ситуации к некоторому одному и тому же состоянию, например, к состоянию, когда у всех жидкостей во всех сосудах одинаковая $t_{\text{кон}}$ температура

$$\begin{aligned} cm(t_{\text{кон}} - t_1) + c3m(t_{\text{кон}} - t_2) + c2m(t_{\text{кон}} - t_3) - |Q| = \\ = c1,5m(t_{\text{кон}} - t_4) + c3,5m(t_{\text{кон}} - t_5) + cm(t_{\text{кон}} - t_6) \end{aligned} \quad 56.$$

здесь добавка теплоты полностью отнесена к первому переходу (т.е. второй переход предполагается без потерь (добавок)); распределение потерь (добавок) по переходам не влияет в данной задаче на конечный ответ, но требует аккуратности в выборе знака перед $|Q|$.

Ответ: $t_6 = t_1 + 3t_2 + 2t_3 - 1,5t_4 - 3,5t_5 + \frac{|Q|}{mc}$ 26.

4. По гладкому столу скользит кусок тонкой верёвки длины L со скоростью V_0 . Какова будет скорость верёвки в момент времени, когда она вся примет вертикальное положение. Ускорение свободного падения g . (на краю стола расположена гладкая направляющая).



Решение

Когда веревка целиком примет вертикальное положение, то центр тяжести веревки будет на $L/2$ ниже его положения на столе (26). Это в уменьшение потенциальной энергии в поле тяжести перейдет в увеличение кинетической энергии веревки, т.к. закон сохранения энергии в рассматриваемой ситуации выполняется.

$$m \frac{V_1^2}{2} - m \frac{V_0^2}{2} = mg \frac{L}{2} \quad 66$$

Откуда получим искомую скорость.

Ответ: $V_1 = \sqrt{V_0^2 + gL}$ 26

5. Конусообразная воронка высоты H и радиусом наливной горловины R стоит на гладкой горизонтальной поверхности широкой частью вниз, плотно прилегая к поверхности стола. Через небольшое отверстие выходной горловины внутрь воронки медленно наливают жидкость плотности ρ . Какова должна быть минимальная масса воронки, чтобы при полном её заполнении жидкость не начала вытекать из-под воронки. Ускорение свободного падения g . (Формула для объёма конуса $V = \frac{1}{3} S_{\text{осн}} H$, $S_{\text{осн}}$ – площадь основания, H – высота).

Решение

Предположим, что масса воронки чуть меньше искомой. Когда жидкость начнёт протекать между конусом и поверхностью стола, то конус и находящаяся в нём жидкость будут через тонкий слой жидкости оказывать давление на поверхность

стола

$$P = \frac{M + \rho gHS/3}{S} \quad \mathbf{56}$$

Площадь дна $S = \pi R^2$ **16**

То же давление может быть записано как давление столба жидкости

$$P = \rho gH \quad \mathbf{26}$$

Приравняв эти выражения, выразим массу воронки. Масса воронки должна быть не меньше найденной.

Ответ: $M = \frac{2}{3} \pi g \rho H R^2$ **26**