

Кубок ЛФИ 2023

9.s04.e04

*Алмаз — это кусок угля,
успешно переживший стресс.
Народная мудрость*

Неогранённые таланты Паши Шишкина

Паша Шишкин решил подготовить задачу на экспериментальный тур регионального этапа по физике и сделать её по-настоящему блестящей. В Шестёрочке он нашёл шар из графита радиуса R_1 и неограниченное количество канцелярских резинок в виде колечек известного радиуса, шириной δ и толщиной h . Жёсткость всех резинок равна k и **не изменяется при любых растяжениях**. Он поставил себе цель сделать из графитового шара алмаз. Для этого он начал обжимать шар канцелярскими резинками по следующей технологии:

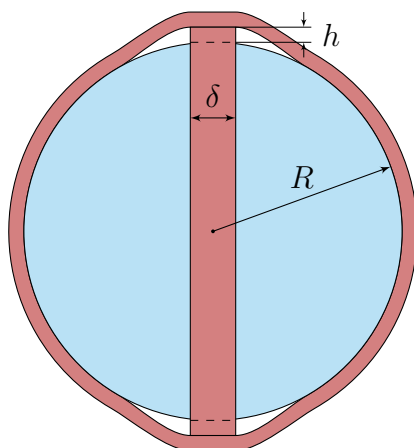
- Каждая резинка делает только один оборот и не имеет самопересечений.
- Радиус растянутой резинки совпадает с радиусом того слоя, на который она натягивается, и обязательно лежит в диаметральной плоскости шара (см. рис.).
- Резинки надеваются так, чтобы форму можно было считать шаром в пределах погрешности эксперимента.
- Трения между резинками нет, гравитация на них не действует.



Опыт 1. Подгоночный Подготовительный

Пусть резинка имеет ширину δ и толщину h , а радиус шара R . Паша надел на него первую резинку, а затем надел вторую так, что их плоскости перпендикулярны друг другу.

1. (2 балла) Оцените разницу деформаций первой и второй резинки, если их начальный радиус был равен $R_0 < R$, считая $h \ll R$ и $\delta \sim h$.
2. (Респект Паше Шишкина) Найдите объём полости, образованной пересечением этих резинок и соотношение между δ , h и R , при котором суммарным объёмом таких полостей можно пренебречь.



В следующих опытах считайте, что:

- Паша настолько талантливый экспериментатор, что объёмом воздуха внутри шара из резинок можно пренебречь вне зависимости от того, какие у них линейные размеры.
- При сжатии объём шара изменяется по закону $V = V_0 (1 - \alpha P)$, где $\alpha = 3 \cdot 10^{-11} \text{ Па}^{-1}$ — коэффициент сжимаемости в опытах, V_0 — начальный объём, V и P — объём шара и оказываемое на него давление.
- Давление фазового перехода из графита в алмаз при комнатной температуре 27°C считайте равным 10 ГПа.

Опыт 2. Теплопроводящие резинки фиксированной площади поперечного сечения

В рамках этого эксперимента Паша отобрал те резинки, которые при деформации не изменяли свою площадь поперечного сечения и хорошо проводили теплоту. Радиус этих резинок в недеформированном состоянии был $R_0 = 1 \text{ см}$, ширина $\delta = 500 \text{ мкм}$, толщина $h = 80 \text{ мкм}$, жёсткость $k = 32 \text{ Н/м}$, а радиус графитового шара $R_1 = 1 \text{ м}$.

3. (4 балла) Какое количество резинок потребуется Паше Шишкину, чтобы превратить графит в алмаз?

Опыт 3. Теплопроводящие резинки фиксированного объёма

Павел продолжил свои опыты в Шестёрочке и отобрал те резинки, которые при деформации не изменяли свой объём и также хорошо проводили теплоту. Радиус резинок этого типа в недеформированном состоянии был $R_0 = 95$ см, ширина $\delta = 1$ см, толщина $h = 40$ мкм, жёсткость $k = 400$ Н/м.

4. (4 балла) Какое количество резинок потребуется Паше Шишкину, чтобы превратить графит в алмаз?

Замечание. В конце экспериментального тура вы можете съесть получившийся алмаз.

Первая подсказка — 15.05.2023 20:00 (МСК)

Вторая подсказка — 17.05.2023 12:00 (МСК)

Окончание четвёртого тура — 19.05.2023 20:00 (МСК)

Разбор четвёртого тура — 19.05.2023 20:00 (МСК)