



1?? Найдите удлинения пружин  $\Delta x_1$ ,  $\Delta x_2$  и упругой ленты  $\Delta x$  для двух значений внешней силы:  $F = 1,0$  Н и  $F = 20$  Н.

Пусть  $F_1$  — сила упругости ленты и первой пружины, а  $F_2$  — сила упругости второй пружины. Сила  $F$ , с которой растягивают данную систему, уравнивается данными силами  $F_1$  и  $F_2$ :

$$F = F_1 + F_2.$$

Закон Гука для пружин:  $F_1 = k\Delta x_1$  и  $F_2 = k\Delta x_2$ .

Суммарное удлинение первой пружины и ленты равно удлинению второй пружины:

$$\Delta x_1 + \Delta x = \Delta x_2.$$

Из этих уравнений получим:

$$\Delta x = \Delta x(F_1) = \frac{F}{k} - \frac{2}{k}F_1, \quad (1)$$

или

$$F_1(\Delta x) = \frac{F}{2} - \frac{k}{2}\Delta x. \quad (1')$$

При  $F_1 < 1$  Н лента ведёт себя как пружина с коэффициентом жёсткости  $k_0 \approx 120$  Н/м, который можно определить с помощью коэффициента наклона касательной к начальному участку графика. Следовательно, зависимость удлинения ленты от растягивающей её силы можно выразить как:

$$F_1 = k_0\Delta x. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим

$$\Delta x = \frac{F}{k} - \frac{2k_0}{k}\Delta x$$

или

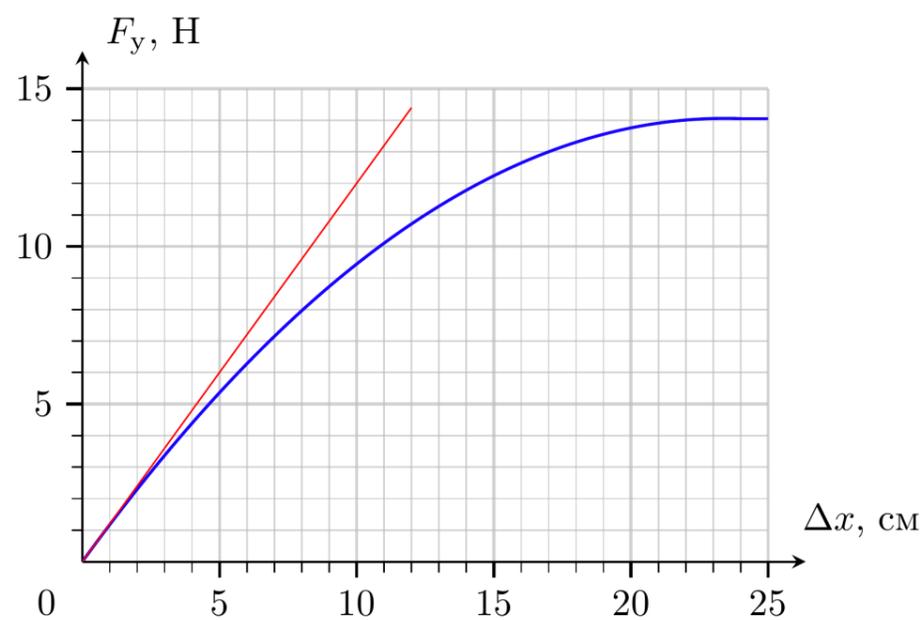
$$\Delta x = \frac{F}{2k_0 + k} \approx 2,9 \text{ мм.}$$

Тогда

$$\Delta x_1 = \frac{F_1}{k} = \frac{k_0}{k}\Delta x = \frac{k_0 F}{(2k_0 + k)k} \approx 3,5 \text{ мм}$$

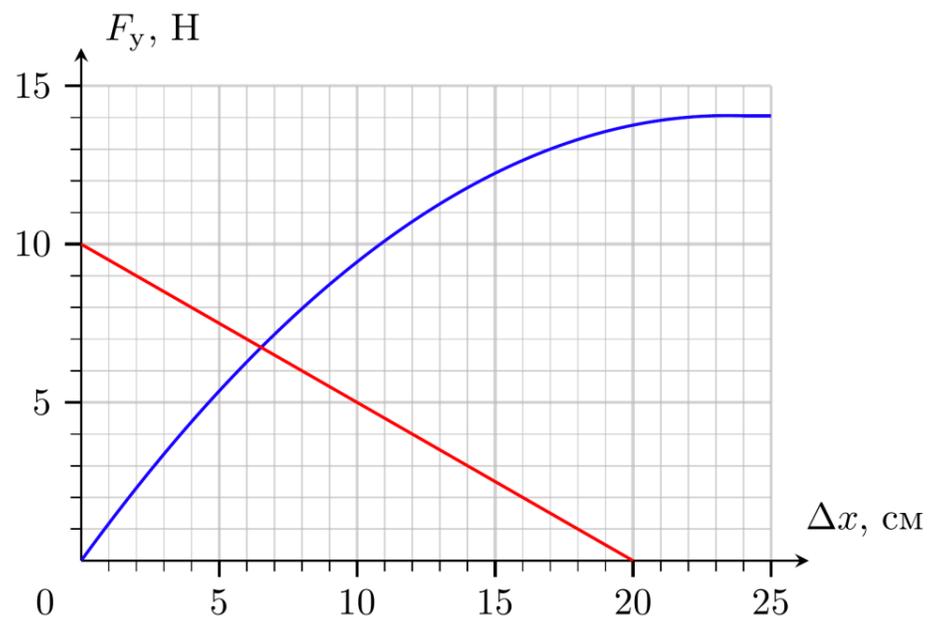
и

$$\Delta x_2 = \Delta x_1 + \Delta x \approx 6,4 \text{ мм.}$$



Ответ:  $\Delta x \approx 2,9$  мм,  $\Delta x_1 \approx 3,5$  мм,  $\Delta x_2 \approx 6,4$  мм.

Для нахождения растяжений при  $F = 20$  Н построим зависимость (1') (аналог нагрузочной прямой из электричества) на графике из условия.



Пересечение этих прямой и кривой позволяет найти силу упругости ленты  $F_1 \approx 6,7$  Н и её удлинение

$$\Delta x \approx 6,5 \text{ см.}$$

Следовательно, удлинение первой пружины

$$\Delta x_1 = \frac{F_1}{k} \approx 6,7 \text{ см}$$

и удлинение второй пружины

$$\Delta x_2 = \Delta x_1 + \Delta x \approx 13,2 \text{ см.}$$

Ответ:  $\Delta x = 6,5$  см,  $\Delta x_1 = 6,7$  см,  $\Delta x_2 = 13,2$  см.

2?? С какой максимальной внешней силой  $F_{\max}$  можно растягивать систему, если лента рвётся при удлинении  $\Delta x_{\max} = 25$  см?

Угловой коэффициент прямой ( $l'$ ) не зависит от прикладываемой силы. Проведём прямую с таким угловым коэффициентом через крайнюю точку графика (25 см, 14 Н) либо решим уравнение аналитически, подставив в соответствующие значения.

$$F_1 = \frac{F_{\max}}{2} - \frac{k}{2} \Delta x_{\max}.$$

Тогда максимальная сила:

Ответ:  $F_{\max} = 53$  Н.

 Website in English

2020 — Мы те, кого должны превзойти.