

Динамика 2

© В.Е. Фрадкин, 2016

Механические свойства твердых тел

- Твердым телом в механике называется неизменяемая система материальных точек, т.е. такая идеализированная система, при любых движениях которой взаимные расстояния между материальными точками системы остаются неизменными.
- **Деформация** - изменение формы или объема тела под действием внешних сил. Деформация может быть упругая или неупругая.
- **Упругая деформация** - деформация, при которой после прекращения действия силы размеры и форма тела восстанавливаются.

Виды деформаций:

1. Линейная:

а) Растяжение (тросы подъемных кранов, канатных дорог, буксирные тросы)



б) Сжатие (колонны, стены, фундаменты зданий).

Деформацию растяжения и сжатия можно охарактеризовать **абсолютной деформацией** Δl , равной разности длин образца после растяжения l и до него l_0 : $\Delta l = l - l_0$

Другие обозначения: $\Delta l = \Delta x = x$ (при $x_0 = 0$)

Абсолютная и относительная деформация

Деформацию растяжения и сжатия можно охарактеризовать **абсолютной деформацией** Δl , равной разности длин образца после растяжения l и до него l_0 : $\Delta l = l - l_0$

Другие обозначения: $\Delta l = \Delta x = x$ (при $x_0 = 0$)

Отношение абсолютной деформации Δl к первоначальной длине образца l_0 называют **относительной деформацией**:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Закон Гука

Если деформация упругая,
а относительная деформация
мала:

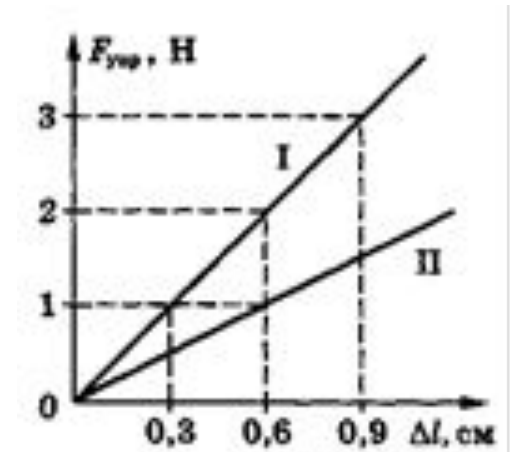
$$F_{\text{упр}} = -k\Delta\ell$$

Или $F_{\text{упр}} = -kx$

k - коэффициент жесткости

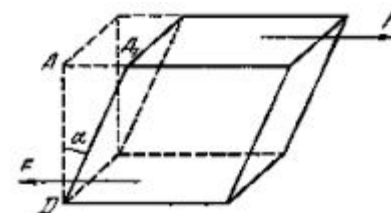
(упругости). Зависит от материала,
формы и размеров тела

$$k = E \cdot \frac{S}{\ell_0}$$



Другие виды деформации

2. Сдвиг (заклепки, болты, соединительные металлические конструкции, бумага или металл в процессе разрезания ножницами и т.д.).



3. Кручение (гайки, винты, саморезы, валы машин, свёрла и т.п.).



4. Изгиб (балки, кронштейны, позвоночник, сиденья стульев и др.)
Нейтральный слой - слой, не подвергающийся ни растяжению, ни сжатию при изгибе.



ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

- Ньютон, 1667 – анализ движения планет
- ***Все тела взаимодействуют друг с другом с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.***

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

Такая математическая запись справедлива для:

1. Однородных шаров.
2. Для материальных точек.
3. Для концентрических тел.

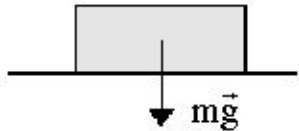
ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

- Сила направлена вдоль прямой, соединяющей тела (центры тел).
- G – постоянная всемирного тяготения (гравитационная постоянная). Числовое значение зависит от выбора системы единиц. В Международной системе единиц (СИ)

$$G=6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

- **Физический смысл гравитационной постоянной:**
гравитационная постоянная численно равна модулю силы тяготения, действующей между двумя точечными телами массой по 1 кг каждое, находящимися на расстоянии 1 м друг от друга

СИЛА ТЯЖЕСТИ



$$F = G \frac{Mm}{R^2} \quad \text{з-н Всемирного тяготения}$$

$$F = mg \quad \text{2-й з-н Ньютона}$$

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad \text{ускорение силы тяжести}$$



Не зависит от массы тела (опыт Галилея)

$g_0 \approx 9,81 \text{ м/с}^2$ - на поверхности Земли

$$g = G \frac{M}{(R_0+h)^2} \quad \text{ускорение силы тяжести на высоте } h \text{ над поверхностью планеты}$$

Ускорение силы тяжести зависит:

- Массы планеты.
- Радиуса планеты.
- От высоты над поверхностью планеты.
- От географической широты (на полюсах - $9,83 \text{ м/с}^2$, на экваторе - $9,79 \text{ м/с}^2$).
- От залежей полезных ископаемых

Искусственные спутники

- Первая космическая скорость (круговая скорость) - наименьшая начальная скорость, которую необходимо сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником планеты (для Земли - 7,9 км/с)

$$v = \frac{2\pi(R+h)}{T} = \sqrt{(R+h)g} = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}$$

- Вторая космическая скорость (параболическая скорость) - наименьшая начальная скорость, которую необходимо сообщить телу, для того, чтобы оно могло преодолеть притяжение планеты (для Земли - 11,2 км/с).
- Третья космическая скорость - наименьшая начальная скорость, при которой тело покидает Солнечную систему (для Земли - 16,6 км/с)

ВЕС ТЕЛА

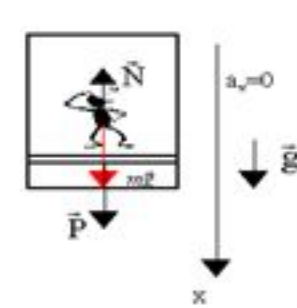
- Сила, с которой все тела действуют на горизонтальную опору или вертикальный подвес вследствие притяжения Земли, наз. **весом** тела - P .
 - Внимание! Вес – сила, следовательно, измеряется в ньютонах. $[P]=H$
 - Вес тела по третьему закону Ньютона – сила, парная к силе упругости (реакции опоры, натяжения нити). Значит по своей природе вес – сила упругости, возникающая в опоре или подвесе!
 - Вектор силы веса тела приложен к опоре или подвесу. Если нет опоры или подвеса, то нет и веса (состояние невесомости).

ВЕС ТЕЛА

Второй закон Ньютона: $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$

Третий закон Ньютона: $\vec{N} = -\vec{P}$

Следовательно: $\vec{P} = m \cdot (\vec{g} - \vec{a})$



Три случая проекциях на ось X :

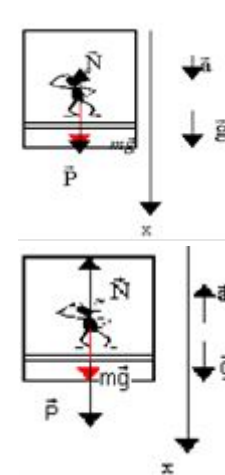
1. $a=0$ – прямолинейное равномерное движение или состояние покоя:

$$P = mg$$

2. Вектор ускорения совпадает по направлению с вектором ускорения свободного падения $P = m(g - a)$

3. Вектор ускорения противоположен по направлению вектору ускорения свободного падения $P = m(g + a)$

Перегрузка: $k = \frac{P}{mg} = \frac{m(g+a)}{mg} = 1 + \frac{a}{g}$



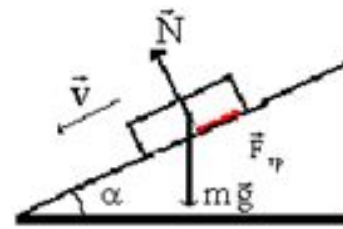
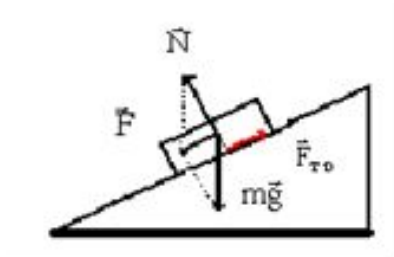
Трение

Название силы	Природа взаимодействия	Формула	Направление	Условие применимости	Примечание
Сила трения покоя	Электромагнитная	$F < \mu N$ N - сила реакции опоры.	Противоположно силе, приложенной к телу, вдоль поверхности соприкосновения.	Равна по величине и противоположна по направлению приложенной силе.	Зависит от рода трущихся поверхностей.
Сила трения скольжения	Электромагнитная	$F = \mu N$ (закон Кулона – Амонтона)	Противоположно направлению вектора относительной скорости движения.	Формула выполняется приближенно, т.к. сила трения зависит от скорости.	μ - коэффициент трения скольжения. <ul style="list-style-type: none"> Зависит от рода трущихся материалов, от обработки поверхностей. Не зависит от силы давления, от площади соприкасающихся поверхностей.

Трение

Название силы	Природа взаимодействия	Формула	Направление	Условие применимости	Примечание
Сила трения качения	Электромагнитная	$F = \mu \frac{N}{R}$	Противоположно направлению вектора относительной скорости движения.	Формула выполняется приближенно, т.к. сила трения зависит от скорости.	μ - коэффициент трения качения
Сила сопротивления (жидкого трения)	Электромагнитная	$F = \alpha v$ $F = \beta v^2$	Противоположно вектору скорости	До определенной скорости выполняется формула $F = \alpha v$, а затем - $F = \beta v^2$. Какую формулу применять устанавливают на опыте.	Коэффициенты пропорциональности зависят от рода среды, формы и размеров тела. Коэффициенты размерны.

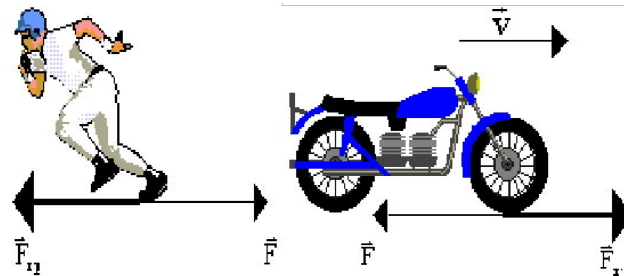
Трение



При $v = \text{const}$
 $\mu = \text{tga}$.



ВАЖНО:



Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются с силой F . Какова сила гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного $3m$, масса другого $\frac{m}{3}$ а расстояние между их центрами $3r$?

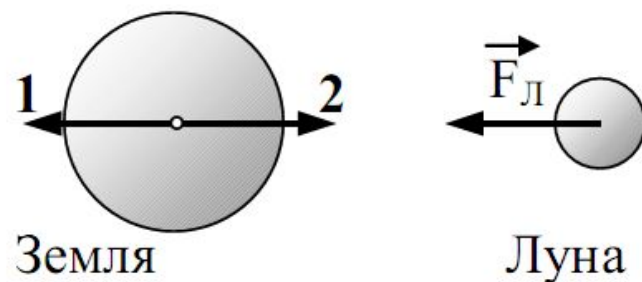
1) $\frac{F}{9}$

2) $\frac{F}{3}$

3) $3F$

4) $9F$

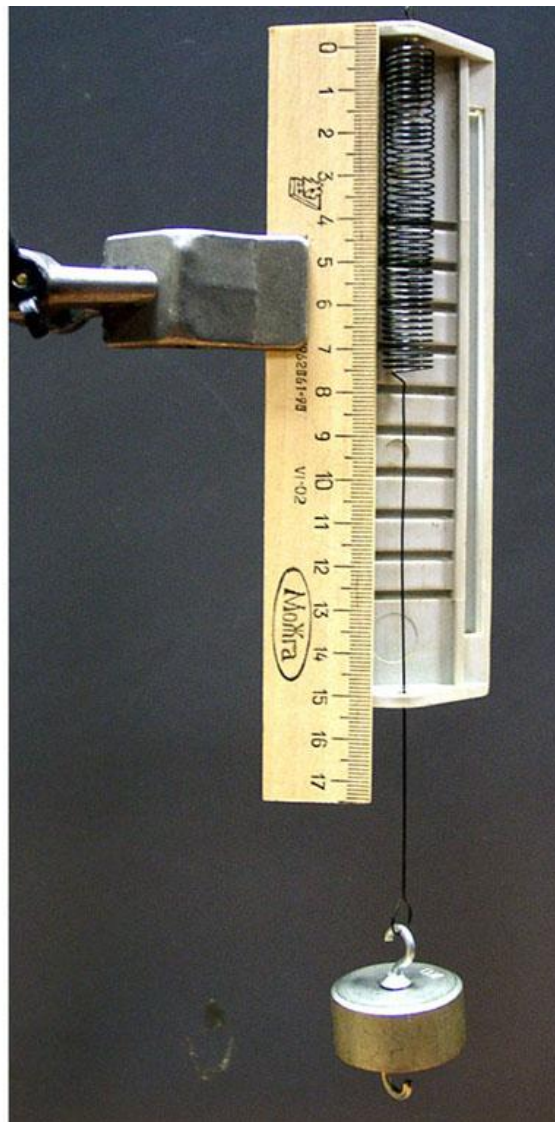
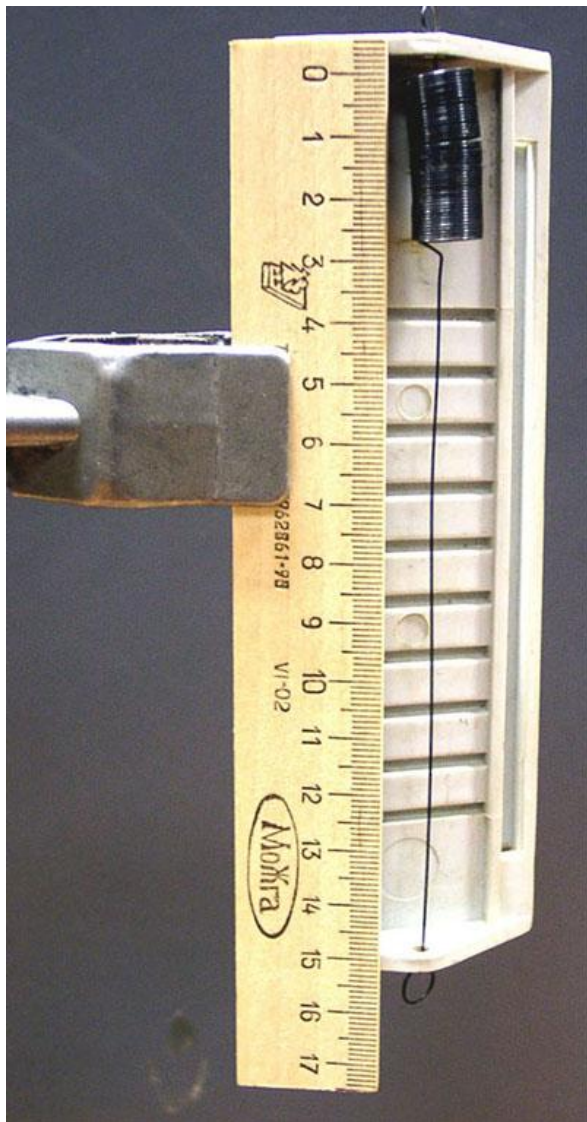
На рисунке приведены условные изображения Земли и Луны, а также вектор \vec{F}_L силы притяжения Луны Землей. Известно, что масса Земли примерно в 81 раз больше массы Луны. Вдоль какой стрелки (1 или 2) направлена и чему равна по модулю сила, действующая на Землю со стороны Луны?



- 1) вдоль 1, равна F_L
- 2) вдоль 2, равна F_L
- 3) вдоль 1, равна $81F_L$
- 4) вдоль 2, равна $\frac{F_L}{81}$

- Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше, чем диаметр Земли. Каково отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли, движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон всемирного тяготения, второй закон Ньютона и формула расчета центростремительного ускорения и периода);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0



Для измерения жесткости пружины ученик собрал установку (см. рис.1), и повесил к пружине груз массой 0,1 кг (см. рис.2). Какова жесткость пружины?

1) 40 Н/м

2) 20 Н/м

3) 13 Н/м

4) 0,05 Н/м

Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене силой 10 Н, направленной горизонтально. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какую минимальную силу надо приложить к бруску по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

1) 9 Н

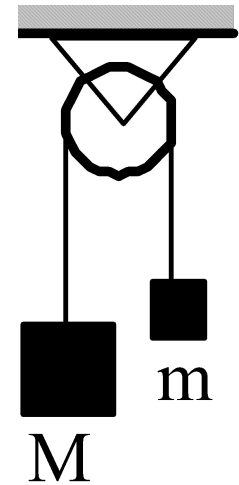
2) 7 Н

3) 5 Н

4) 4 Н

Брусок массой $M = 300$ г соединен с бруском массой $m = 200$ г невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок (см. рисунок). Чему равно ускорение бруска массой 300 г? Трением пренебречь.

- 1) 2 м/с^2 2) 3 м/с^2 3) 4 м/с^2 4) 6 м/с^2



- Автомобиль движется по выпуклому мосту. При каком значении радиуса круговой траектории автомобиля в верхней точке траектории водитель испытает состояние невесомости, если модуль скорости автомобиля в этой точке равен 72 км/ч?

