

$$\frac{v_0^2}{2} = G \frac{M}{r} - G \frac{M}{r+h} = G \frac{M}{r} \left(1 - \frac{r}{r+h}\right) = g_0 r \frac{h}{r+h}$$

$$\frac{v_0^2}{2g_0} r + \frac{v_0^2}{2g_0} h = rh \Rightarrow \bar{h} = \frac{v_0^2}{2g_0} \frac{1}{1 - \frac{v_0^2}{2g_0 r}} = \frac{h}{1 - \frac{h}{r}} \approx 0,695 \cdot 10^3 \text{ м} \quad (19)$$

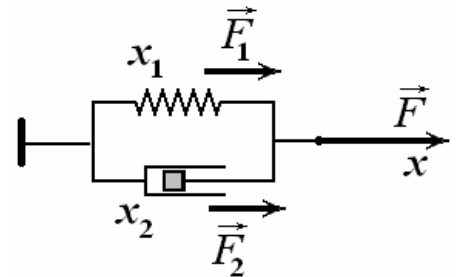


Задание 2. Реология

Часть 1. Демпфер и пружина.

1.1 Деформации элементов одинаковы, а внешняя сила уравнивается силой упругости пружины и демпфера:

$$\begin{cases} x_1 = x_2 = x \\ F_1 + F_2 = F \end{cases} \quad (1).$$



Используя формулы (1) и (2) из условия задачи составим уравнение:

$$kx + av = F \quad (2),$$

Из которого получаем выражение для скорости

$$v = \frac{F - kx}{a} \quad (3).$$

Зависимость скорости деформации от величины деформации представляет собой отрезок прямой, пересекающей ось v в точке $\frac{F}{a}$ и ось x в точке $\frac{F}{k}$.

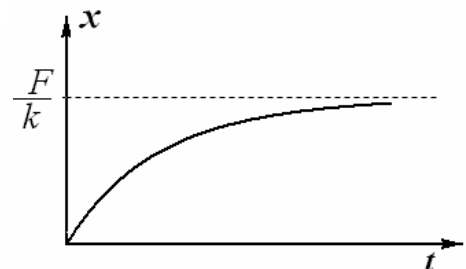
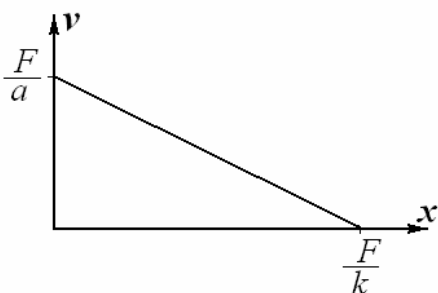
В начальный момент времени деформация отсутствует, $x = 0$, поэтому скорость деформации будет максимальна и равна:

$$v_0 = \frac{F}{a} \quad (4).$$

Затем, по мере увеличения деформации, скорость деформации будет становиться все меньше и меньше (асимптотически приближаться к нулю).

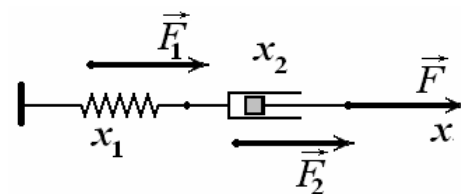
Величина деформации x вначале достаточно быстро увеличивается, а затем, т.к. скорость уменьшается, постепенно приближается своему равновесному значению:

$$x_p = \frac{F}{k} \quad (5).$$

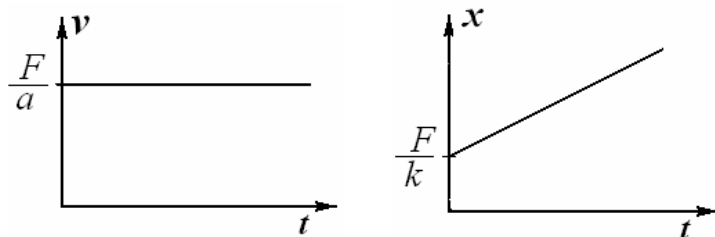


1.2 При последовательном соединении величина деформации равна сумме деформаций каждого элемента, а сила F оказывается приложенной и к пружине и к демпферу (элементы невесомые).

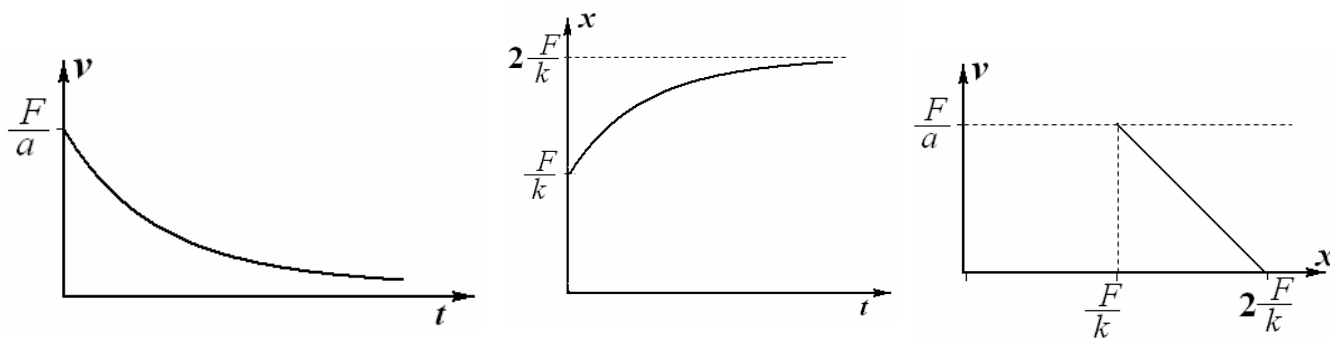
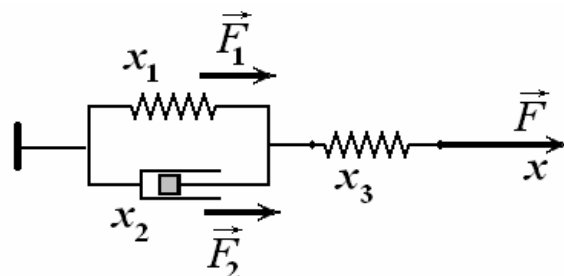
$$\begin{cases} x_1 + x_2 = x \\ F_1 = F_2 = F \end{cases} \quad (6)$$



Следовательно, скорость деформации мгновенно достигнет значения (4) и не будет изменяться с течением времени. Величина деформации также мгновенно достигнет значения (5), а затем будет линейно увеличиваться.



1.3 Смешанное соединение приведет к тому, что в начальный момент времени произойдет мгновенная деформация на величину (5). Затем деформация будет повторять таковую, описанную в первом пункте задачи. Т.е. скорость в начальный момент будет равна (4), а затем будет уменьшаться. А деформация будет увеличиваться и приближаться к значению $2F/k$. На графике зависимости $v(x)$ также произойдет смещение на величину F/k .



Часть 2. Фрикцион и пружина.

При параллельном соединении фрикциона и пружины сила F уравнивается силой упругости пружины и силой трения возникающей внутри фрикциона. До тех пор пока значение силы не превысит f , деформация будет отсутствовать (отрезок 1 на графике $x(F)$). Когда сила трения внутри фрикциона превращается в силу трения скольжения (т.е. остается постоянной и равной f) между силами выполняется соотношение:

$$F = kx + f \quad (7).$$

Т.е. зависимость деформации от величины силы представляет собой линейную зависимость:

$$x = \frac{1}{k} F - \frac{f}{k} \quad (8).$$

Максимальная деформация составит величину:

$$x_M = \frac{f}{k} \quad (9).$$

Этот процесс изображен отрезком 2 на графике.

Как только сила F начнет уменьшаться, сила трения в фрикционе снова станет силой трения покоя и деформация прекратится. По мере уменьшения приложенной силы, сила трения покоя будет уменьшаться и достигнет нулевого значения при $F = f$. Далее сила трения покоя поменяет направление на противоположное и начнет возрастать, однако деформация не начнет до тех пор пока сила трения не достигнет значения f , а это произойдет только в тот момент, когда внешняя сила F станет равной нулю. Только тогда пружина начнет сжиматься. Поэтому при уменьшении силы от $2f$ до нуля график зависимости деформации от силы будет представлять горизонтальный отрезок 3.

Далее внешняя сила начнет сжимать систему. Сила трения в фрикционе будет являться силой трения скольжения и будет препятствовать сжатию с силой f . При максимальной сжимающей силе $F = -2f$ деформация достигнет максимального значения, модуль которой равен (7). Этот процесс изображен отрезком 4.

Затем возникнет аналогичная ситуация, и деформация будет оставаться неизменной до тех пор, пока модуль внешней силы не станет равным нулю, после чего деформация опять начнет линейно увеличиваться. Последние процессы изображаются отрезками 5 и 6 соответственно.

