



§ 18.

Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея

Второй закон Ньютона объясняет, какое ускорение возникает при движении тела, на которое действуют другие тела. А действует ли при этом данное тело на эти тела?

Рассмотрим несколько примеров.

Земля притягивает кубик силой $\vec{F}_{3 \rightarrow \kappa}$ (рис. 115, а). Заряженный шар 1 отталкивает такой же заряженный шар 2 силой $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ (рис. 115, б). Магнит притягивает железный брусок силой $\vec{F}_{\text{м} \rightarrow \text{б}}$ (рис. 115, в). Действует ли при этом кубик на Землю? Заряженный шар 2 на заряженный шар 1? Железный брусок на магнит? Если действует, то с какой силой?

Ответ очевиден лишь для случая, представленного на рисунке 115, б. Заряженные шары 1 и 2 «равноправны». Модули сил $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ и $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ равны, а их направления противоположны, т. е. $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$. А если тела отличаются друг от друга (рис. 115, в)?

Проведем опыт. Поместим магнит на тележку 1, а железный брусок — на тележку 2 (рис. 116).

Будем удерживать тележку 1 с магнитом. Тележка 2 с бруском (рис. 116, а) поедет в сторону магнита. Удержим теперь тележку 2 (рис. 116, б), а тележку 1 с магнитом отпустим. Тележка с магнитом поедет в сторону бруска. Значит, и железный брусок притягивает к себе магнит.

Одинаковы ли модули сил, с которыми магнит и брусок притягивают друг друга? Это можно выяснить с помощью опытов. Равенство показаний динамометров (рис. 117) говорит о том, что модули этих сил равны: $F_{\text{м} \rightarrow \text{б}} = F_{\text{б} \rightarrow \text{м}}$.

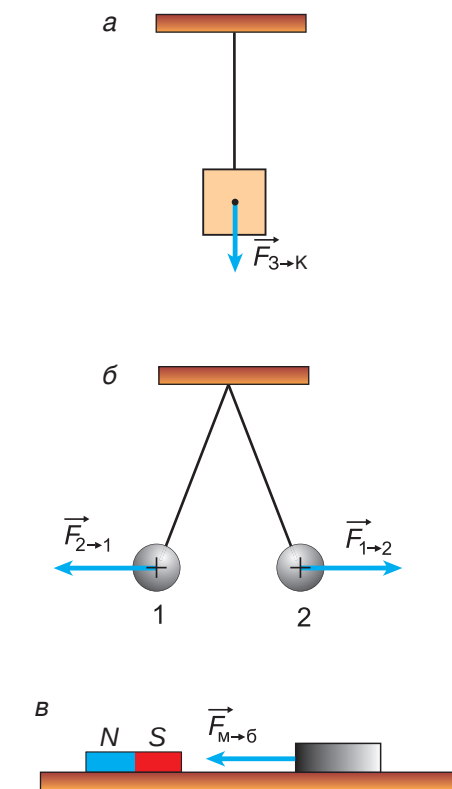


Рис. 115

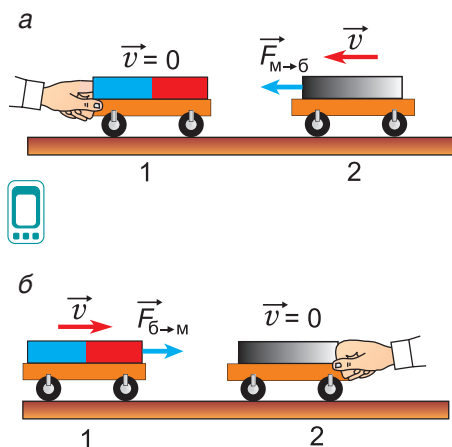


Рис. 116

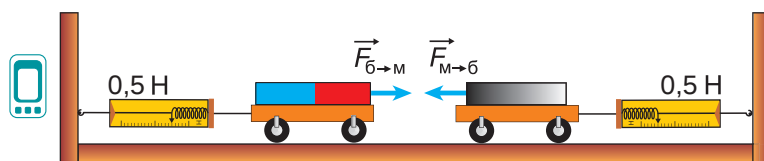


Рис. 117

Результаты данных опытов не случайны. Механическое действие тел друг на друга **всегда взаимно**. Одностороннего действия не бывает. Существует лишь *взаимодействие*. При этом **силы, с которыми тела действуют друг на друга, имеют равные модули, противоположные направления и лежат на одной прямой**:

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}.$$

Это утверждение носит название **третьего закона Ньютона**. Он выполняется для тел любых масс, размеров, формы и состава вещества.

Что еще надо знать о силах взаимодействия?

Силы взаимодействия приложены к разным телам ($\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ — к шару 2, $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ — к шару 1) (см. рис. 115, б). Поэтому они не могут компенсировать (уравновесить) друг друга.

Силы взаимодействия всегда имеют одну и ту же природу (например, обе являются электрическими силами или обе — гравитационными и т. д.).

Если одновременно взаимодействует несколько тел (рис. 118), то равенство $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ выполняется для каждой пары тел.

Третий закон Ньютона объясняет многие явления повседневной жизни. Так, для прыжка вверх (рис. 119) спортсмен отталкивается опору силой $\vec{F}_{c \rightarrow o}$, направленной вниз. Ответная (противодействующая) сила $\vec{F}_{o \rightarrow c}$ придает прыгуну направленное вверх ускорение.

Человек при ходьбе, автомобиль при движении отталкиваются от дорожного покрытия. В ответ на это дорожное покрытие действует на них с силой, имеющей горизонтальную составляющую, направленную вперед. Лодка (рис. 120), корабль отталкиваются от воды, самолет — от воздуха (или от реактивной струи).

Мы рассмотрели законы Ньютона — основные законы механики.

Рассмотрим еще одно важное положение механики — **принцип относительности Галилея**.

В § 15 мы познакомились с понятиями «инерциальная система отсчета» и «неинерциальная

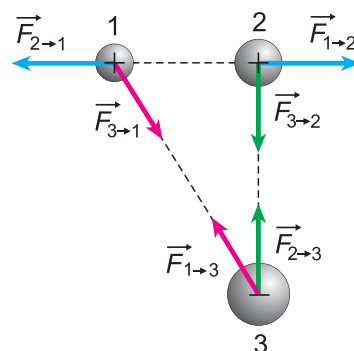


Рис. 118

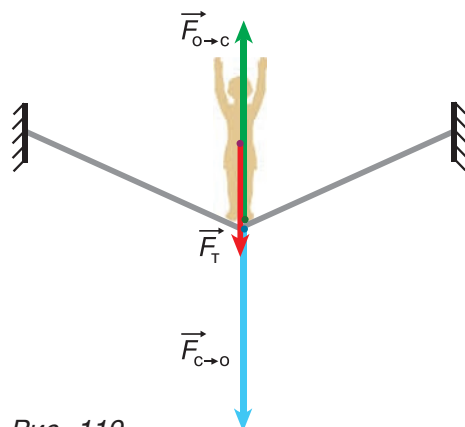


Рис. 119

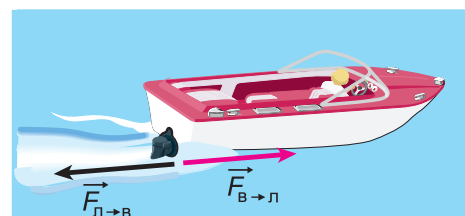


Рис. 120

система отсчета». Мы узнали, что если на тело не действуют силы (или действуют, но компенсируют друг друга), то:

- относительно инерциальных систем это тело покоится или движется равномерно и прямолинейно;
- относительно неинерциальных — движется с ускорением (см. опыт на рис. 102, с. 69).

Значит, в инерциальных и неинерциальных системах механические явления происходят по-разному. Эти системы «неравноправны». А равноправны ли между собой инерциальные системы?

Опыты показывают, что относительно поезда, самолета, автобуса и т. д., имеющих в системе отсчета «Земля» постоянную скорость, любое тело ведет себя точно так же, как и относительно Земли.

На основе опытов был сделан вывод: **во всех инерциальных системах отсчета механические явления при одинаковых условиях происходят одинаково.**

Данное утверждение выражает равноправие всех инерциальных систем в механике. Оно носит название «**принцип относительности Галилея**».

Этот принцип можно сформулировать и иначе: «Никакими механическими опытами, проводимыми внутри любой инерциальной системы, нельзя установить, покоится она или движется».

■ Главные выводы

1. Действие тел друг на друга всегда взаимно.
2. Силы взаимодействия двух тел имеют равные модули, направлены по одной прямой в противоположные стороны и имеют одинаковую природу (третий закон Ньютона).
3. Силы взаимодействия двух тел не компенсируют друг друга, так как они приложены к разным телам.
4. Во всех инерциальных системах все механические явления при одинаковых условиях происходят одинаковым образом (принцип относительности Галилея).

? Контрольные вопросы

1. Что общего у сил, с которыми два тела действуют друг на друга? Чем они отличаются?
2. Могут ли силы взаимодействия компенсировать друг друга? Почему?
3. В чем состоит принцип относительности Галилея?

Упражнение 14

1. Гиря находится на куске поролона (рис. 121). Изобразите силы взаимодействия этих тел друг с другом. Как направлены эти силы? К чему они приложены?



Рис. 121

2. На нити, перекинутой через неподвижный блок, висят два груза (рис. 122). Определите и изобразите силы, действующие на блок, на нить и на каждый из грузов. Укажите, какие из этих сил связаны между собой третьим законом Ньютона.

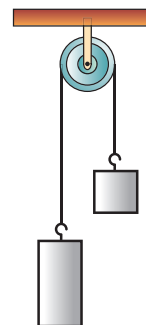


Рис. 122



3. Почему на льду трудно разогнаться без коньков, но легко — на коньках?

4. Почему при сильном ударе по футбольному мячу вы ощущаете боль?

5. Чтобы удержать сумку с продуктами, человек (рис. 123) прикладывает силу $F = 50$ Н. Найдите и изобразите силу реакции руки. Укажите: а) ее модуль; б) ее направление; в) на какое тело она действует.



Рис. 123

6. Две команды на уроке физкультуры перетягивают канат (рис. 124). По третьему закону Ньютона команды действуют друг на друга с силами, имеющими равные модули и противоположные направления. Тем не менее одна из команд побеждает. Как объяснить результат победы с точки зрения физики?



Рис. 124