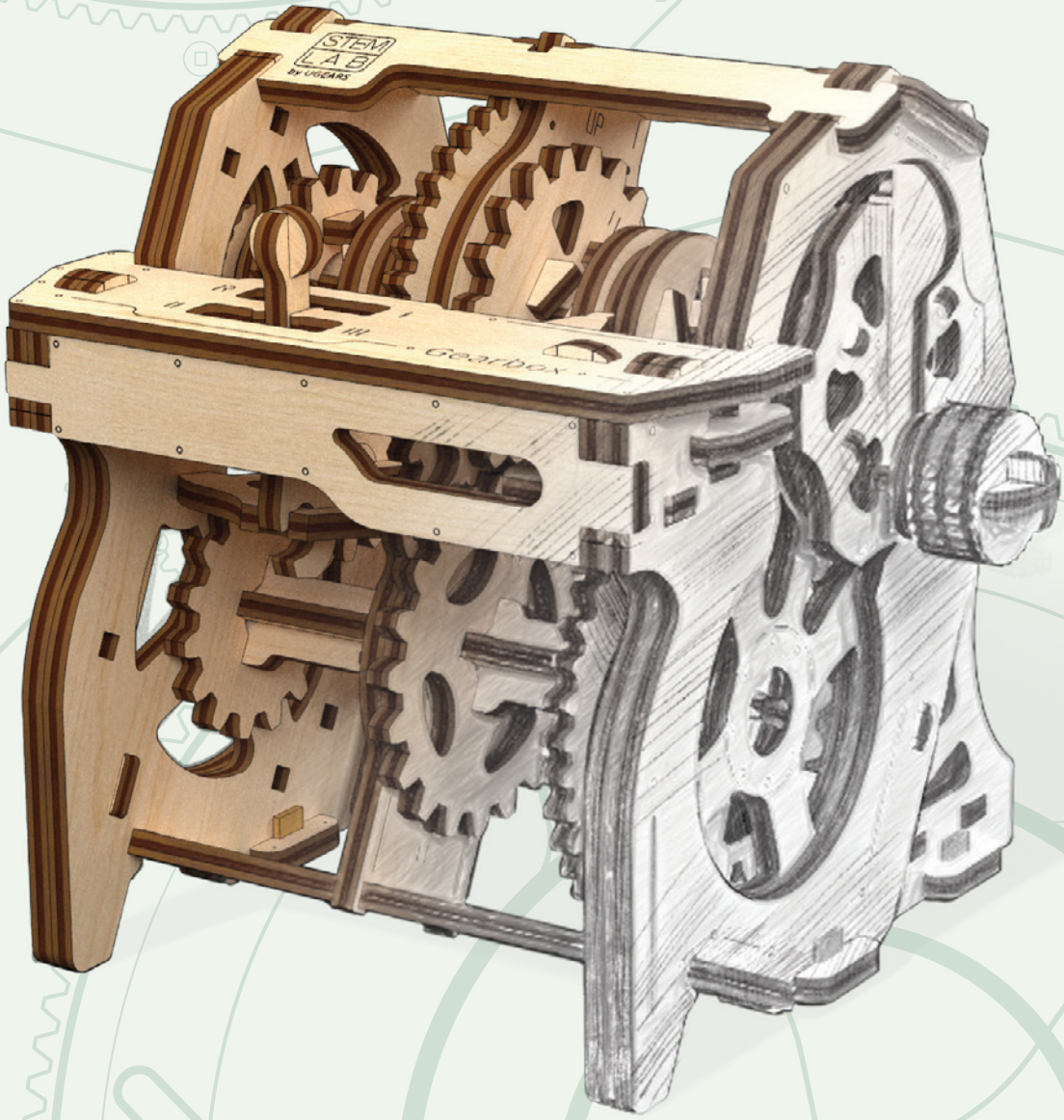
STEM LAB
by UGEARS

МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

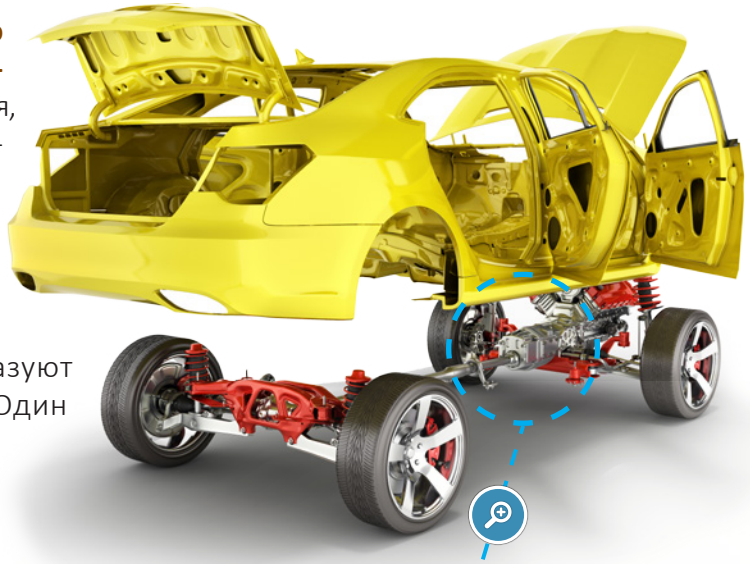
КОРОБКА ПЕРЕДАЧ



Справочник юного механика

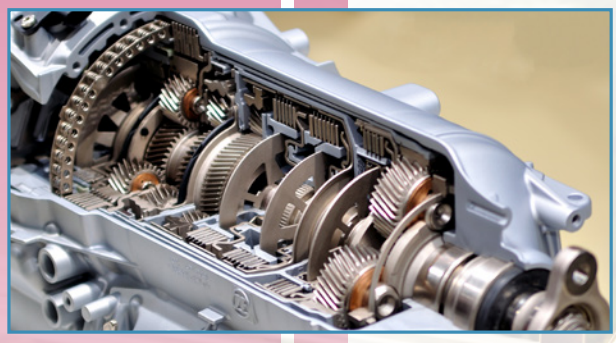
§1
Вступление

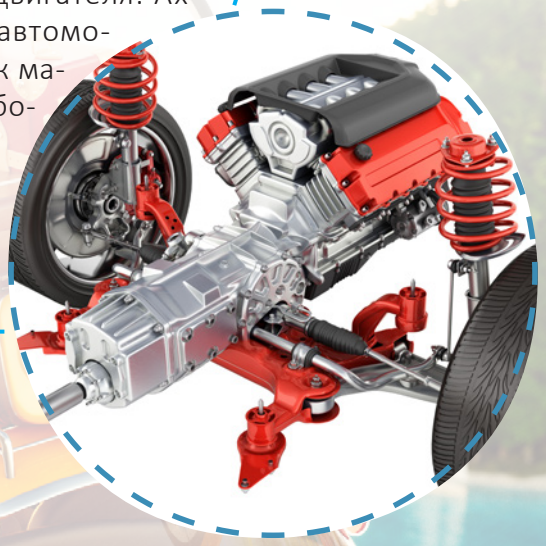
Пытливый ум всегда требует пищи. Ведь так интересно узнавать, как устроен этот мир – почему день сменяет ночь, как огромный самолет держится в воздухе, из чего состоит человек, как работает тот или иной механизм. Признайтесь, ведь и вы хотя бы раз в жизни хотели разобрать на детали какое-нибудь устройство – старое радио из дедушкиного гаража, сломанный пылящийся миксер ...



А как на счет чего-то по-настоящему грандиозного? Например, автомобиля, ведь он состоит из множества деталей. Подобно живому организму, состоящему из молекул, детали объединяются в механизмы, соединяются между собой и в результате образуют транспортное средство! Один из таких механизмов – коробка передач, которая выполняет очень важную функцию, ведь без нее машина могла бы ехать только вперед и ее скоростью управляла бы только частота вращения двигателя! Ах да! Знаете ли Вы что скоростью Вашего автомобиля управляет не только двигатель? А как машина едет назад, если двигатель всегда работает в одном режиме?

Добро пожаловать в мир механики!





Коробка передач обеспечивает поддержание баланса между скоростью движения автомобиля и усилием, которое необходимо приложить для преодоления разных дорожных ситуаций (подъем в гору или спуск с горы, быстрая или медленная езда и т.д.). Таким образом, водитель может выбирать режим комфортной езды, а также реверсивный режим – т.е. движение назад.

А еще есть нейтральный режим!

Но все по порядку...

Понять основные принципы работы поможет механический конструктор «Коробка передач » линейки STEM - модель, которая полностью повторяет принцип действия механической коробки передач. Собрав модель своими руками, вы запомните, из чего состоит коробка передач и для чего она нужна.

Интересно, что коробки передач используются не только в транспортных средствах, но и в промышленных механизмах, станках на производстве. Так, например, в токарных станках с помощью коробки передач опытный токарь управляет скоростью вращения заготовки для выбора правильного режима обработки.

§2
Историческая справка

Кто, когда и зачем придумал коробку передач

Коробка передач, как и все изобретения, имеет свою историю и постоянно совершенствовалась. Вы, наверное, удивитесь, но автомобили не всегда выглядели как современные транспортные средства.

Скорее всего, правильно сказать так – каждый автомобиль соответствует стилю своей эпохи.

И когда Карл Бенц в 1887 году изобрел коробку передач, он установил ее на автомобиль, больше напоминавший карету.

Но это был уже полноценный автомобиль с двигателем и коробкой передач!

Изобретателем механической коробки переключения передач считается знаменитый немецкий инженер Карл Бенц.

Говорят, что вдохновила его на это собственная жена Берта. В 1888 году она вместе с детьми отправилась на автомобиле к своей матери. Проехать нужно было 106 километров, а автомобильная конструкция тех времен была настолько несовершенной, что очень быстро начала давать сбой. В частности, слишком слабый двигатель мощностью всего 0,8 лошадиных сил (для примера, современные автомобили обладают средней мощностью 150 л.с.) не позволял ехать под гору, поэтому приходилось толкать машину самостоятельно.

После этого непростого путешествия Карл Бенц и решил усовершенствовать автомобиль, установив на него вспомогательную передачу.

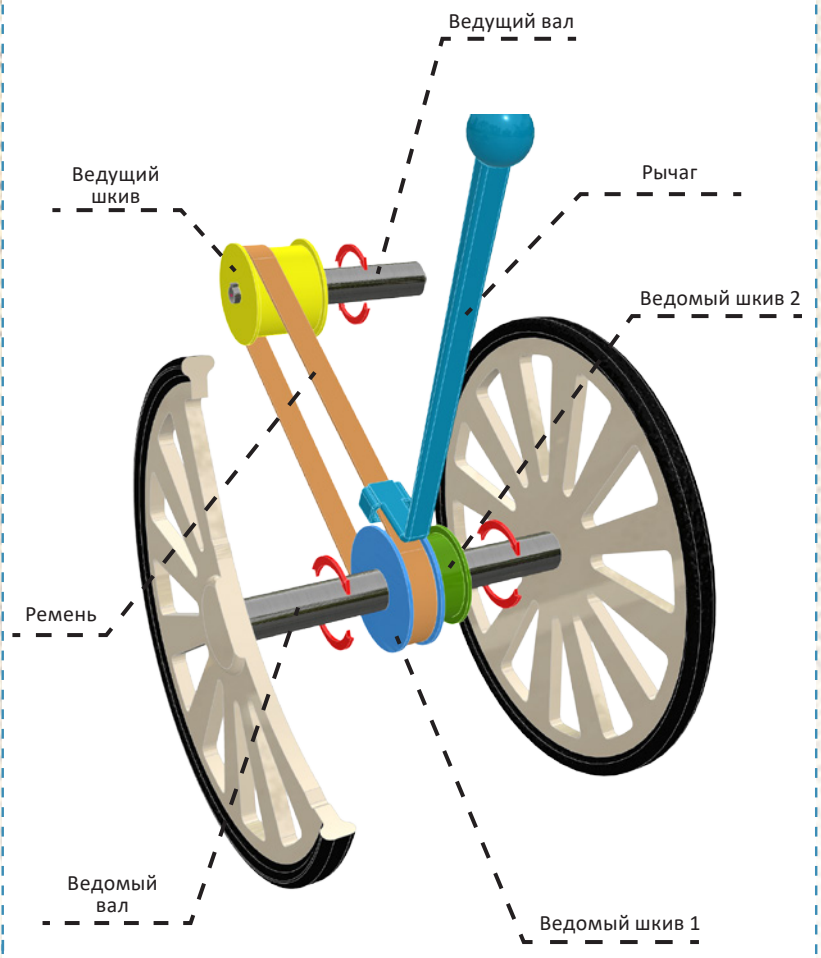
Карл Фри́дрих Михаэ́ль Бенц — немецкий инженер, изобретатель одного из первых в мире автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, пионер в области автомобилестроения. Из его фирмы позже образовался концерн Daimler-Benz AG.

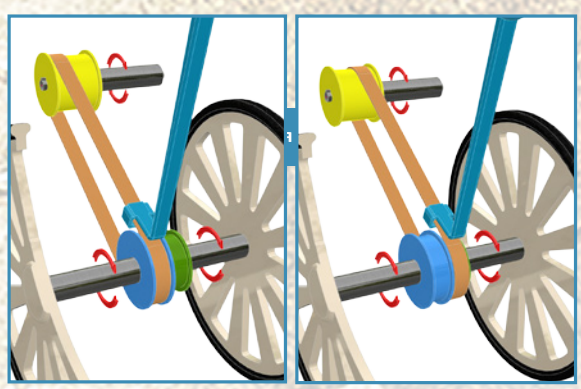
Цецилия Берта Бенц — супруга Карла Бенца и родоначальница междугородних поездок. 5 августа 1888 году взяла без ведома мужа автомобиль и совершила на нём поездку с двумя старшими сыновьями из Мангейма в Пфорцхайм. По пути они несколько раз покупали бензин в аптеках (он продавался там как чистящее средство)

Он использовал кожаный ремень, одетый на металлические диски с канавкой для ремня (такие диски называются **шкивами**), а именно все выглядело так:

На вал двигателя (вал, который приводит в движение, называется **ведущим валом** и обычно идет от двигателя) был одет шкив большего диаметра (поскольку он одет на ведущий вал – это **ведущий шкив**). На вал, который приводил в движения колеса (вал, который приводят в движение, т.е. следующий за ведущим, называется **ведомым валом**), были одеты еще два шкива разного диаметра (поскольку они были одеты на ведомый вал, то соответственно - **Ведомый шкив 1 и 2**). С помощью специального рычага (**теперь он известен как рычаг переключения передач**) можно было переставлять ремень с одного ведомого шкива на другой, при этом не трогая ведущий шкив, расположенный на валу двигателя.

Общая схема коробки передач Карла Бенца





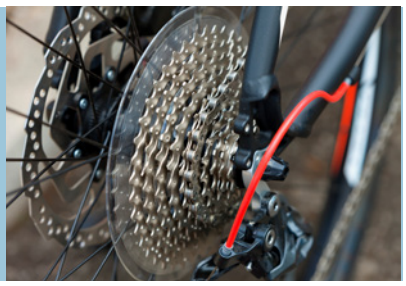
Ремень на первом шкиве. Положение 1, при котором едет медленнее, но развивает большую мощность

Ремень на втором шкиве. Положение 2, при котором машина ехала быстрее

Поскольку диаметры шкивов отличались, то и скорость их вращения также изменялась. В силу вступали **передаточные отношения**. Именно это понятие лежит в основе работы коробки передач, и именно оно определяет понятие передача.

Интересно! Ведомый шкив был не просто кусок штампованного металла, а сложный механизм, состоявший из непосредственно шкива и дифференциала.
Понять основные принципы работы дифференциала поможет механический конструктор «Дифференциал» линейки STEM - модель, которая полностью повторяет принцип действия дифференциала.

Летели года, технологии не стояли на месте. Конечно, сейчас уже никто не использует коробку передач, изобретенную Карлом Бенцом, в ее первоначальном виде. Однако, заменив ремень на цепь, а шкивы на звездочки и немного переработав систему переключения передач, вы получите механизм, до сих пор успешно применяемый в велосипедах.

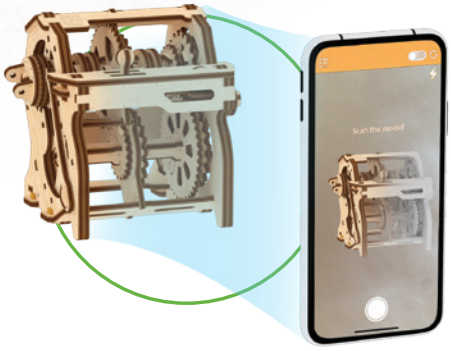


Уникальный AR-опыт: как механизм применяется в реальной жизни

1 **Отсканируйте QR-код для загрузки приложения UGEARS AR**

2 **Откройте приложение**

3 **Совместите вид собранной модели с ее отображением на экране**



4 **Взаимодействуйте в дополненной реальности (AR)**

Каждая механическая модель серии UGEARS STEM-лаб - это наглядное интерактивное пособие о том, как устроен механизм и как он работает.

Соберите Коробку передач своими руками и узнайте, как устроен этот механизм и какой принцип его работы.

С помощью специального приложения UGEARS AR окунитесь в мир дополненной реальности. Наведите смартфон или планшет на собранную модель и посмотрите, где этот механизм используется в реальной жизни.

С моделью можно взаимодействовать на экране, рассматривать механизм с разных ракурсов и видеть, как работает коробка передач в автомобиле.

ANDROID APP ON Google play

Available on the iPhone App Store

Получите неограниченную поддержку!
Если в процессе сборки у Вас возникнут вопросы, команда Ugears всегда рядом и готова предоставить совет и инженерную поддержку. Именно для этого мы ввели службу поддержки покупателей, которая круглосуточно принимает заявки и отвечает на них в кратчайшие сроки.

Customer support:
customerservice@ugearsmodels.com

§3
Что это за механизм и где применяется

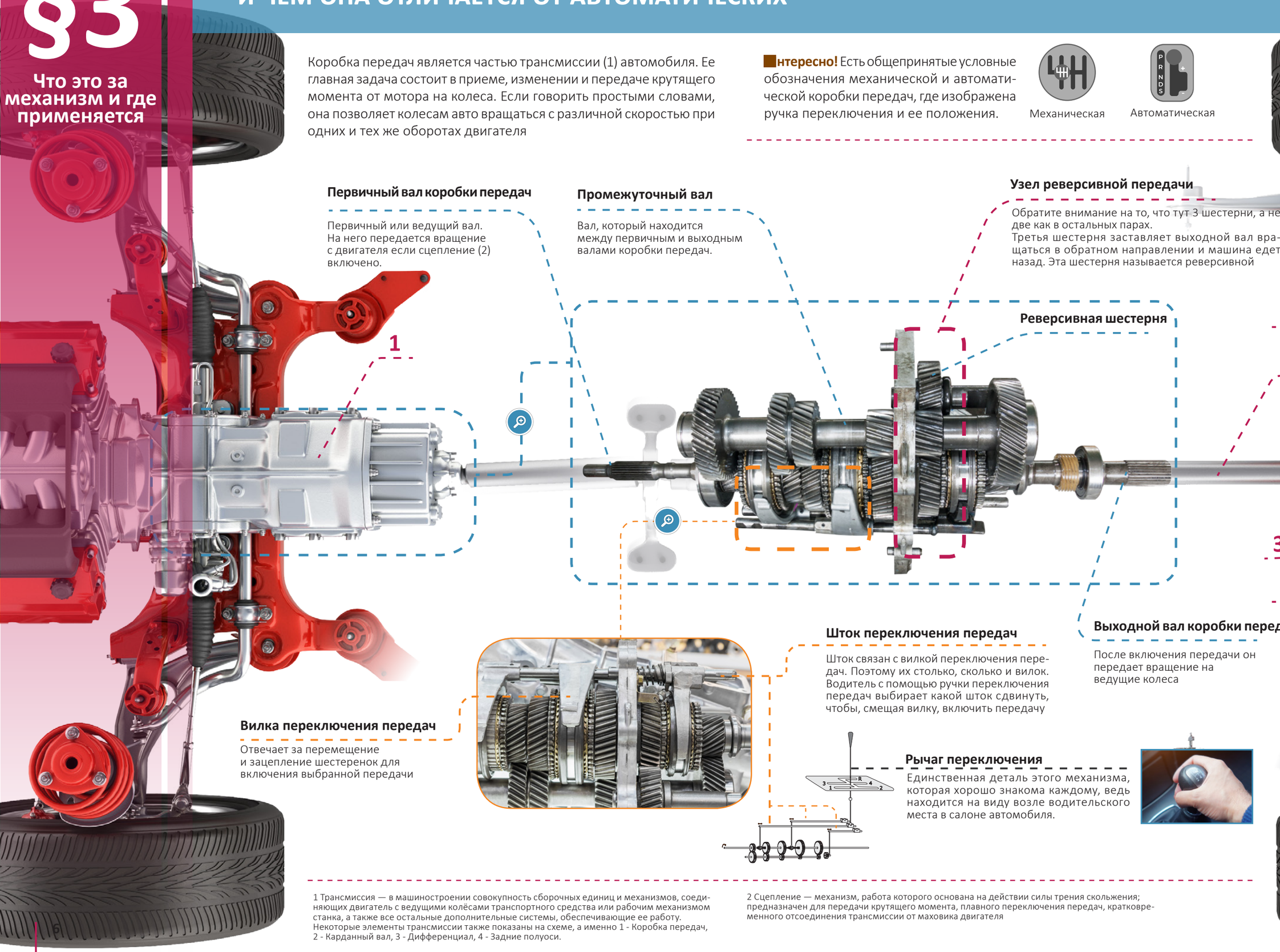
ДАВАЙ ПОДРОБНЕЕ РАССМОТРИМ, ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ СОВРЕМЕННАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ И ЧЕМ ОНА ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ АВТОМАТИЧЕСКИХ

Коробка передач является частью трансмиссии (1) автомобиля. Ее главная задача состоит в приеме, изменении и передаче крутящего момента от мотора на колеса. Если говорить простыми словами, она позволяет колесам авто вращаться с различной скоростью при одних и тех же оборотах двигателя

Интересно! Есть общепринятые условные обозначения механической и автоматической коробки передач, где изображена ручка переключения и ее положения.

Механическая

Автоматическая



Первичный вал коробки передач

Первичный или ведущий вал. На него передается вращение с двигателя если сцепление (2) включено.

Промежуточный вал

Вал, который находится между первичным и выходным валами коробки передач.

Узел реверсивной передачи

Обратите внимание на то, что тут 3 шестерни, а не две как в остальных парах.
Третья шестерня заставляет выходной вал вращаться в обратном направлении и машина едет назад. Эта шестерня называется реверсивной

Реверсивная шестерня

Выходной вал коробки передач

После включения передачи он передает вращение на ведущие колеса

Шток переключения передач

Шток связан с вилкой переключения передач. Поэтому их столько, сколько и вилок. Водитель с помощью ручки переключения передач выбирает какой шток сдвинуть, чтобы, смещая вилку, включить передачу

Вилка переключения передач

Отвечает за перемещение и зацепление шестеренок для включения выбранной передачи

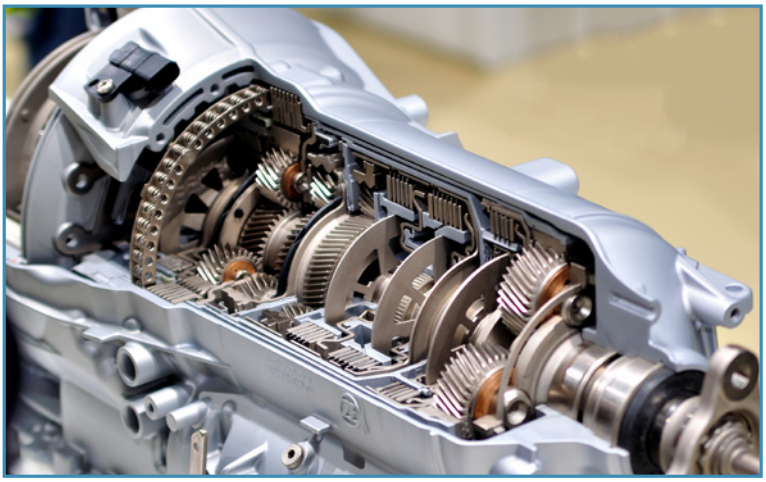
Рычаг переключения

Единственная деталь этого механизма, которая хорошо знакома каждому, ведь находится на виду возле водительского места в салоне автомобиля.

1 Трансмиссия — в машиностроении совокупность сборочных единиц и механизмов, соединяющих двигатель с ведущими колёсами транспортного средства или рабочим механизмом станка, а также все остальные дополнительные системы, обеспечивающие ее работу. Некоторые элементы трансмиссии также показаны на схеме, а именно 1 - Коробка передач, 2 - Карданный вал, 3 - Дифференциал, 4 - Задние полуоси.

2 Сцепление — механизм, работа которого основана на действии силы трения скольжения; предназначен для передачи крутящего момента, плавного переключения передач, кратковременного отсоединения трансмиссии от маховика двигателя

Кроме механической коробки передач в машинах применяется также автоматическая



Автоматическая коробка передач, основанная на принципе действия планетарного редуктора

Основное отличие автоматической коробки (АКПП) от механической (МКПП) заключается в том, что передачи в ней переключаются автоматически.

Автоматическая коробка передач имеет много преимуществ по сравнению с механической. Из плюсов можно отметить достаточно высокую надежность в случае правильной эксплуатации. Поскольку все управляется компьютером, то и переключение передач происходит в те моменты, когда сцеплению и двигателю это не причинит вреда, а это означает, что двигатель будет служить дольше. Неоспоримым преимуществом является и то, что машина не катится назад, когда вы стоите под горку, отпустив педаль тормоза, а трогаться под горку становится намного проще. Однако, если смотреть правде в глаза, причиной выбора автоматической коробки передач является нежелание и неумение правильно переключать передачи вручную, ведь она это делает как настоящий профи. Но следует учесть, что у всего есть и плюсы, и минусы. Минус автоматической коробки состоит в том, что она очень нежная и требует своевременного обслуживания. В случае выхода ее из строя ремонт может быть очень дорогостоящим.

По своему устройству коробки делятся на **автоматические с планетарным редуктором, вариаторным редуктором** и **робототизированные** коробки передач.

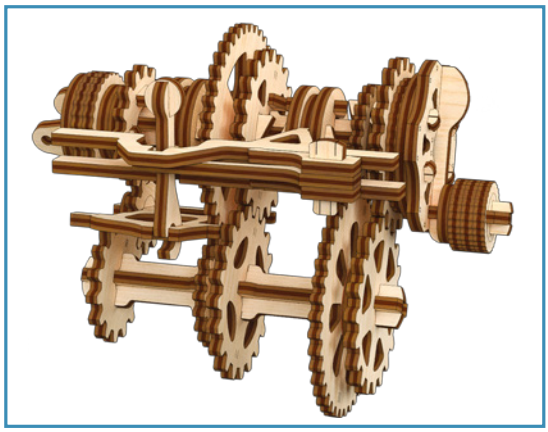
Популярностью в наши дни пользуются машины с автоматической коробкой передач, это подтверждает и статистика мировых продаж автомобилей. Но при этом механическая коробка передач по-прежнему используется в мировой промышленности и считается более надежной. Самой распространенной считается коробка с шестью передачами – пятью скоростями и задним ходом.

§4

Физика и механика на примере STEM-модели «Коробка передач»

Как коробка передач изменяет скорость авто?

Двигатель в процессе работы передает вращение на приводной вал коробки передач; далее движение передается на шестерни; шестерни начинают вращаться с разной скоростью; водитель берется за ручку коробки передач и включает первую передачу (кстати, первая передача называется пониженной).



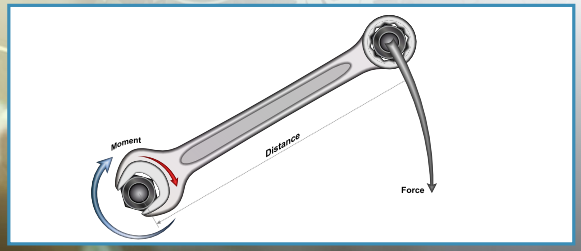
В этот момент, с помощью штока переключения передач, движение руки водителя передается на вилку, которая является частью механизма, отвечающего за передачу вращения шестеренок на выходной вал. Этот механизм называется - синхронизатор. После того, как синхронизатор подключился к группе шестеренок, отвечающих за выбранную передачу, выходной вал начинает вращаться и передает вращение на вал кардана, далее вращение передается на дифференциал, а он распределяет усилие и передает вращение на колеса; авто начинает ехать с требуемой скоростью. Конструктор «Коробка передач» линейки CTEM работает по такому-же принципу.

Итак, мы разобрались, как работает коробка передач. Давайте перейдем к основным понятиям.

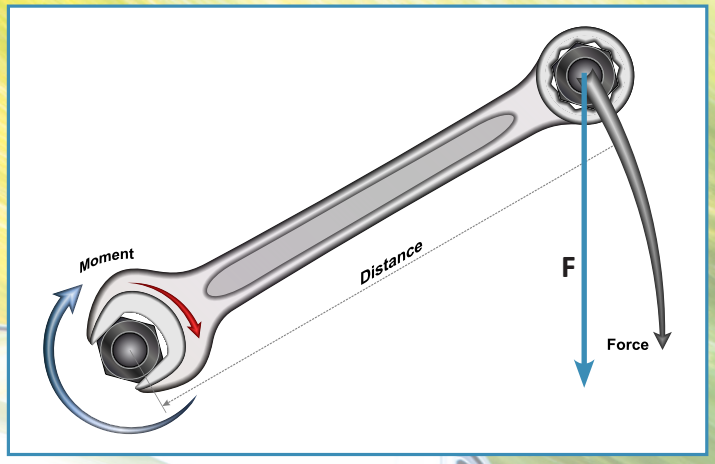
Описывая устройство и принцип работы коробки передач в этом пособии мы часто используем разные термины и понятия из мира физики и машиностроения. Давай рассмотрим их подробней и начнем с основополагающего понятия физики - сила. Понятие силы ввел Исаак Ньютон.

Ньютон (F) — единица силы. Физическая величина, которая определяет насколько одно тело воздействует на другое. Например, мы часто говорим о том, какие мы сильные, однако на самом деле имеем ввиду насколько сильно мы можем воздействовать на другие предметы. Сила измеряется в Ньютонах.

Рычаг — твёрдое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной опоры. Очень хорошим примером рычага может являться гаечный ключ. Если мы попытаемся открутить гайку, то один конец ключа установим на ее шляпку а за второй будем тянуть. т.е. таким образом мы получили рычаг.



Сэр Исаак Ньютон — английский физик, математик, механик и астроном, один из создателей классической физики. Автор фундаментального труда «Математические начала натуральной философии», в котором он изложил закон всемирного тяготения и три закона механики, ставшие основой классической механики



Крутящий момент – это произведение (умножение) силы на плечо рычага, к которому она приложена. Если помните, то сила измеряется в Ньютонах, а вот плечо рычага измеряется в метрах или футах (например длина гаечного ключа). Соответственно, 1Н * 1м = 1 Нм. 1 Нм равняется силе в 1Н (Ньютон), которая приложена к рычагу в 1 метр.

В двигателях внутреннего сгорания сила передается от топлива, которое воспламеняется, поршню, от поршня кривошипному механизму, от кривошипного механизма коленвалу. А вот уже коленвал через систему трансмиссии и приводов раскручивает колеса.

Понятно, что он не постоянен. Сильнее — когда на плечо действует большая сила, слабее — когда сила перестает действовать. То есть, когда мы давим на педаль газа то сила, действующая на плечо увеличивается, а соответственно увеличивается и момент.

Ни для кого не секрет, что дверь проще открыть, толкнув её с внешнего края, именно поэтому там всегда располагаются дверные ручки. И наоборот, чем ближе к петлям мы будем толкать нашу дверь, тем меньше вероятность, что она нам поддастся. Здесь мы имеем дело с так называемым **плечом силы.**

Передача – набор определенных шестерней, которые регулируют соотношение между скоростью двигателя и скоростью колес. Также этот термин используется для описания каждой скорости коробки передач.

Передаточное отношение – это не что иное, как отношение числа зубьев ведомой шестерни (т.е. расположенной на ведомом валу) к числу зубьев ведущей (т.е. расположенной на ведущем валу).

Передаточное отношение – одна из основных характеристик зубчатых передач, которые обеспечивают передачу крутящего момента от двигателя на привод какого-либо другого устройства (узла)

Мощность.

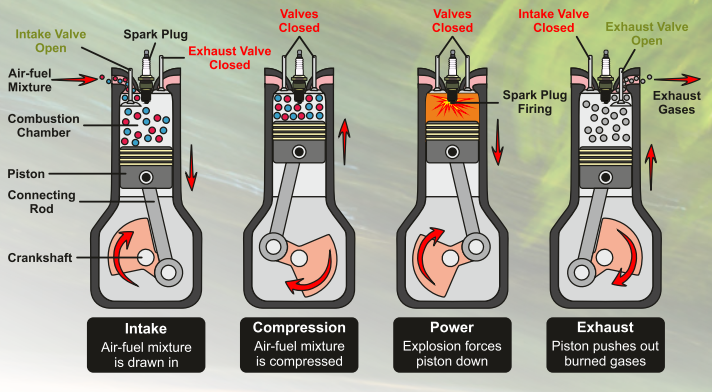
Крутящий момент напрямую связан с мощностью двигателя. Мощность, если сказать простыми словами – это работа двигателя, совершенная за определенную единицу времени. А так, как крутящий момент, это и есть работа двигателя, то мощность характеризует, сколько раз в единицу времени, двигатель совершил крутящий момент.

Физики вывели формулу, которая связывает крутящий момент и мощность.

P (мощность) = Мкр (момент крутящий) * N (обороты двигателя, измеряются в об./мин) / 9549 (поправочный коэффициент).

Мощность измеряется в киловаттах. Однако киловатты сложны для потребителя, мы привыкли измерять мощность в лошадиных силах (л.с.)

Лошадиная сила - для того чтобы перевести киловатты в лошадиные силы, нужно количество киловатт умножить на 1.36



Основные процессы происходящие в двигателе

1. Подача топлива в камеру сгорания
2. Сжатие топлива для достижения необходимой плотности
3. Взрыв топлива (в бензиновых авто происходит из-за искры свечи зажигания. В дизельных - из-за сильного нагрева в процессе сжатия). Именно сила взрыва порождает мощность двигателя.
4. Сброс газов после взрыва

Далее процесс повторяется...

Частота вращения ведомой шестерни: используя передаточное отношение и частоту вращения ведущей шестерни, можно запросто вычислить частоту вращения ведомой шестерни. Как правило, частота вращения измеряется в оборотах в минуту (rpm).

Предположим что S_1, T_1 — частота вращения и количество зубьев ведущей шестерни; S_2, T_2 — частота вращения и количество зубьев ведомой шестерни.

Исходя из зависимости: $S_1 \times T_1 = S_2 \times T_2$

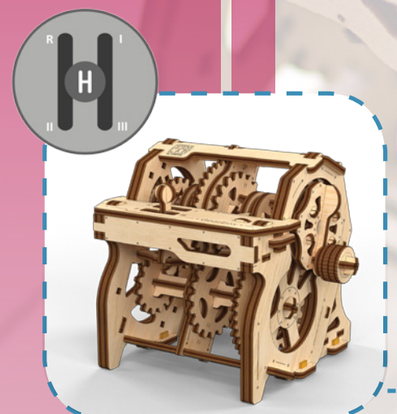
Получим: $S_2 = (S_1 \times T_1)/T_2$

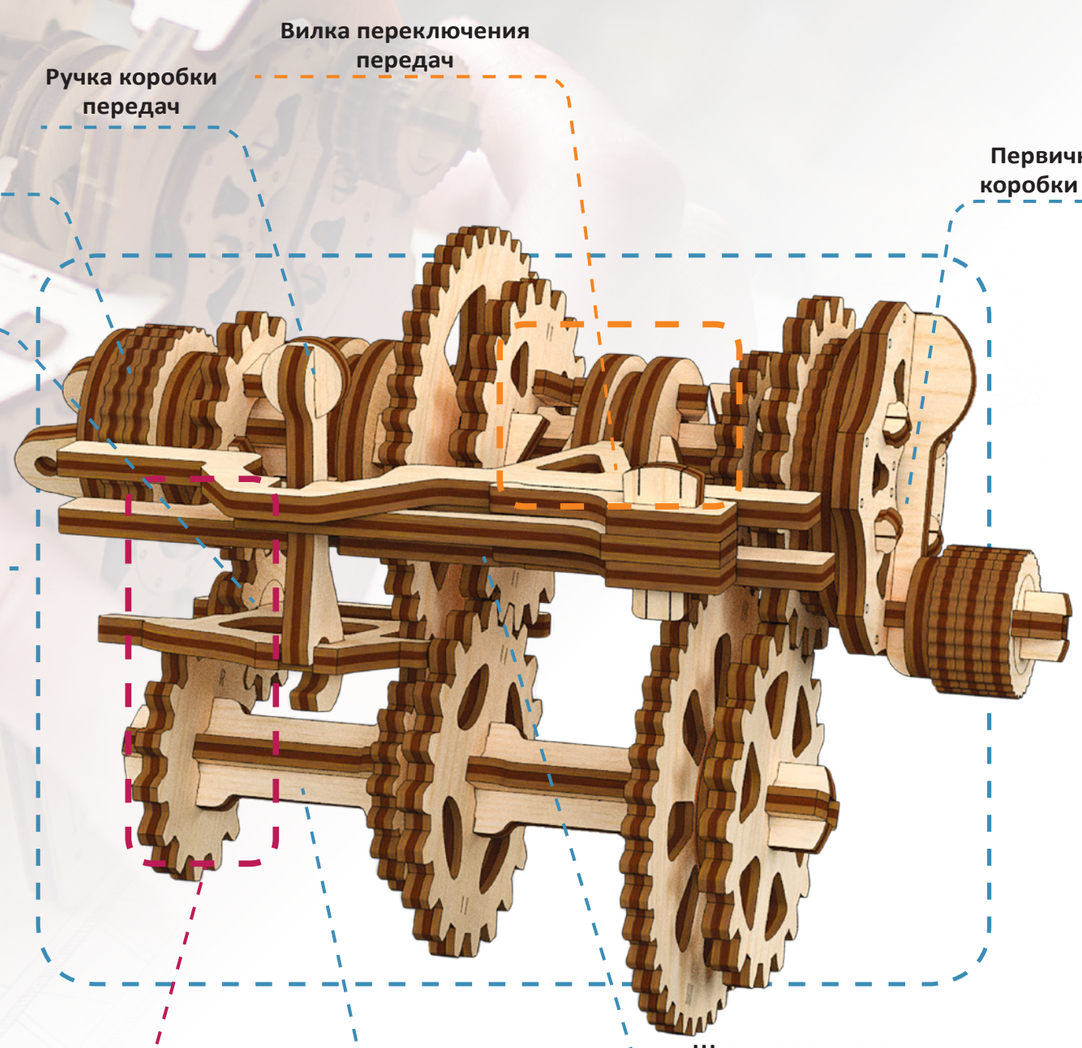
§5

Как устроен механизм

И ВОТ МЫ ПРИШЛИ К ФИНИШУ! ПОСМОТРИМ, ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ НАША КОРОБКА ПЕРЕДАЧ.

Давай вместе проверим все ли на своих местах!





MODEL PREVIEW

Ну что, проверили? Все на своих местах,
а это значит, что пора приниматься за работу!

Конструктор состоит из 120 деталей, собрать их правильно и без труда вам поможет детальная иллюстрированная инструкция.

§6

Лабораторные занятия

Определение передаточного числа ведущей и ведомой шестерней коробки передач, вычисление частоты вращения

Цель: Научиться определять передаточное число шестерней коробки передач. Установить закономерность между частотой вращения и положением рычага. Развивать логическое мышление.

Оборудование: коробка передач, секундомер, блокнот с ручкой.

Теоретическое обоснование эксперимента:

Шестерни – это колеса с зубцами, которые сцепляют их друг с другом. Так как зубцы соединяют шестерни, шестерни могут очень эффективно передавать силу и движение. Ведущая шестерня приводится в движение внешней силой, например вашей рукой. Любая шестерня, которая приводится в движение ведущей, называется ведомой. Ведущая шестерня предоставляет входную силу, а ведомая – выходную. Используя систему шестерней, можно добиться изменения скорости, направления или силы.

Подготовка к эксперименту:

Собираем и устанавливаем на поверхности коробку передач.
Фиксируем рычаг передач в нейтральном положении.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ:

Упражнение 1

Изобразите на листке бумаги схематически коробку передач. Попробуйте объяснить по иллюстрации, как она работает. Пофантазируйте, что бы вы улучшили в этом механизме, если бы были инженером-изобретателем.

Упражнение 2

Подумайте, на какой предмет или предметы из вашего дома похожа коробка передач.

Упражнение 3

Контрольные вопросы:

1. Из чего состоит коробка передач?
☐ а) валов;
☐ б) шестерней;
☐ в) рычага.

2. Какая часть коробки передач находится в салоне автомобиля:
☐ а) валы с шестернями;
☐ б) оси;
☐ в) рычаг переключения.

3. Частью чего в автомобиле является коробка передач?
☐ а) трансмиссии;
☐ б) двигателя;
☐ в) рулевой колонки.

4. Для чего нужна коробка передач?
☐ а) чтобы тормозить;
☐ б) чтобы менять скорость движения;
☐ в) чтобы ехать назад.

5.Какая коробка передач считается сегодня самой ходовой?
☐ а) с тремя передачами – две скорости и задний ход;
☐ б) с шестью передачами – пять скоростей и задний ход;
☐ в) с десятью передачами – пять скоростей и пять скоростей заднего хода.

Задание 1. **Определить передаточное число.**

1. Подсчитываем количество зубцов на ведомой шестерне, затем на ведущей.
2. Чтобы узнать отношение скорости вращения двух сцепленных шестерней относительно друг друга, нужно разделить количество зубцов ведомой шестерни на количество зубцов ведущей. Этот коэффициент называется передаточным числом.

Задание 2. **Вычисление частоты вращения ведомой шестерни.**

1. Определите частоту вращения ведущей шестерни (посчитайте количество оборотов за 1 минуту вращая ручку равномерно).
2. Значение количества зубцов на ведомой шестерне и на ведущей можно использовать с первого задания (или заново повторить эксперимент).
3. Для вычисления частоты вращения ведомой шестерни нужно подставить соответствующие значения в формулу:

$$S_1 \times T_1 = S_2 \times T_2,$$

где S_1, T_1 — частота вращения и количество зубьев ведущей шестерни;

S_2, T_2 — частота вращения и количество зубьев ведомой шестерни.

4. Не забудьте приписать соответствующую единицу измерения – оборотов за минуту

Задание 3. **Вычисление свободной скорости ведомой шестерни.**

1. Посчитать входную скорость вращения шестерни (количество оборотов за одну минуту).
2. Передаточное число используем с первого задания (или можно повторить эксперимент заново).
3. Свободная скорость второго вала может быть рассчитана по формуле:

Выходная скорость = Входная скорость / Передаточное число

Задание 4. **Повторите эксперимент с разными парами шестерней при разном положении рычага и сравните результаты.**

ЯВЛЕНИЯ ИЗ ФИЗИКИ (МЕХАНИКИ), КОТОРЫЕ МОЖНО РАССМОТРЕТЬ НА ПРИМЕРЕ СОБРАННОЙ МОДЕЛИ

Коробка передач дает возможность менять величину тяговой силы на ведущих колесах, отсоединять двигатель и трансмиссию во время стоянки, а также двигаться автомобилю задним ходом.

Коробка передач являет собой механизм, в котором шестерни (зубчатые колеса) можно соединять в разных комбинациях, получая разные передаточные числа.

В физике она характеризируется механической работой (A), мощностью (N) и скоростью (υ).

Механическая работа – физическая величина, которая равна произведению силы на путь.

$$A=F\cdot l$$

Единица измерения получила свое название на честь английского ученого Джеймса Джоуля – джоуль (Дж).

Для выполнения одинаковой работы разным двигателям нужно разное время. Скорость выполнения работы характеризуются специальной величиной – мощностью.

Мощность – важная характеристика какого либо двигателя.

Для транспортного средства ее удобно представлять не через работу и время, а через скорость и силу тяги. Это сила, прикладываемая к телу для поддержания его в постоянном движении, а скоростью движения является величина, численно равная пути, проходимому телом в единицу времени.

Используя эти данные получаем формулу:

$$N=\frac{F\cdot l}{t}=F\frac{l}{t}=F\upsilon$$

То есть мощность равна произведению силы на скорость.

Во время движения с постоянной скоростью сила тяги двигателя компенсирует силу сопротивления движения.

Данная формула объясняет, зачем водитель переключает коробку передач на малую скорость, когда автомобиль едет по наклону вверх: для увеличения силы тяги при той же мощности двигателя необходимо уменьшить скорость движения.

ТЕСТ

1. Коробка передач служит для…
☐ а) изменение мощности;
☐ б) включения поворотов;
☐ в) для движения автомобиля задним ходом.

2. Какие функции не выполняет коробка передач…
☐ а) изменяет крутящий момент по величине
☐ б) изменяет крутящий момент по направлению
☐ в) увеличивает мощность

3 Какой вал отсутствует в коробке передач…
☐ а) ведущий;
☐ б) ведомый;
☐ в) карданный.

4. Как изменится скорость движения автомобиля и усилие на ведущих колесах если увеличить передаточное число…
☐ а) скорость уменьшится, усилие увеличится;
☐ б) скорость увеличится, усилие увеличится;
☐ в) скорость увеличится, усилие уменьшится.

5. Изобретателем механической коробки переключения передач считается знаменитый немецкий инженер…
☐ а) Рудольф Дизель;
☐ б) Никола Тесла;
☐ в) Карл Бенц.

6. Коробка передач является частью…
☐ а) кузова;
☐ б) двигателя;
☐ в) трансмиссии.

7. Главная часть коробки передач находится под машиной и состоит из…
☐ а) рычага управления;
☐ б) осей;
☐ в) валов, шестерней и осей.

8. Какие типы коробок передач устанавливают на автомобилях?
☐ а) электрические;
☐ б) гидравлические;
☐ в) механические.

9. Как изменится при повышении скорости крутящий момент…
☐ а) увеличится;
☐ б) не изменится;
☐ в) уменьшится.

10. Что показывает передаточное число…
☐ а) количество зубцов на шестерне;
☐ б) крутящий момент;
☐ в) соотношение скоростей ведомой и ведущей шестерней.

Поздравляем, Вы сделали это!
Спасибо, что Вы прошли этот путь с нами и надеемся, что это путешествие в мир механики было интересным