Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) Заочная физико-техническая школа

ФИЗИКА

Статика. Равновесие твёрдых тел и жидкостей

Решение задания №4 для 9-х классов

(2020 - 2021 учебный год)



г. Долгопрудный, 2020

Составитель: В.И. Чивилев, доцент кафедры общей физики МФТИ.

Физика: решение задания №4 для 9-х классов (2020 — 2021 учебный год). 2020, 7 с.

Составитель:

Чивилев Виктор Иванович

Подписано в печать $15.12.\overline{20}$. Формат $60\times90~1/16$. Бумага типографская. Печать офсетная. Усл. печ. 0,43. Уч.-изд. л. 0,38.

Заочная физико-техническая школа Московского физико-технического института (национального исследовательского университета)

Институтский пер., 9, г. Долгопрудный, Москов. обл., 141700. 3ФТШ, тел. (495) 408-51-45 — **заочное отделение**, тел. (498) 744-63-51 — **очно-заочное отделение**, тел. (498) 744-65-83 — **очное отделение**.

e-mail: zftsh@mail.mipt.ru

Haш сайт: https://zftsh.online/

© МФТИ, ЗФТШ, 2020

Все права защищены. Воспроизведение учебно-методических материалов и материалов сайта ЗФТШ в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения правообладателей.

Контрольные вопросы

- 1. Это тело, расстояние между частями которого не изменяется при действии на него сил.
- 2. Свободный вектор можно переносить параллельно самому себе, а силу только вдоль линии её действия.
 - 3. Можно, вдоль линии действия силы.
- 4. Пассажир находится в равновесии относительно системы отсчёта, связанной с катером. Пассажир не находится в равновесии относительно системы отсчёта, связанной с Землёй.
 - **5.** 120°
- **6.** а) Равнодействующая сила направлена противоположно силе \overrightarrow{F}_3 , приложена к телу в точке пересечения сил и равна

$$32(\sqrt{2}-1)$$
H $\approx 13, 3$ H.

- б) Равнодействующая сила равна нулю.
- 7. При последовательном сложении сил получится пара сил. В начальный момент ускорение центра масс $\vec{a} = (\vec{F}1 + \vec{F}2 + \vec{F}3)/m = 0$. Пластина начнёт вращаться вокруг центра масс против часовой стрелки.
- 8. Продолжение нити должно проходить через центр шара, поскольку сумма моментов всех действующих на шар сил относительно центра шара должна быть равна нулю (см. задачу 9 в §9 Задания).
- **9.** Модуль равнодействующей $R = F_1 + F_2 = 12$ Н. Равнодействующая параллельна силам \vec{F}_1 и \vec{F}_2 и направлена в сторону действия этих сил (рис. 1). Линия MN действия равнодействующей пересекает отрезок АВ на расстоянии 105 см от точки B и 35 см от точ-А. Приложить равнодействующую можно в любой точке на линии ее действия, например, в точке O.

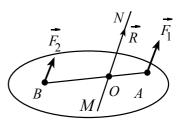


Рис. 1

Указание: приравнять момент равнодействующей к сумме моментов сил \overrightarrow{F}_1 и \overrightarrow{F}_2 относительно любой оси, например, оси, проходящей через точку A или точку B.

10. Модуль равнодействующей $R = F_2 - F_1 = 1$ H. Равнодействующая \vec{R} параллельна силе \vec{F}_2 , направлена в сторону \vec{F}_2 . Линия MN действия равнодействующей пересекает продолжение отрезка AB в точке O на расстоянии 60 см от точки B (рис. 2). Приложить равнодействующую можно в любой точке на линии её действия, например в точке O.

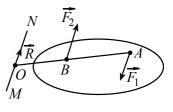


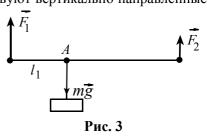
Рис. 2

Указание: приравнять момент равнодействующей к сумме моментов сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 относительно любой оси, например, оси, проходящей через точку A или точку B.

11. Сумма моментов силы тяжести $m\vec{g}$ и приложенной к одному из концов балки силы \overrightarrow{F} относительно оси, проходящей через другой конец, равна нулю. Отсюда

$$F = mg / 2 \approx 240 \text{ H}$$
.

12. На палку длиной l = 2,1 м действуют вертикально направленные силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 со стороны мужчины и женщины и груз массой т с силой $m\vec{g}$ (рис. 3). Пусть груз подвешен на расстоянии l_1 от мужчины. В инерциальной системе отсчета, связанной с переносчиками груза, палка находится в равновесии.



Запишем условие равновесия палки для моментов сил относительно оси A, проходящей через точку подвеса груза: $F_1l_1 - F_2(l-l_1) = 0$.

По условию $F_1 = 2F_2$. Из записанных уравнений находим, что груз надо подвесить на расстоянии $l_1 = 0,7$ м от мужчины.

- 13. В жидкостях и газах нет сил, препятствующих сдвигу с бесконечно малыми скоростями одних слоёв жидкости (газа) относительно других.
- 14. Да, выполняется, т. к. жидкость (газ) можно сжать в невесомости и давление будет передаваться во все точки жидкости (газа). Это можно утверждать, поскольку в формулировке закона Паскаля не упоминается сила тяжести.

- **15.** Не зависит, т. к. плотность жидкости и объём тела не изменяются с глубиной и поэтому не изменяется и вес вытесненной жидкости.
 - 16. Сила Архимеда равна нулю, т. к. вес жидкости (или газа) равен нулю.
 - 17. Повернётся по часовой стрелке.

Решение. Причина поворота — несовпадение центра масс шара (с полостью) и точки приложения силы Архимеда, совпадающей с центром вытесненного объёма воды, т. е. с центром шара. При погружении в воду появится момент сил относительно точки подвеса, вращающий шар по часовой стрелке. Шар повернется и окажется в новом положении равновесия. Следует заметить, что ответ и решение те же, если полость достаточно велика и шар плавает.

Задачи

- 1. Пусть F_1 и F_2 горизонтальная и вертикальная составляющие силы F в т. C, а Q_1 и Q_2 горизонтальная и вертикальная составляющие силы Q в т. B. Из условия равновесия стержня в горизонтальном направлении следует, что горизонтальная составляющая $F_1 = Q_1 = 0,3$ Н. Вертикальная составляющая F_2 силы F в т. C равна $F_2 = \sqrt{F^2 F_1^2} = 0,4$ Н. Запишем условие равновесия стержня в проекциях на вертикальную ось: $F_2 + Q_2 mg = 0$. Отсюда $Q_2 = mg F_2 = 0,6$ Н .
 - 2. N = 3mg/8.

Решение. На стержень действует шарнир в т. A, шар с направленной вдоль радиуса шара силой N в т. B и сила тяжести mg, приложенная в центре стержня и направленная вертикально вниз. Уравнение равновесия стержня для моментов сил относительно оси A:

$$-N\frac{2}{3}l + mg\frac{l}{2}\sin\alpha = 0.$$

Здесь l – длина стержня. Отсюда находим N.

3. Рассмотрим сплошной шар радиусом R с центром масс в т. C, состоящий из шара радиусом r=3R/4 с центром масс в т. C_1 и искомого шара с полостью с центром масс в т. C_2 (рис. 4). Ясно, что $CC_1=R-r$. Пусть плотность железа ρ . Массы шаров с радиусами R и r

$$m = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho, \quad m_1 = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho.$$

Масса шара с полостью

$$m_2 = m - m_1 = \frac{4}{3}\pi\rho(R^3 - r^3)$$

Имеем:
$$\frac{CC_2}{CC_1} = \frac{m_1}{m_2}$$
.

$$CC_2 = \frac{m_1}{m_2}CC_1 = \frac{r^3}{R^3 - r^3}(R - r) = \frac{27}{148}R.$$

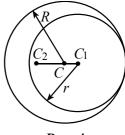


Рис. 4

Ответ: $\frac{27}{148}R$.

4. На доску действует перпендикулярная стене сила \overrightarrow{N}_1 , сила тяжести ту, сила нормального давления со стороны пола \overrightarrow{N} и сила трения $\overrightarrow{F}_{\text{тр}}$ (рис. 5). Из уравнения равновесия, записанного для проекций сил на вертикальную ось y, следует, что N = mg. В критической ситуации, когда доска на грани скольжения по полу,

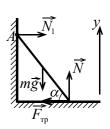


Рис. 5

$$F_{\text{\tiny TP}} = \mu N = \mu mg$$
.

Запишем уравнение равновесия для моментов сил относительно оси A.

$$mg\frac{l}{2}\cos\alpha + F_{\text{TP}}l\sin\alpha - Nl\cos\alpha = 0.$$

Здесь l – длина доски. Из записанных уравнений находим, что для критической ситуации $tg\alpha = \frac{1}{2\mu} = 1$, т. е. $\alpha = 45^{\circ}$. При $\alpha > 45^{\circ}$ доска не поедет, при $\alpha = 45^{\circ}$ доска может ехать, может и покоиться.

Ответ: $\alpha > 45^{\circ}$.

- **5.** Пусть плотность дерева ρ , объём куска V, $\rho_0 = 1 \, \text{г/см}^3 \text{плот-}$ ность воды. Сила Архимеда равна весу куска: $0.7V \rho_0 g = V \rho g$. Отсюда $\rho = 0.7 \, \rho_0 = 0.7 \, \text{г/см}^3$.
- **6.** Пусть начальная и конечная высоты воды в сосуде равны H_1 и H_2 , m масса содержимого сосуда, P_0 атмосферное давление. До таяния льда на содержимое сосуда действовала вниз сила тяжести mg, сила натяжения T, сила со стороны атмосферного воздуха, равная P_0S . Вверх действовала со стороны дна сила, равная $(P_0 + \rho g H_1)S$. После таяния льда на содержимое действовали вниз силы, равные mg и P_0S , а вверх действовала сила со стороны дна, равная $(P_0 + \rho g H_2)S$. Условие равновесия содержимого до и после таяния:

$$(P_0 + \rho g H_1)S = mg + T + P_0 S,$$

 $(P_0 + \rho g H_2)S = mg + P_0 S.$

Вычитая из нижнего уравнения верхнее, получаем

$$\rho g(H_2 - H_1) = -T.$$

Отсюда
$$\Delta H = H_2 - H_1 = -\frac{T}{\rho gS} = -5 \text{ мм} < 0.$$

Итак, уровень понизится на 5 мм.