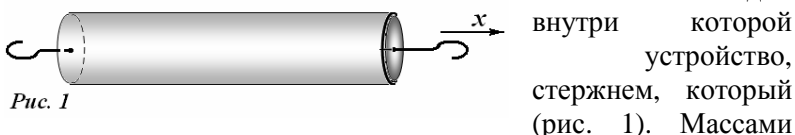


Задание 2. Реология

Реология – наука о деформации, пластичности, вязкости трении в различных средах. Описание реальных процессов изменения формы тел – очень сложная физическая задача. Однако хорошее качественное и количественное описание некоторых процессов деформации можно провести, используя так называемые реологические модели.

В этой задаче мы предлагаем Вам рассмотреть некоторые модели, используемые для описания одномерных деформаций. Все эти модели состоят из трех типов основных элементов.

Каждый элемент можно представить, как длинную трубку, находится некоторое простое соединенное с тонким выдвижным может двигаться в обоих направлениях. Во всех случаях деформацией и скоростью деформации элемента будем называть смещение и скорость конца выдвижного стержня.



Вам предстоит рассмотреть некоторые реологические модели, состоящие из соединенных различным образом элементов, и качественно построить графики зависимостей величины и скорости деформации. Качественное изображение зависимостей отражает лишь суть процесса и не требует указания масштаба и точного построения прямых и кривых. Однако обязательным является указание точек, в которых ход процесса существенно изменяется, а также точек пересечения с осями и асимптот (предельных значений). Вам также необходимо объяснить ваши построения.

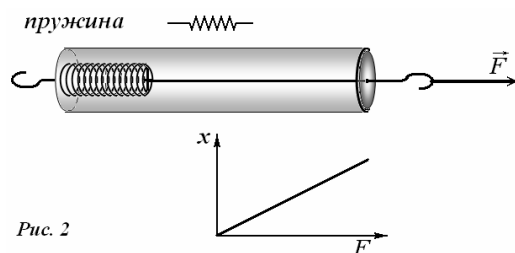
Рассмотрим используемые в данной задаче «основные элементы». Рядом с изображением элемента приводится его условное обозначение на схемах.

1. «Пружина».

Внутри трубки находится упругая легкая пружина (рис. 2). Так как масса пружины пренебрежимо мала, то при приложении силы F такая пружина практически мгновенно растягивается (деформируется) на определенную величину

$$x = \frac{1}{k} F \quad (1),$$

где k - жесткость пружины. При изменении внешней силы пружина мгновенно изменяет свою длину в соответствии с формулой (1).

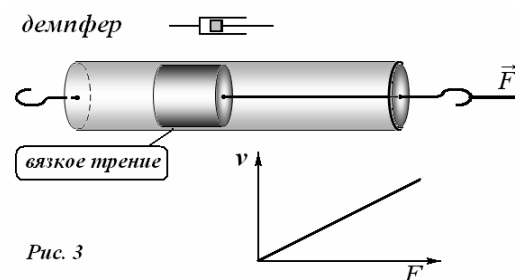


2. «Демпфер».

Внутри цилиндра находится вязкая жидкость. Выдвижной стержень соединен с легким поршнем внутри цилиндра (рис.3). Между стенками цилиндра и поршнем имеется небольшой зазор, через который жидкость может перетекать с одной стороны поршня на другую. На поршень действует сила вязкого трения, которая пропорциональна скорости его движения. Поэтому скорость деформации оказывается пропорциональной приложенной силе

$$v = \frac{1}{a} F \quad (2),$$

где постоянную a назовем сопротивлением демпфера. Так как массой поршня пренебрегаем, то при изменении внешней силы скорость мгновенно принимает значение, соответствующее формуле (2).



3. «Фрикцион»

Выдвижной стержень внутри цилиндра соединен с поршнем, плотно примыкающим к стенкам цилиндра. На поршень со стороны цилиндра действует сила сухого трения. Пока внешняя сила не превышает определенного значения $F < f$

(f - максимальная сила трения покоя), поршень не движется. Если же внешняя сила превышает значение f , то сила трения остается постоянной и равной f . Так как и в этом случае, массой поршня пренебрегаем, то при $F > f$ фрикцион бесконечно быстро деформируется, что отражено на графиках рис. 4.

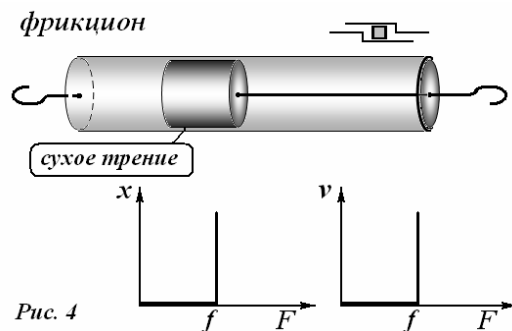
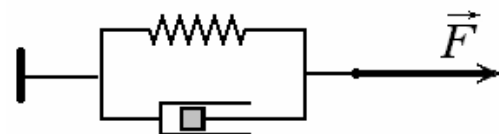


Рис. 4

Часть 1. Демпфер и пружина.

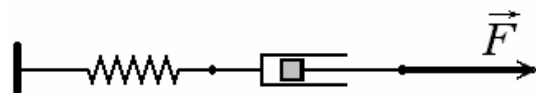
1.1 Демпфер и пружина соединены параллельно и изначально не деформированы. К этой системе прикладывают постоянную силу F .



1.1.1 Найдите зависимость скорости деформации от ее величины $v(x)$ (запишите формулу). Постройте график этой зависимости.

1.1.2 Качественно изобразите зависимости величины деформации от времени $x(t)$ и скорости деформации от времени $v(t)$.

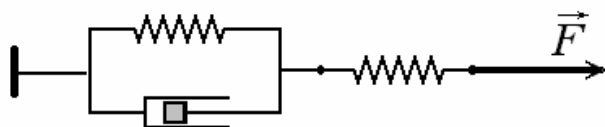
1.2 Демпфер и пружина соединены последовательно и изначально не деформированы. К этой системе прикладывают постоянную силу F .



1.2.1 Найдите зависимость деформации системы от времени $x(t)$ (запишите формулу). Постройте график этой зависимости.

1.2.2 постройте график зависимости скорости деформации от времени $v(t)$.

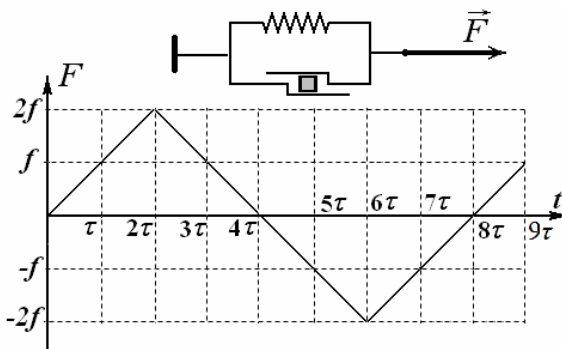
1.3 Рассмотрите смешанное соединение двух пружин и демпфера. К этой системе также прикладывают постоянную силу F .



Качественно изобразите зависимости графики зависимостей $v(x)$, $x(t)$ и $v(t)$.

Часть 2. Фрикцион и пружина.

2.1 Рассмотрите параллельное соединение фрикциона и пружины. В этом случае к системе прикладывается сила, которая сначала равномерно увеличивается от нуля до $2f$ за время 2τ , затем она равномерно уменьшается до значения $-2f$ (т.е. сила будет сжимать систему) за время 4τ , а затем снова равномерно увеличивается до значения f .



Постройте качественный график зависимости величины деформации от времени $x(t)$. Постройте также график зависимости величины деформации от величины приложенной силы $x(F)$.