

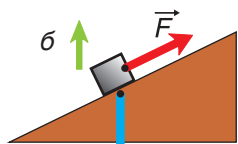
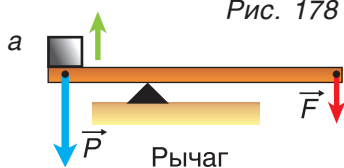


## § 26.

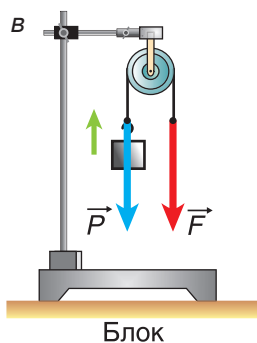
## Простые механизмы. Рычаги. Блоки



Рис. 178



Наклонная плоскость



Блок

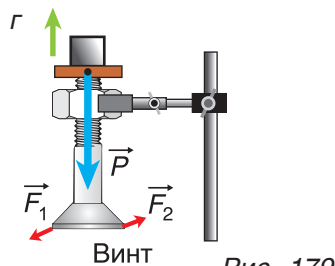


Рис. 179



Рис. 180

Посетите цех современного завода и понаблюдайте, как работают машины. Они, как разумные существа, пресуют, гнут, режут металлические листы, считают, сортируют, взвешивают, перемещают и упаковывают изделия. Эти огромные и маленькие машины-автоматы, машины-роботы действуют быстрее и точнее человека.

Однако даже у таких сложных устройств, как роботы (рис. 178), механическая часть является комбинацией **простых механизмов: рычагов, наклонных плоскостей, блоков, винтов** (рис. 179).

Элементы простых механизмов мы обнаружим у ворот (см. рис. 171, в, с. 118), гаечного ключа (см. рис. 174, с. 120), топора (рис. 180) и т. д.

Зачем нужны простые механизмы? На рисунке 179, а — в показано, как, приложив силу  $\vec{F}$  или силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  (рис. 179, г) к механизму, можно поднять груз весом  $\vec{P}$ . Данные силы, однако, не приложены непосредственно к грузу (кроме случая б) и не направлены вверх. Значит, простой механизм дает возможность изменить *точку приложения силы* и ее *направление*. Кроме того, он позволяет поднять груз силой, гораздо меньшей, чем вес этого груза (случаи а, б, г), т. е. дает *выигрыш в силе*.

Что такое *выигрыш в силе*? От чего он зависит? Рассмотрим это на примере рычага (рис. 181).

Рычагом может служить твердое тело, способное **вращаться вокруг заданной оси (или точки опоры)**.

Различают рычаги *первого и второго рода*. У рычага первого рода (рис. 181, а) вес поднимаемого груза  $\vec{P}$  и приложенная сила  $\vec{F}$  находятся по разные стороны от точки опоры  $O$ , а у рычага второго рода — по одну сторону от нее (рис. 181, б).

В обоих случаях вес  $P$  груза больше, чем приложенная сила  $F$ . Значит, рычаг дает *выигрыш в силе*.

Найдем выигрыш в силе для рычага первого рода (рис. 181, а). Обозначим плечи сил  $\vec{F}$  и  $\vec{P}$  относительно

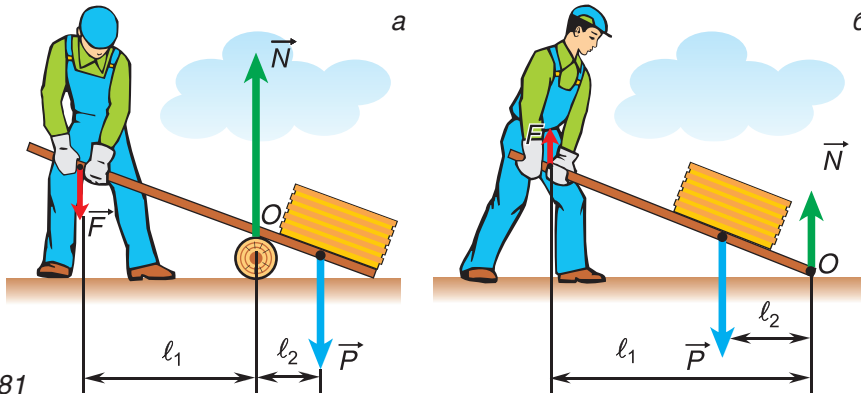


Рис. 181

точки опоры  $O$  через  $l_1$  и  $l_2$ . Плечо силы реакции опоры  $\vec{N}$  равно нулю. Как мы знаем, при равновесии моменты сил компенсируют друг друга:  $F \cdot l_1 = P \cdot l_2$ . В результате

$$\frac{P}{F} = \frac{l_1}{l_2}.$$

Итак, *выигрыш в силе для рычага равен отношению плеча прикладываемой силы к плечу веса поднимаемого груза*. Докажите самостоятельно, что формула  $\frac{P}{F} = \frac{l_1}{l_2}$  справедлива и для рычага второго рода.

Рассмотрим **блоки** (рис. 182). Их широко используют на стройках, в портах, на складах и т. д.

Блок представляет собой колесо с желобом, через который проходит трос (канат, веревка, нить и т. д.). Если ось блока закреплена (рис. 183, а), то блок называют неподвижным, если нет, то — подвижным (рис. 185, а).

Дает ли блок выигрыш в силе? Проведем опыт с неподвижным блоком (рис. 183, а). К одному концу нити, перекинутой через блок, прикрепим груз, а к другому — динамометр. При покое или равномерном подъеме груза показания динамометра  $F$  практически равны весу груза  $P$ . Почему неподвижный блок не дает выигрыша в силе?

На рисунке 183, б изображены силы, действующие на блок: сила тяжести блока  $\vec{F}_T$ , сила реакции оси  $\vec{N}$  и силы упругости нитей  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ . Будем рассматривать блок как рычаг первого рода. Относительно оси блока  $O$  плечи сил  $\vec{F}_T$  и  $\vec{N}$  равны нулю, а плечи сил  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  — радиусу блока:  $l_1 = l_2 = R$ .

По правилу моментов:  $F_1 R = F_2 R$ , откуда  $F_1 = F_2$ . Учтывая, что  $F_1 = P$ , а  $F_2 = F$ , получим  $P = F$ .

**Неподвижный блок не дает выигрыша в силе, а лишь изменяет ее направление.**



Рис. 182

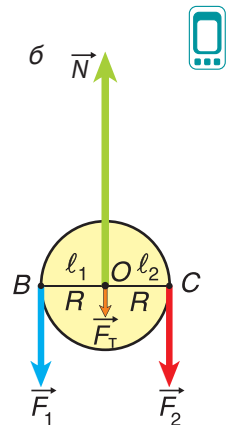
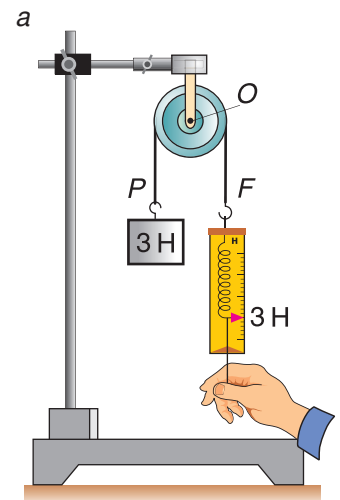


Рис. 183

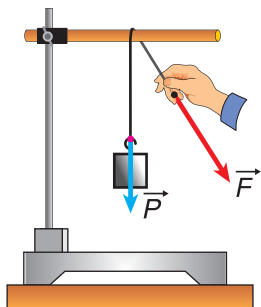


Рис. 184

Зачем же применять неподвижный блок, если выигрыша в силе нет? Ведь для изменения направления силы можно взять любую перекладину (рис. 184). Можно, но невыгодно, так как потери на трение будут во много раз больше, чем при использовании блока.

Проведем теперь опыт с *подвижным* блоком (рис. 185, а), ось которого  $O$  перемещается вместе с грузом. Один конец перекинутой через блок нити закрепим, а за другой будем поднимать груз. При равномерном подъеме груза весом  $P = 4$  Н (как и в состоянии покоя) показания динамометра  $F \approx 2$  Н, т. е. почти *в два раза меньше веса груза* (рис. 185, а).

Этот результат вполне понятен. Ведь блок с грузом удерживают *две* нити. Сила натяжения каждой из нитей равна половине веса груза. Чтобы доказать это, будем рассматривать блок как рычаг второго рода с осью в точке  $D$  (рис. 185, б). Относительно этой оси у силы натяжения нити  $\vec{F}_1$  плечо равно нулю, а у силы натяжения  $\vec{F}_2$  оно равно  $2R$ , а плечи силы тяжести блока  $\vec{F}_T$  и веса груза  $\vec{P}$  равны  $R$ . Тогда, по правилу моментов,  $(P + F_T)R = F_2 \cdot 2R$ . Отсюда, пренебрегая силой  $\vec{F}_T$ , находим:  $F_2 \approx \frac{P}{2}$ . Так как  $F_2 = F$ , то  $\frac{P}{F} \approx 2$ .

**Подвижный блок дает выигрыш в силе приблизительно в 2 раза.** Отметим, что при расчетах мы не учитывали силу трения на оси блока.

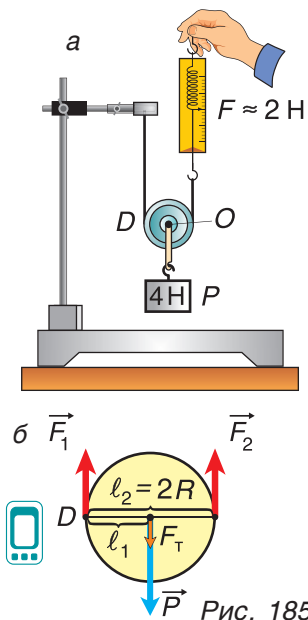


Рис. 185

### ▼ Для любознательных

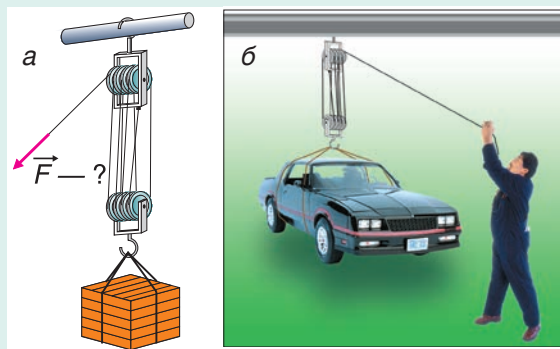


Рис. 186

Гораздо больший выигрыш в силе дает *полиспаст* — устройство, состоящее из нескольких пар подвижных и неподвижных блоков. При трех парах блоков (рис. 186, а) и отсутствии трения полиспаст дал бы выигрыш в силе, равный  $2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$  (на самом деле выигрыш будет несколько меньше). Полиспасты широко

используют для подъема тяжестей. Оцените количество блоков, при котором полиспаст даст возможность поднять автомобиль усилиями всего одного человека (рис. 186, б).

**□ Главные выводы**

1. Простые механизмы дают возможность изменить точку приложения силы, ее модуль и направление.
2. Рычаг дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько раз плечо прилагаемой силы больше плеча веса поднимаемого груза.
3. неподвижный блок не дает выигрыша в силе, а лишь изменяет ее направление.
4. Подвижный блок дает выигрыш в силе в 2 раза (если пренебречь весом блока и трением).

**? Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначены простые механизмы?
2. Как понимать выражение «выигрыш в силе»?
3. Чем отличаются друг от друга рычаги I и II рода?
4. Почему неподвижный блок не дает выигрыша в силе?
5. В чем состоит сходство рычагов и блоков?
6. Какой выигрыш в силе дает подвижный блок?

**→ Домашнее задание**

Разделите пакет сахарного песка массой  $m_0 = 900$  г на две порции массами  $m_1 = 600$  г и  $m_2 = 300$  г, используя однородную планку, измерительную ленту, нитки и полиэтиленовый пакет.

**✎ Примеры решения задач**

1. На одном конце линейки длиной  $l = 1,0$  м подвешен груз массой  $m_1 = 450$  г (рис. 187). Посередине линейки снизу находится опора, относительно которой линейка может свободно поворачиваться в вертикальной плоскости. На каком расстоянии от точки опоры линейки подвешен груз массой  $m_2 = 750$  г, если линейка, располагаясь горизонтально, находится в равновесии?



Рис. 187



### Примеры решения задач

Дано:

$$m_1 = 450 \text{ г}$$

$$m_2 = 750 \text{ г}$$

$$l = 100 \text{ см}$$

$$l_2 = ?$$

Решение

Из сил, действующих на линейку, на рисунке 188 покажем только те, моменты которых относительно точки  $O$  не равны нулю.

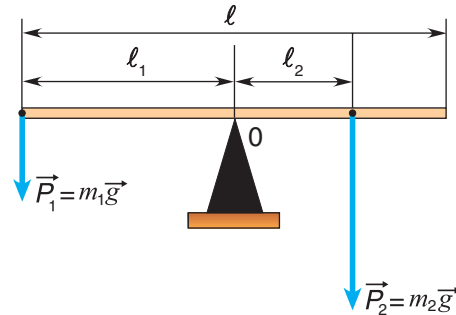


Рис. 188

По условию равновесия  $P_1 l_1 = P_2 l_2$ , или  $m_1 g l_1 = m_2 g l_2$ .

Откуда

$$l_2 = \frac{m_1 l_1}{m_2};$$

$$l_2 = \frac{450 \text{ г} \cdot 50 \text{ см}}{750 \text{ г}} = 30 \text{ см.}$$

Ответ:  $l_2 = 30 \text{ см.}$

2. Какую минимальную силу нужно приложить к концу веревки для подъема мешка цемента массой  $m = 50 \text{ кг}$  на второй этаж строящегося дома с помощью подвижного блока?

Дано:

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$F_{\min} = ?$$

Решение

Так как блок подвижный, то:

$$F_{\min} = \frac{P}{2}; \quad P = mg; \quad g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Тогда:

$$F_{\min} = \frac{mg}{2} = \frac{50 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2} = 250 \text{ Н} = 0,25 \text{ кН.}$$

Ответ:  $F_{\min} = 0,25 \text{ кН.}$

### Упражнение 21

1. Почему рожковые ключи (рис. 189), рассчитанные на гайки большего размера, делают более длинными?



Рис. 189

2. Чем длиннее стрела подъемного крана, тем тяжелее противовес, подвешенный к нему (при одном и том же расстоянии от противовеса до вертикальной оси крана). Почему?

3. Почему дверные ручки укрепляют близко к краю двери?

4. Какой рычаг (рис. 190, а, б) дает больший выигрыш в силе? Во сколько раз?

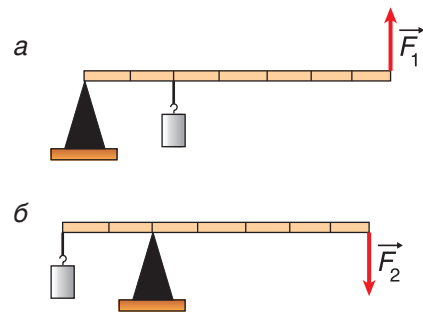


Рис. 190

5. Однородная линейка длиной  $l = 100$  см висит на нити. К линейке подвешены два груза массами  $m_1 = 0,40$  кг,  $m_2 = 0,20$  кг и прикреплен динамометр (рис. 191). Определите показания динамометра, если линейка находится в равновесии. Как изменятся показания динамометра, если грузы поменять местами?

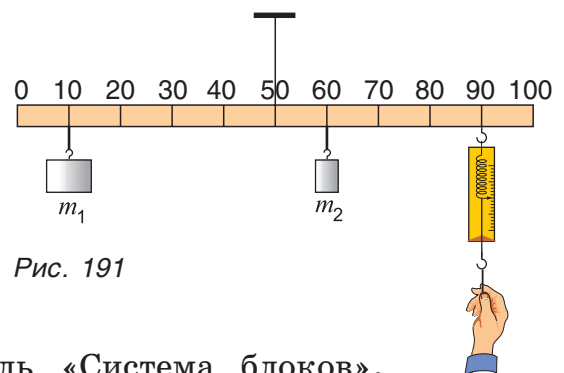


Рис. 191

6. Определите массу  $m$  мешка с цементом, который можно поднять с помощью подвижного блока весом  $P = 20$  Н, если к свободному концу веревки приложена сила  $F = 220$  Н. Трением в блоке пренебречь.



7. С помощью интерактивной модели «Равновесие рычага на оси» научитесь применять правило моментов.



8. Используя интерактивную модель «Система блоков», определите выигрыш в силе для системы блоков, состоящей из одного, двух, трех или четырех блоков.