

-2. Необычные пленки!? Не нравятся длинные условия? Тогда думайте сами!

Условие

Задание 10-2. Необычные пленки!?

Не нравятся длинные условия? Тогда думайте сами!

В задании рассматриваются свойства двух типов пленок с необычными свойствами. Отметим, что свойства различных веществ определяются их энергетическими характеристиками, а именно зависимостью внутренней энергии от объема и температуры.

Часть 1. Пленка №1

Изучим свойства тонкой почти невесомой пленки, внутренняя энергия которой пропорциональна ее площади и не зависит от температуры

$$U = aS, \quad (1)$$

где a - постоянный известный коэффициент. Внутренняя энергия пленки от температуры явно не зависит.

1.1 Чему равна площадь пленки в свободном состоянии?

Из пленки вырезали полоску длиной l и шириной h , для использования ее в качестве пружины. Пленку растягивают вдоль длинной стороны.

****1.2 Найдите зависимость силы упругости, возникающей в пленке от ее удлинения Δl , если ее ширина h при растяжении не изменяется.****

Из пленки изготовили шар, заполненный одним молем одноатомного идеального газа, и поместили в условия, когда внешнее давление отсутствует (например, отправили в космос).

1.3 Найдите зависимость радиуса шара от давления газа внутри него. 1.4 Найдите зависимость радиуса шара от температуры газа внутри него. 1.5 Найдите теплоемкость шара вместе с газом внутри.

1.6 Какая известная Вам пленка обладает рассмотренными свойствами?

Часть 2. Пленка №2

Потенциальная энергия пленки зависит от ее площади по закону

$$U = bS^n. \quad (2)$$

(b - известный коэффициент, показатель степени $n > 0$) и явно не зависит от температуры. Из пленки изготовили шар, заполненный одним молем одноатомного идеального газа, и поместили в условия, когда внешнее давление отсутствует (например, отправили в космос).

2.1 Найдите теплоемкость газа внутри шара.

Так уж и быть – поможем! Для расчета сил и давлений удобно использовать простой принцип: **работа силы (подумайте какой) равна изменению энергии (подумайте, чего)**. Помогло? Тогда воспользуйтесь еще одной математической формулой. Если $y = x^n$, то при малых Δx (и любых n)

$$\Delta y = nx^{n-1}\Delta x.$$

Решение

Задача 2. Сила Лоренца Решение

2.1 Сила Ампера, действующая на проводник в однородном магнитном поле, описывается формулой

$$F = IBL. \quad (1)$$

2.2 Силу, действующую на стержень, можно рассчитать по углу отклонения проводов φ , на которых подвешен стержень. Для этого можно воспользоваться формулой

$$F = mg \operatorname{tg} \varphi = mg \frac{x}{\sqrt{x^2 + s^2}}, \quad (2)$$

где x - горизонтальное смещение стержня, которое может быть измерено в ходе эксперимента, s - длина проводов, на которых подвешен стержень.

2.3 «Эффективная длина проводника L » - длина части проводника, находящегося в магнитном поле. На рисунке схеме показано, что она примерно равна ширине магнита b . Однако, у краев магнита поле не является однородным, частично выходит из области между магнитами. Поэтому можно уточнить значение эффективной длины:

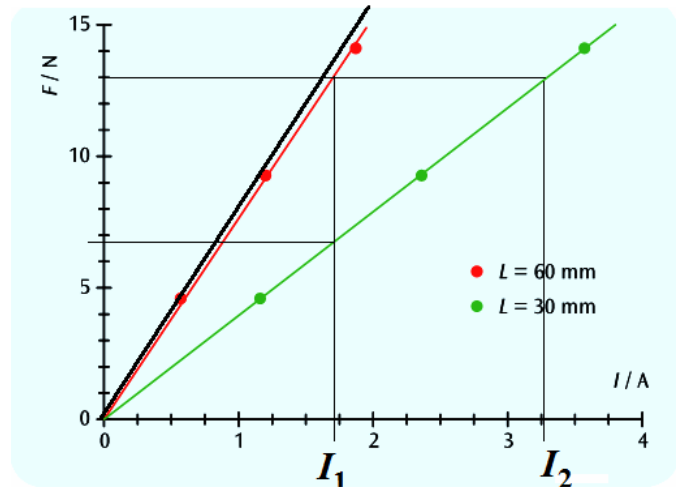
$$L = b + d, \quad (3)$$

где d - ширина зазора между полюсами магнита. Для изменения этой величины следует повернуть магниты на 90° .

2.4 Для проверки соответствия графиков и численных значений эффективной длины, можно измерить и рассчитать отношения коэффициентов наклона графиков. Так, например, при постоянной силе (горизонтальная прямая на графике), отношение соответствующих сил токов должно удовлетворять формуле

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{L_1}{L_2} = 2. \quad (4)$$

Однако, по данным графика оно заметно меньше. Поэтому есть незначительное несоответствие. Заметно, что зависимость $F(I)$ при большем значении L (стержень ориентирован вдоль длинной стороны магнита) слегка отклоняется от линейной. По-видимому, это связано с тем, что при большем отклонении стержня он уходит из области однородного магнитного поля. Поэтому лучше провести прямую по точке, соответствующей минимальному углу отклонения. Таким образом, следует доверять графику зависимости при меньшей эффективной длине проводника.



2.5 Индукция магнитного поля, как следует из формулы (1), равна

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{13\text{Н}}{3,2\text{А} \cdot 30 \cdot 10^{-3}\text{мм}} = 135\text{Тл}. \quad (4)$$

Это поле слишком сильное, создать такое поле постоянные магниты не могут. Скорее всего, сила измеряется в миллиньютонах. Можно также предположить, что масса стержня в килограммах, или сила тока в килоамперах – что маловероятно! Можно также отметить, что если верить графику (ньютонам), то тангенс угла отклонения проводов равен

$$F = mg \operatorname{tg} \varphi \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \frac{F}{mg} = \frac{13}{6,23 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8} \approx 213,$$

Это означает, провода подвеса отклонились почти горизонтально (отклонение от горизонтали примерно $0,3^\circ$). Если же считать, что сила измерена в мН, то угол отклонения равен примерно 12° - вполне разумное значение.

Поэтому окончательный результат: индукция магнитного поля равна

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{13 \cdot 10^{-3} \text{ Н}}{3,2 \text{ А} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \text{ мм}} = 0,14 \text{ Тл}. \quad (5)$$

Вполне разумное значение для неодимовых магнитов!