

Решения задач исследовательского тура. Физика. 1 день.

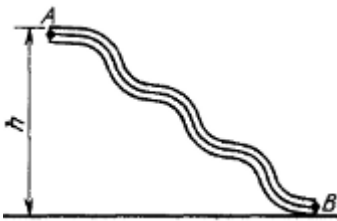
Исследовательское задание I

Перед Вами водные аттракционы:



По трубе, ведущей в воду, Вы промчитесь через всячески изогнутый лабиринт.

Представим схематично часть такого мокрого трубопровода, в котором Вы будете скользить, вытянувшись во весь рост:



Определите ускорение, с которым Вы начнёте двигаться из точки A . Можем принять рост человека $L = 1,6$ м, а высоту крайних точек тела человека $h = 1,44$ м.

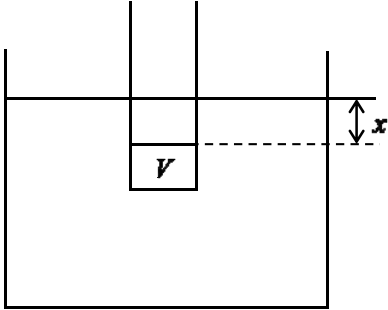
В связи с тем, что в тетради по **физике** на кыргызском языке (**в задании №1**) была допущена опечатка, каждому участнику олимпиады по физике будет добавлен **один балл за это задание**, независимо от того, на русском или кыргызском языке работал участник.

Исследовательское задание II

Тонкостенный стакан массой 157 г, в который налито некоторое количество воды, плавает в вертикальном положении в большом сосуде с водой. Разность уровней воды в сосуде и стакане равна 5,6 см.

Как будет изменяться разность уровней воды в сосуде и стакане, если доливать в плавающий стакан воду?

Решение исследовательского задания II



Если:

V – объём воды в стакане

V_1 – объём погружённой части стакана, то условие равновесия:

$$mg + \rho g V = \rho g V_1, \text{ где } m = 157 \text{ г.}$$

Очевидно, $V_1 = V + S \cdot x$, где $x = 5,6$ см

Получаем $x = \frac{m}{\rho \cdot S}$. Отсюда заключаем, что x не зависит от объёма воды в стакане.

Можно доказать это и аналитически.

Пусть объём воды, добавленной в стакан V_2 .

Тогда $mg + \rho g(V + V_2) = \rho g V_1^*$, где $V_1^* = V + V_2 + S \cdot x^*$

V_1^* – объём погружённой части стакана при добавлении в него воды.

$$mg = \rho g V_1^* - \rho g(V + V_2) \Leftrightarrow mg = \rho g(V + V_2 + S \cdot x^* - V - V_2)$$

$x^* = \frac{m}{\rho \cdot S}$, не зависит от количества налитой в стакан воды. Следовательно, разность уровней

воды в стакане и сосуде останется неизменной.

Критерии оценки исследовательского задания II (2 балла)

(0,5б) – Проявлено знание закона Архимеда.

(0,5б) – Правильно использовано условие плавания тел для стакана с водой.

(1б) – Проведён верный анализ физического смысла искомой формулы или сделан правильный аналитический расчёт.

Исследовательское задание III



Карлсон – это маленький толстенький человечек, который может летать сам по себе. Он нажимает кнопку на животе, и у него за спиной начинает работать хитроумный моторчик. Оцените возможность поднять себя, подобно Карлсону, если представить, что у Вас есть педальный моторчик, соединенный с пропеллером?

В справочниках по физике можно прочесть, что средняя мощность человека – это 150-300 ватт, плотность воздуха при нормальных условиях 1,2 кг/м³.

Уверены, что Вы знаете свой вес!

Допустимым (по сравнению с габаритами человека) является диаметр винта пропеллера 3м.

Решение исследовательского задания III

Пропеллер должен создавать силу тяги, которая хотя бы скомпенсирует Ваш вес:

$Mg = \frac{\Delta m \cdot v}{\Delta t}$, где $\Delta m \cdot v$ – импульс отбрасываемого пропеллером воздуха за время Δt .

Этот поток воздуха, отбрасываемого вниз, имеет сечение площадью $\frac{\pi D^2}{4}$ и скорость v .

Тогда $\Delta m v = \rho \frac{\pi D^2}{4} v^2 \Delta t$, а значит (*) $Mg = \frac{\rho \cdot \pi D^2 v^2}{4}$, где M – масса человека, ρ – плотность воздуха, D – диаметр винта пропеллера.

Работа педального моторчика должна обеспечить кинетическую энергию воздуха

$$\Delta W_k = \frac{\Delta m v^2}{2} = \frac{\rho \pi D^2 v^2}{4} \cdot \frac{v \cdot \Delta t}{2} = \frac{\rho \pi D^2 \cdot v^3 \cdot \Delta t}{8}$$

Тогда искомая мощность моторчика $N = \frac{\Delta W_k}{\Delta t}$

$$N = \frac{\rho \pi D^2 v^2}{4} \cdot \frac{v}{2} = \frac{Mg v}{2}, \text{ где } v \text{ найдем из (*)}$$

$$v = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{Mg}{\pi \rho}}$$

Примем массу человека $M = 47,1$ кг (удобно сократить с числом π)

$$\text{Тогда, } v \approx \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{47,1 \cdot 10}{3,14 \cdot 1,2}} \approx 7,5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{И мощность } N = \frac{47,1 \cdot 10 \cdot 7,5}{2} \approx 1755 (\text{Вт})$$

Увы, человек при длительной работе мышц развивает примерно в 10 раз меньшую мощность. Так что взлететь с педальным моторчиком человек не сможет.

Критерии оценки исследовательского задания III (5 баллов)

(0,56) – Верно установлена физическая природа подъёмной силы пропеллера и показана её связь с изменением импульса воздушных масс.

(0,56) – Правильно указано направление потока воздуха при работе пропеллера.

(26) – Найдена связь кинетической энергии воздушного потока и работы мотора по его созданию.

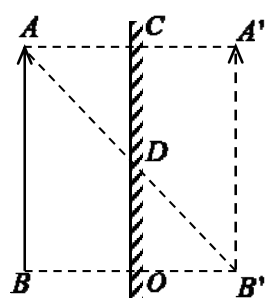
(26) – Получена верная расчётная формула мощности мотора и произведён расчёт. Сделано сравнение необходимой мощности и мощности на пределе человеческих усилий.

Исследовательское задание IV



Оцените, какого наименьшего размера должно быть плоское зеркало, чтобы, кошка увидела себя во весь рост? Рост сидящей кошки на картинке примем равным 60 см.

Решение исследовательского задания IV



В плоском зеркале изображение $A'B'$ равно высоте предмета AB .

Из законов отражения света следует также, что $AC = A'C$.

Необходимо, чтобы из т.А были видны обе точки A' и B'

Сначала построили изображение предмета в плоском зеркале высотой CO , равной высоте сидящей кошки. Тогда в треугольнике $AA'B'$

отрезок CD является средней линией. Значит, $CD = \frac{A'B'}{2} = \frac{AB}{2}$

В данном задании $CD = \frac{60 \text{ см}}{2} = 30 \text{ см}$

Кошка будет полностью отражена в зеркале высотой 30 см.

Критерии оценки задания IV (1 балл)

(0,56) – Проведено правильное построение изображения предмета в плоском зеркале. Сделана аргументация на основании законов отражения света.

(0,56) – Сделано верное геометрическое обоснование того, что $CD = \frac{A'B'}{2}$