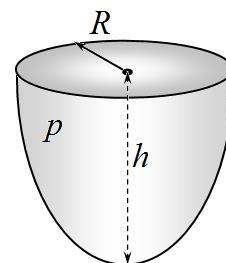


-3. Все о давлении! Часть 1. Сила давления на кривую стенку

Условие

Задача 9-3. Все о давлении!



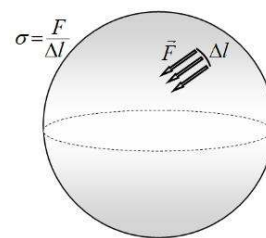
Часть 1. Сила давления на кривую стенку.

Сосуд имеет форму эллипсоида вращения, высота сосуда h . Сосуд герметично закрыт круглой плоской крышкой радиуса R . В сосуде находится газ под давлением p . Рассчитайте силу давления газа на искривленные стенки сосуда. Укажите направление этой силы.

Часть 2. Натяжение воздушного шарика.

Воздушный шарик имеет форму сферы радиуса R . Внутри шарика находится воздух под давлением p , атмосферное давление равно p_0 . Найдите натяжение резиновой пленки шарика σ .

Силы натяжения резиновой пленки действуют по касательной к ее поверхности. Чтобы охарактеризовать натяжение пленки поступают следующим образом. На поверхности мысленно выделяют небольшой отрезок длиной Δl и находят суммарную силу, действующую на этот отрезок. Отношение этой силы к длине отрезка и называется натяжением пленки.



Часть 3. Магдебургские полушария.



Рассмотрим опыты О. Герике со знаменитыми магдебургскими полушариями для демонстрации силы давления воздуха и изобретённого им воздушного насоса. В эксперименте использовались «два медных полушария около 14 дюймов (35,5 см) в диаметре, полые внутри и прижатые друг к другу». Из собранной сферы выкачивался воздух, и полушария удерживались давлением внешней атмосферы.

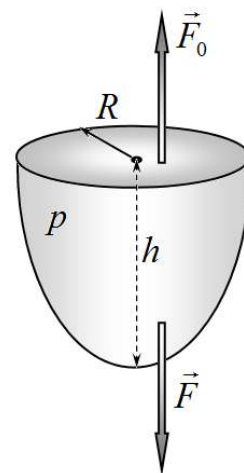
В 1654 в Регенсбурге Отто фон Герике продемонстрировал эксперимент рейхстагу в присутствии императора Фердинанда III. После выкачивания из сферы воздуха, 16 лошадей (по 8 с каждой стороны) не смогли разорвать полушария.

3.1 Рассчитайте, какую силу надо приложить к полушариям, чтобы их разорвать. 3.2 Рассчитайте, с какой силой должна тянуть каждая лошадь, чтобы разорвать полушария. Атмосферное давление считайте равным $p_0 = 1,0 \cdot 10^5$ Па. Считайте, давление воздуха внутри полушарий значительно меньше атмосферного.

Решение

Задача 9-3. Все о давлении!

Часть 1. Сила давления на кривую стенку.

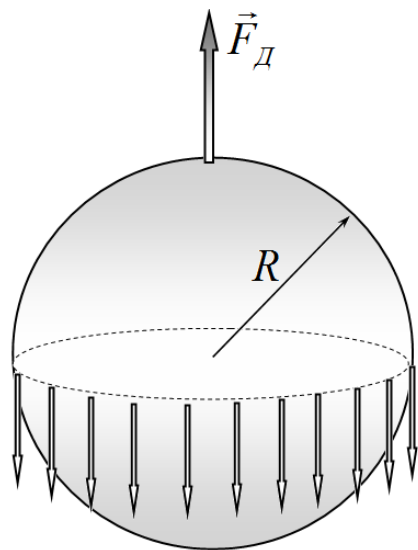


Газ изнутри не может сдвинуть сосуд, следовательно, суммарная сила давления, действующая на внутреннюю поверхность сосуда равна нулю (конечно, имеется в виду векторная сумма сил давления на все стенки сосуда). Сила давления на плоскую крышку равна

$$F_0 = pS = \pi R^2 p \quad (1)$$

и направлена перпендикулярно плоскости крышки. Следовательно, сила давления на стенки направлена в противоположную сторону (но также перпендикулярно крышке). Ее модуль также определяется по формуле (2).

Часть 2. Натяжение воздушного шарика.



Пленка шарика находится в равновесии. Поэтому векторная сумма сил, действующих на любую часть пленки, равна нулю.

Рассмотрим верхнюю половину сферической пленки шарика (см. рис.). Разность сил давлений газ изнутри и наружного воздуха, направлена вертикально вверх и по модулю равна

$$F_D = \pi R^2(p - p_0). \quad (1)$$

Эта сила уравнивается силами натяжения пленки, действующими вдоль «экватора», которая равна

$$F_H = \sigma l = 2\pi R\sigma. \quad (2)$$

Из равенства этих сил следует

$$\pi R^2(p - p_0) = 2\pi R\sigma \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{R(p - p_0)}{2}. \quad (3)$$

Часть 3. Магдебургские полушария.

3.1 Сила, которую должны приложить к полушариям, по модулю равна силе атмосферного давления, действующую на одно полушарие. Эта сила вычисляется по формуле, которую уже дважды использовали при решении этой задачи

$$F = \frac{\pi D^2}{4} p = \frac{\pi \cdot 0,355^2}{4} 1,0 \cdot 10^5 = 9,9 \cdot 10^4 \text{ Н}. \quad (4)$$

3.2 Эту силу следует разделить на восемь (а не на шестнадцать!) лошадей, следовательно, сила, приходящаяся на одну лошадь равна

$$F_1 \approx 1,2 \cdot 10^4 \text{ Н} \quad (5)$$