

Глава 3

ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

§ 11

Наклонная плоскость

Понять

Перемещение груза — древнейшая задача, которую человек стремился решить ещё на заре развития цивилизации. Пример успешного решения этой задачи — грандиозные египетские пирамиды.

Если требовалось поднять груз на возвышение, например на фундамент строения или на борт корабля, люди строили наклонную плоскость в виде насыпи или деревянного настила.

Наклонная плоскость — это плоская поверхность, расположенная под углом к горизонтали, то есть к линии горизонта. Наклонная плоскость представляет собой простейший механизм, который позволяет поднимать груз, прикладывая к нему гораздо меньшее усилие, чем при его подъёме вертикально вверх.

Разновидности наклонных плоскостей, такие как пандусы и трапы, широко применяются в различных целях (рис. 11.1).

Принцип наклонной плоскости используется в таком важном изобретении человека, как винт (см. § 12). Винт не что иное, как наклонная плоскость, многократно огибающая ось.



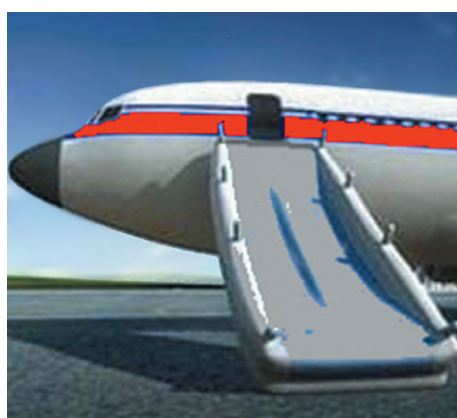


Рис. 11.1. Применение наклонной плоскости

Проверить

Наклонная плоскость применяется человеком потому, что позволяет затратить меньше усилий при перемещении грузов, то есть обеспечивает выигрыш в силе. Величина выигрыша в силе зависит от соотношения длины наклонной плоскости и высоты, на которую поднимается груз.

Например, если высота, на которую требуется поднять груз 6 см, а длина наклонной плоскости 12 см, то получится выигрыш в силе в 2 раза (по сравнению с вертикальным подъёмом груза). Если же поднимать груз на ту же высоту, но использовать наклонную плоскость большей длины, например 18 см, то получится выигрыш в силе в 3 раза. То есть потребуется ещё меньшее усилие.

Обратите внимание, что если высота, на которую поднимается груз, остаётся постоянной, а длина наклонной плоскости меняется, то меняется и угол между наклонной плоскостью и горизонтом. Выигрыш тем больше, чем меньше угол наклона плоскости. Этим объясняется то, что горные дороги часто имеют вид серпантина: чем меньше крутизна дороги, тем легче по ней подниматься (рис. 11.2).

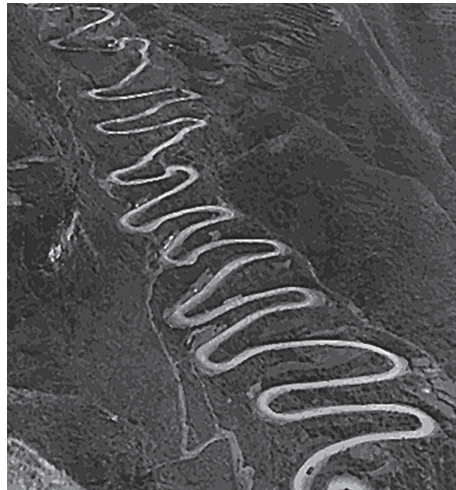


Рис. 11.2. Горные дороги: чем меньше крутизна дороги, тем легче по ней подниматься

Знать

Наклонная плоскость — это плоская поверхность, установленная под углом к горизонтали. Она представляет собой простейший механизм, позволяющий поднимать груз, прикладывая к нему меньшее усилие, чем при подъёме вертикально вверх. Примерами наклонных плоскостей служат пандусы и трапы. Принцип наклонной плоскости используется также в устройстве винта. Выигрыш в силе при использовании наклонной плоскости равен отношению длины наклонной плоскости к высоте поднятия груза. Наибольший выигрыш можно получить при наименьшем угле между наклонной плоскостью и горизонтом.

Применять



1. Где вы видели наклонную плоскость в своём населённом пункте? С какой целью её применяют?
2. Где в вашем населённом пункте вы бы предложили установить наклонную плоскость?
3. Что следует предпринять, если не хватает мощности для поднятия какого-либо груза по наклонной плоскости на заданную высоту?

§ 12

Винт

Понять

Пропеллер вертолётa, гребной винт теплохода, крепёжные винты и шурупы — что общего между всеми этими изобретениями человека? В их основе — применение наклонной плоскости. *Винт* можно рассматривать как простейший механизм — наклонную плоскость, огибающую ось.

Считается, что впервые винт применил в III в. до н. э. древнегреческий учёный и инженер Архимед в механизме для подачи воды в оросительные каналы (рис. 12.1).



Рис. 12.1. Архимедов винт

Найдите на фотографии наклонную плоскость и ось, которую она огибает.

Со времён Архимеда изобретенная им винтовая конструкция использовалась для орошения полей, осушения трюмов кораблей, шахт и заболоченных мест. Эффективность подобного устройства оказалась выше, чем у другого древнего изобретения — водоподъёмного колеса.

Наибольшего успеха с помощью Архимедова винта, приводимого в движение ветряной мельницей, добились голландцы. Они огораживали дамбами участки моря и потом откачивали с них воду, увеличивая таким образом территорию своей страны.

С течением времени винт находил всё новое применение, и сейчас трудно представить область техники, которая обходилась бы без этого приспособления (рис. 12.2). Так, техническое решение Архимеда послужило прообразом *шнека* — стержня с винтовой поверхностью.

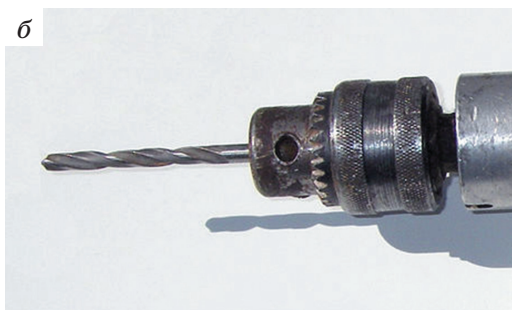
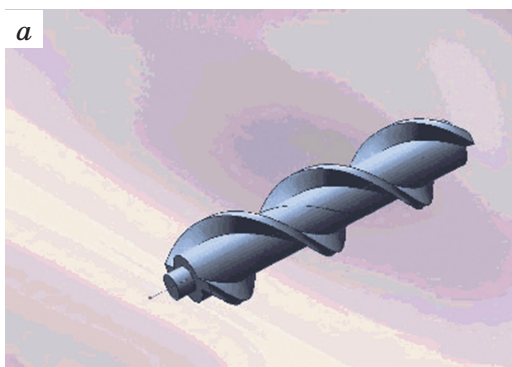


Рис. 12.2. Применение винта: *а* — шнек; *б* — сверло; *в* — мясорубка; *г* — пропеллер; *д* — гребной винт

Шнековые или винтовые конвейеры — механизмы, состоящие из вращающегося шнека внутри неподвижного жёлоба или трубы, — используют для транспортировки сыпучих материалов: извести, цемента, песка, зерна, муки, сахара и т. д.

Шнековый бур служит для бурения скважин.

Проверить

Преимущества винта можно пояснить на простых примерах. Чтобы завинтить шуруп в деревянную деталь, его приходится повернуть несколько раз, но это намного проще, чем вонзить его без вращения. Спиральная лестница — это тот же винт. Идти по ней гораздо легче, чем карабкаться вертикально вверх.

Знать

Винт — это простейший механизм, в основе которого лежит принцип наклонной плоскости. Впервые винт появился в водоподъёмном механизме, изобретённом Архимедом. Винты обеспечивают движение воздушных и водных судов, применяются в крепёжных изделиях. Шнековый конвейер служит для перемещения сыпучих грузов, а шнековый бур — для бурения скважин.

Применять

Соберите модель винтового конвейера. Вам потребуется стержень и спираль, накрученная на вал. Стержень с накрученной на него спиралью нужно поместить в жёлоб (или трубу). Между краями спирали и стенками жёлоба необходимо оставить зазор, чтобы позволить стержню свободно вращаться. Один край жёлоба следует опустить в ёмкость, из которой будет извлекаться сыпучий груз. При вращении спираль будет захватывать груз и увлекать его за собой. В результате груз будет высыпаться через верхний край жёлоба. Предусмотрите в конструкции конвейера дополнительную ёмкость для приёма груза. Решите, что будет сообщать вашему конвейеру вращательную энергию, каким образом будет передаваться вращательное движение, какой груз и на какую высоту сможет перемещать ваш конвейер.



§ 13

Рычаг

Понять

Ещё один простейший механизм, известный с древнейших времён, — это рычаг. **Рычаг представляет собой твёрдое тело, вращающееся вокруг неподвижной точки.** Твёрдое тело обычно называют *перекладной*, неподвижную точку — *опорой*, а стороны перекладки по бокам от точки опоры — *плечами рычага*.

Рычаг позволяет получить выигрыш в силе или в расстоянии. Прикладывая меньшее усилие к длинному плечу, можно получить большее усилие на коротком плече (или, перемещая на меньшее расстояние короткое плечо, можно переместить на большее расстояние длинное плечо).

Различают два вида рычагов. У *рычага первого рода* точка опоры находится между местами приложения сил. У *рычага второго рода* точка опоры расположена по одну сторону от них (рис. 13.1). Иначе говоря, если попытаться при помощи лома сдвинуть тяжёлый предмет, то рычаг первого рода — это ситуация, когда мы подкладываем брусок под лом, надавливая на свободный конец лома вниз. Неподвижной опорой в данном случае служит брусок, а приложенные силы располагаются по обе стороны от него. Рычаг второго рода — это когда мы, подсунув край лома под груз, тянем лом вверх. В этом случае

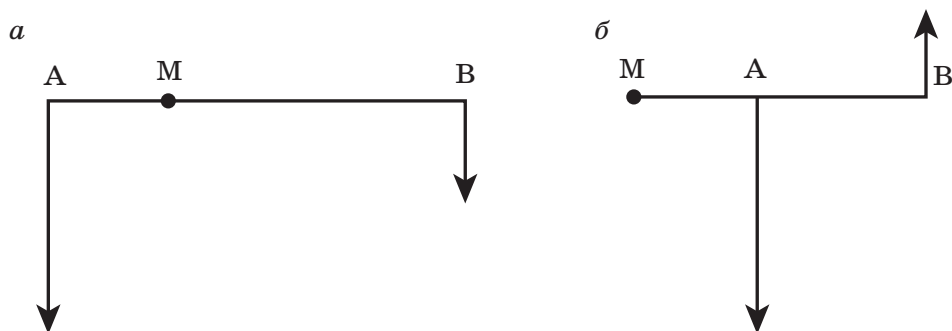


Рис. 13.1. Два вида рычага: *а* — рычаг первого рода; *б* — рычаг второго рода (А, В — места приложения сил; М — точка опоры)

точка опоры находится там, где лом упирается в землю, а приложенные силы расположены по одну сторону от точки опоры. При этом и в том, и в другом случае мы прикладываем усилие к длинному плечу рычага и получаем выигрыш в силе.

В свою очередь, выигрыш в расстоянии можно получить, задействовав короткое плечо рычага. Например, рыбаки, закидывая удочку, пользуются именно этим свойством рычага, позволяющим с помощью небольшого движения кисти руки значительно переместить противоположный конец удочки.

Считается, что первым объяснил принцип действия рычага Архимед. Ему также приписывают высказывание, которое он произнёс, осознав значение своего открытия: «Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю!» (рис. 13.2).

С древности и до наших дней принцип действия рычага применяется практически в любом устройстве, преобразующем механическое движение. Лопата, весло, ножницы, плоскогубцы, весы, подъёмный кран и множество других инструментов и механизмов в том или ином виде используют рычаг в своей конструкции (рис. 13.3).

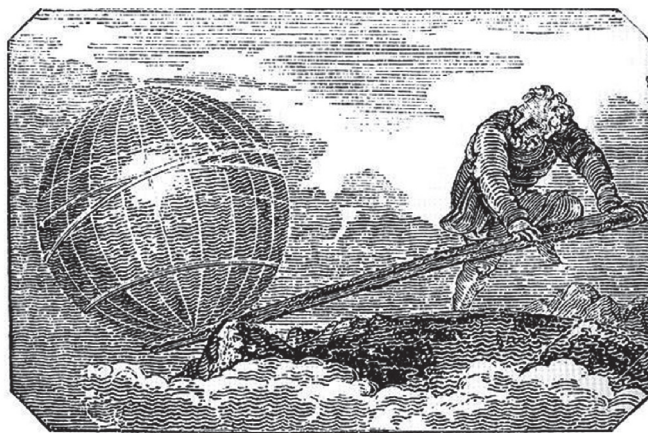


Рис. 13.2. Гравюра из «Журнала механики», изданного в Лондоне в 1842 г., изображающая Архимеда, переворачивающего Землю с помощью рычага

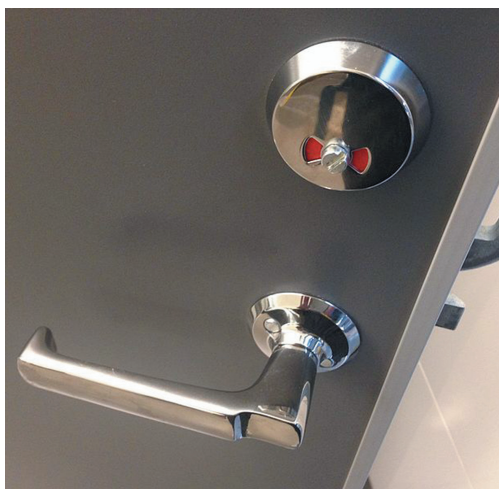


Рис. 13.3. Применение рычага

Проверить



Соберите конструкцию для изучения свойств рычага. Для этого понадобится перекладина, точка опоры и несколько одинаковых по весу грузов. Проведите опыты, которые позволят убедиться в справедливости принципа рычага.

Проведите опыт по получению выигрыша в силе. Установите центр переключины на точку опоры и поместите на каждый конец переключины одинаковый по весу груз. Важно, чтобы расстояние от точки опоры до грузов было одинаковым. Рычаг будет находиться в равновесии. Увеличьте в два раза груз на одном конце переключины, потом сократите расстояние от большего груза до точки опоры вдвое. Объясните результаты.

Самостоятельно спланируйте и проведите опыт по получению выигрыша в расстоянии. Объясните полученные результаты.

Знать

Рычаг — простейший механизм, позволяющий получать выигрыш в силе или в расстоянии. Принцип действия рычага применяется во множестве инструментов и механизмов.

Применять

1. Приведите примеры инструментов и механизмов, где применяется принцип действия рычага.
2. Сравните рычаги первого и второго рода. Приведите их примеры.
3. Подумайте, можно ли получить одновременно выигрыш в силе и расстоянии. Поясните вашу точку зрения.

§ 14

Ворот

Понять

Название «ворот» произошло от слова «воротить», что значит крутить, вращать. **Ворот — это простейший механизм, предназначенный для создания тягового усилия на верёвке (тросе, канате).** В основе устройства ворота — тот же рычаг, совершающий при работе полный оборот. В самом простом виде ворот представляет собой барабан (цилиндр), к которому прикрепляется рукоятка. Выигрыш в силе при использовании ворота определяется отношением диаметра окружности, по

которой движется рукоятка, к диаметру барабана, на который наматывается верёвка.

Ворот может быть расположен горизонтально или вертикально (см. рис. 14.1). Ворот с вертикальным

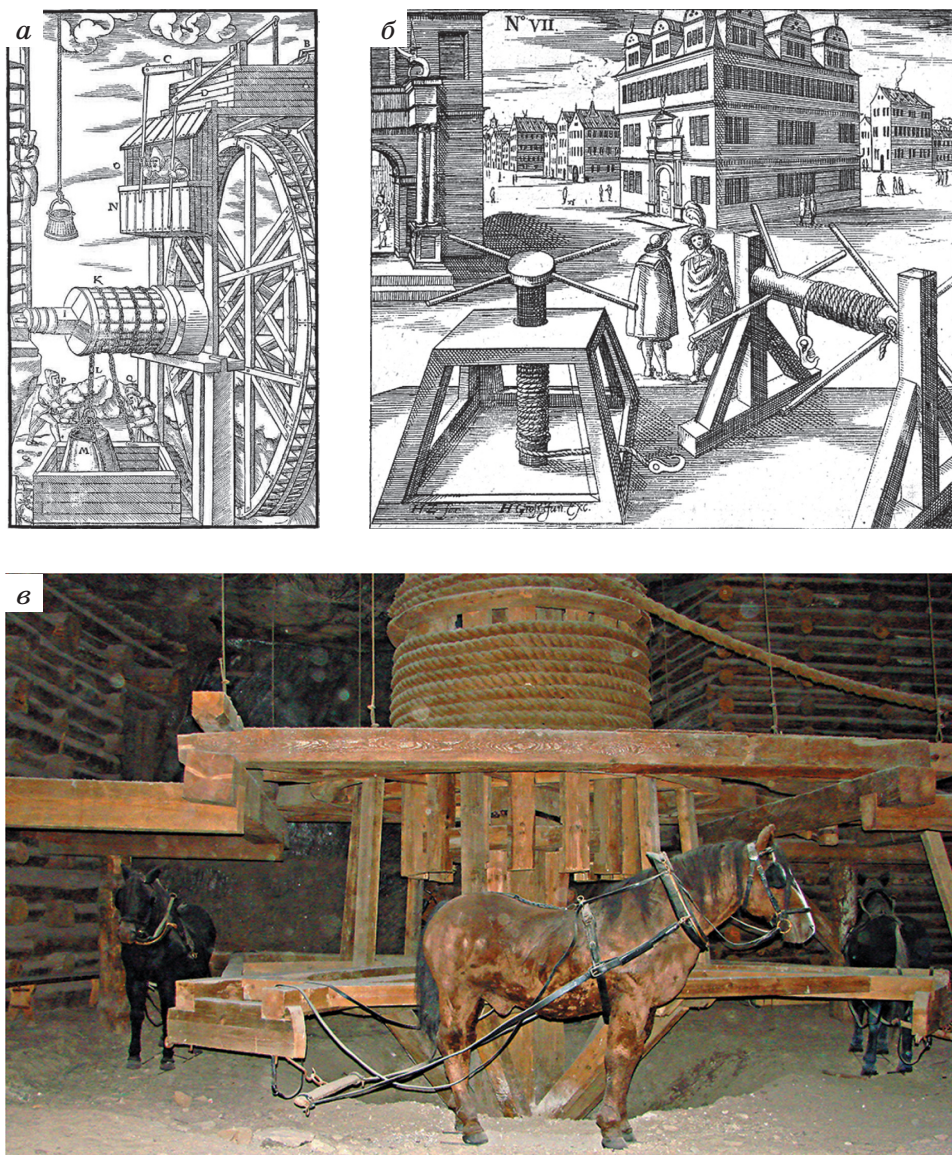


Рис. 14.1. Горизонтальный (а) и вертикальный (б, в) ворота

барабаном называется *кабестаном*. Его используют в судоходстве для подъёма якорей, подтягивания речных судов к причалам и т. д. Самый внушительный пример применения системы кабестанов в строительстве — установка Александровской колонны в Санкт-Петербурге на пьедестал в 1832 г.

Примеры инструментов и механизмов, работающих по принципу ворота — отвёртка, педали велосипеда, руль и коробка передач автомобиля, штурвал судна и др.

Проверить

Соберите устройство для знакомства с работой ворота. Потребуется барабан, на который будет наматываться нитка, и колесо с рукояткой. Также понадобится несколько одинаковых по весу грузов. Барабан следует установить в горизонтальном положении на надёжной опоре, так чтобы он мог вращаться. На барабане закрепите один конец нитки, таким образом, чтобы она не проскальзывала, а наматывалась на барабан. К другому концу нитки прикрепите сразу несколько грузов. Поместите конструкцию с привязанным грузом так, чтобы нитка была натянута (груз при этом может находиться в подвешенном состоянии).

Теперь прикрепляйте к рукоятке один груз за другим, пока барабан не повернётся. Сравните вес грузов, прикреплённых к рукоятке и к нитке. По их отношению вы можете определить выигрыш в силе, полученный в проведённом опыте.

Знать

Ворот — это простейший механизм. Он представляет собой вращающийся барабан, на который наматывается верёвка, соединённый с рукояткой. Ворот позволяет получить выигрыш в силе, равный отношению диаметра окружности, по которой движется рукоятка, к диаметру барабана.

Применять

1. Докажите, что в отвёртке осуществляется принцип ворота.
2. Как можно увеличить выигрыш в силе, получаемый с помощью ворота?



§ 15

Блок

Понять

Блок — это простейший механизм, имеющий форму колеса с жёлобом, по которому проходит верёвка, ремень или цепь.

Различают неподвижный и подвижный виды блоков. У *неподвижного* блока (рис. 15.1, а) ось колеса

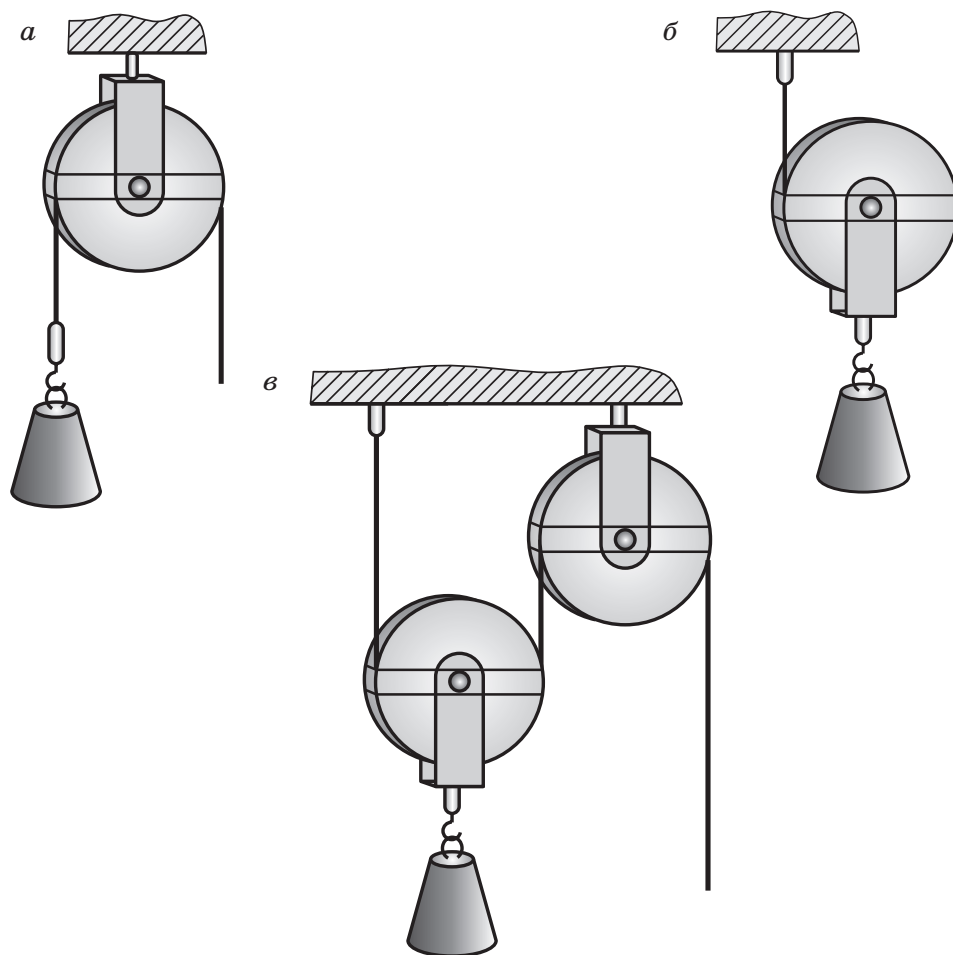


Рис. 15.1. Блоки: *а* — неподвижный; *б* и *в* — подвижные (в составе системы блоков)

закреплена и при подъёме грузов не поднимается и не опускается. У *подвижного блока* (рис. 15.1, б) ось перемещается вместе с грузом. Неподвижный блок не даёт выигрыша в силе. Его применяют для изменения направления действия силы. Например, прикладывая к верёвке, перекинутой через такой блок, силу, направленную вниз, мы заставляем груз подниматься вверх. Отсутствие выигрыша в силе позволяет сохранить скорость подъёма груза — с какой скоростью мы тянем верёвку, с такой скоростью поднимается груз.

Использование подвижного блока даёт выигрыш в силе в два раза, так как вес груза — это сила, направленная вниз. Её уравнивают две силы, направленные вверх. Одну создаёт опора, к которой прикреплен трос, а другую — человек или механизм, тянущий трос. Сила натяжения троса одинакова с двух сторон, значит, между ними поровну распределяется вес груза. Поэтому каждая из сил в два раза меньше веса груза. Подвижный блок, позволяя получить почти двойной выигрыш в силе, даёт двойной проигрыш в расстоянии. Для поднятия груза на нужную высоту, надо, чтобы длина верёвки с каждой стороны блока уменьшилась на эту высоту. Для подъёма груза с помощью подвижного блока на высоту 5 м требуется 10 м верёвки.

Комбинации из неподвижных и подвижных блоков — *полиспасты* выигрывают в силе и изменяют направление движения. Чем больше в полиспасте подвижных блоков, тем больше выигрыш в силе.

Проверить

Соберите конструкцию для изучения свойств блоков. Потребуются блоки, одинаковые по весу грузы и нитка.

В конструкции с неподвижным блоком можно уравновесить одинаковые по весу грузы. Это показывает, что выигрыша в силе нет. Также можно убедиться, что нет выигрыша или проигрыша в расстоянии: на какое расстояние вы протягиваете нитку, на такое же перемещается груз. Для получения выигрыша в силе используют подвижный блок. Поэкспериментируйте с разными комбинациями из блоков, обращая внимание на выигрыш в силе.



Знать

Блок — это простейший механизм, имеющий форму колеса с жёлобом, по которому проходит верёвка, ремень или цепь. Различают подвижные и неподвижные блоки.

Неподвижный блок не позволяет получить выигрыш в силе, его применяют для изменения направления приложенной силы.

Подвижный блок обеспечивает двукратный выигрыш в силе, но и двукратный проигрыш в расстоянии, которое проходит груз.

Для увеличения выигрыша в силе используют комбинацию из нескольких блоков — полиспаст.

Применять



1. В чём различие подвижного и неподвижного блоков?
2. Какую комбинацию блоков следует использовать, чтобы получить выигрыш в силе в четыре, шесть раз?

§ 16

Колесо

Понять



Колесо — это свободно вращающийся или закреплённый на оси диск, преобразующий энергию двигателя в полезную работу. Примеры применения колёс вы можете увидеть, конечно, на транспорте (рис. 16.1). Колесо в составе транспортного средства позволяет ему катиться, а не скользить. При этом существенно уменьшаются затраты энергии на перемещение груза, потому что сила трения, действующая на катящийся предмет, значительно ниже, чем на скользящий предмет.

Колесо широко используется для получения выигрыша как в силе, так и в расстоянии. Когда колесо поворачивается, на его ось действует большая сила, чем на обод. Этот эффект используется для получения выигрыша в силе, например в рулевом колесе. Чем больше руль, тем легче поворачивается его ось.

Диаметр колеса значительно больше диаметра оси, на которой колесо находится. Это позволяет получить выигрыш в расстоянии. При одном обороте оси колесо перемещает транспортное средство на расстояние, равное длине окружности обода. Длина окружности колеса, как и диаметр, служат основными его характеристиками. Диаметр колеса легко узнать с помощью линейки, а длину окружности можно вычислить с достаточной точностью, если диаметр умножить на число π .

Кроме транспортных средств колесо часто применяется при передаче механической энергии, например в зубчатых и ременных передачах.

Проверить

Колесо и ось — это, как правило, круглые соединённые друг с другом предметы, причём у колеса диаметр больше, чем у оси. Проведите несколько опытов с колёсами и осями.

Сконструируйте модель тележки, предусмотрев возможность смены колёс, для чего подготовьте колёса разного диаметра. Меняя колёса на тележке, убедитесь, что тележка проезжает разное расстояние за один оборот колеса.

Ось, на которой находится колесо, тоже может быть сконструирована по-разному. Тележ-

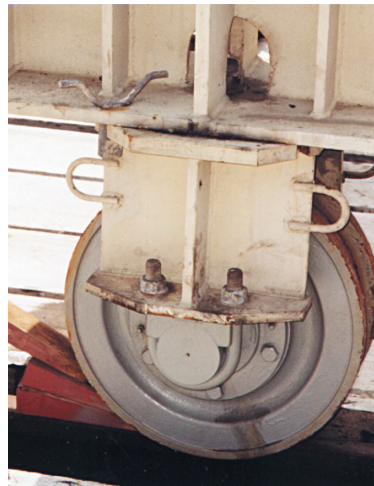


Рис. 16.1. Колёса



кой с закреплёнными осями легко управлять при движении по прямой линии. Однако на крутых поворотах она с трудом поддаётся управлению, потому что колёса не имеют возможности вращаться с разными скоростями. Одно из колёс на поворотах проскальзывает.

Сконструируйте модель тележки с разделёнными осями. Такой тележкой легко управлять при движении как по прямой, так и по кривой линии. Разделённые оси позволяют колёсам вращаться с разными скоростями.

Можно усовершенствовать модель тележки, добавив в её конструкцию рулевое управление.

Знать

Колесо представляет собой свободно вращающийся или закреплённый на оси диск, преобразующий энергию двигателя в полезную работу. Оно широко используется для получения выигрыша как в силе, так и в расстоянии.

Применять



Продумайте конструкцию модели измерительной тележки — приспособления, с помощью которого можно измерять расстояние. Предложите способ отображения результатов измерений. Решите, какой будет шкала и единица измерения. Оцените точность измерения расстояния с помощью тележки. Удобно ли будет измерять тележкой небольшие расстояния, например 10–20 см?

§ 17

Поршень

Понять



Поршень представляет собой деталь цилиндрической формы, совершающую возвратно-поступательное движение внутри цилиндра (рис. 17.1). Он служит для превращения изменения давления газа, пара или жидкости в механическую работу, или наоборот — механической работы в изменение давления.

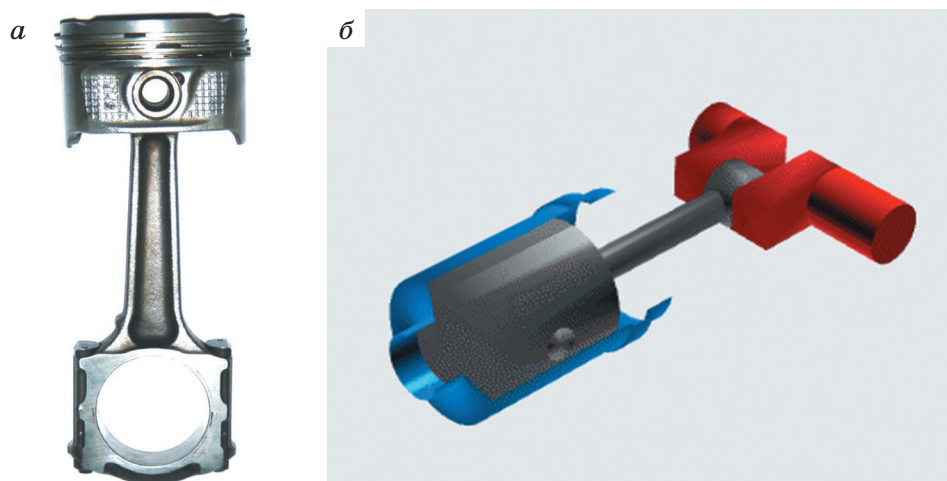


Рис. 17.1. Поршень, соединённый со штоком (а) и кривошипом (б)

Поршень состоит из трёх основных частей: *днища*, *уплотняющей части* и *направляющей части*, которую также называют *юбкой*.

Форма днища поршня различается в зависимости от выполняемой поршнем функции. Например, в двигателях внутреннего сгорания форма днища зависит от конструкции двигателя — расположения свечей зажигания и клапанов. Для нормальной работы поршневых механизмов большое значение имеет уплотняющая часть. При недостаточном уплотнении давление газа, пара или жидкости упадёт. Днище и уплотняющая часть образуют *головку* поршня. Для передачи усилия от поршня (или наоборот) используется *шток* или *кривошип*, который соединяется с поршнем (рис. 17.1).

Поршень применяется в гидравлических и пневматических механизмах. В работе гидравлических механизмов используется жидкость, а пневматических — газ. К подобным механизмам относятся насосы, компрессоры, двигатели и др.

Проверить

Изучая свойства механизмов, в конструкцию которых входит поршень, используют как гидравлический, так



и пневматический механизм, поскольку функция поршня в них одинакова. Примером может служить велосипедный или автомобильный механический насос. Насос позволяет с помощью поршня передать воздух по шлангу дальше, к камере велосипедной или автомобильной шины.

Необходимое для работы насоса устройство — *клапан*. Существуют различные виды клапанов. *Запорный клапан* перекрывает поток газа. *Обратный клапан* не позволяет потоку газа изменять направление. Именно такой клапан установлен, например, в камере шины: он пропускает воздух внутрь и предотвращает его движение наружу.

Эффективность работы насоса можно проверить с помощью *манометра* — прибора, измеряющего давление, в том числе давление газа. Для этого нужно манометром измерить давление в камере шины до и после подключения насоса и сравнить показания.

Знать

Поршень представляет собой деталь цилиндрической формы, совершающую возвратно-поступательное движение внутри цилиндра. Он служит для превращения изменения давления газа, пара или жидкости в механическую работу, или наоборот. Поршень состоит из трёх основных частей: днища, уплотняющей части и направляющей части. Поршень применяется в гидравлических и пневматических механизмах. К подобным механизмам относятся насосы, компрессоры, двигатели и др.

Применять



1. В каких случаях поршень служит для превращения изменения давления газа, пара или жидкости в механическую работу, а в каких — механической работы в изменение давления?
2. Позволяет ли поршень получить выигрыш в силе или в расстоянии?
3. Какие существуют ограничения в применении поршня?