

**Согласие**  
**на размещение текста выпускной квалификационной работы,**  
**научного доклада об основных результатах подготовленной**  
**научно-квалификационной работы**  
**в ЭБС КГПУ им. В.П. АСТАФЬЕВА**

Я, Токина Анастасия Дмитриевна  
(фамилия, имя, отчество)

разрешаю КГПУ ИМ. В.П. Астафьева безвозмездно воспроизводить и размещать (доводить до всеобщего сведения) в полном объеме и по частям написанную мною в рамках выполнения основной профессиональной образовательной программы выпускную квалификационную работу, научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (далее ВКР/НКР)

*(нужное подчеркнуть)*

на тему: Формирование технических знаний учащихся в специализированных инженерно-технологических классах СМШ

*(название работы)* (далее - работа) в ЭБС

КГПУ им. В.П.АСТАФЬЕВА, расположенном по адресу <http://elib.kspu.ru>, таким образом, чтобы любое лицо могло получить доступ к ВКР/НКР из любого места и в любое время по собственному выбору, в течение всего срока действия исключительного права на работу.

Я подтверждаю, что работа написана мною лично, в соответствии с правилами академической этики и не нарушает интеллектуальных прав иных лиц.

26.06.2019

дата



подпись



# Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: nastya05\_97@mail.ru / ID: 2427090

Проверяющий: (nastya05\_97@mail.ru / ID: 2427090)

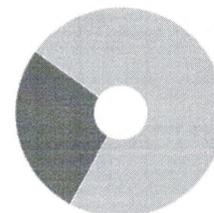
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» <http://users.antiplagiat.ru>

## ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 6  
 Начало загрузки: 25.06.2019 18:57:56  
 Длительность загрузки: 00:00:01  
 Имя исходного файла: 25.06.2019  
 Размер текста: 88 кБ  
 Символов в тексте: 84861  
 Слов в тексте: 10408  
 Число предложений: 711

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)  
 Начало проверки: 25.06.2019 18:57:58  
 Длительность проверки: 00:00:02  
 Комментарии: не указано  
 Модули поиска: Модуль поиска Интернет



**ЗАИМСТВОВАНИЯ** 26,54%      **ЦИТИРОВАНИЯ** 0%      **ОРИГИНАЛЬНОСТЬ** 73,46%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.  
 Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.  
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.  
 Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.  
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.  
 Заимствования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.  
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	4,44%	4,61%	УМКД ППО и ФОС	<a href="http://chgifkis.ru">http://chgifkis.ru</a>	05 Июнь 2018	Модуль поиска Интернет	21	22
[02]	2,81%	3,23%	Mekhanika - Стр 8	<a href="http://studfiles.ru">http://studfiles.ru</a>	16 Июль 2016	Модуль поиска Интернет	24	30
[03]	2,41%	2,43%	Mekhanika - Стр 10	<a href="http://studfiles.ru">http://studfiles.ru</a>	16 Июль 2016	Модуль поиска Интернет	37	40

Иванов Иван Иванович  
 профессор

Еще источников: 17  
 Еще заимствований: 16,88%



## Отзыв

на выпускную квалификационную работу студента КГПУ

им. В.П. Астафьева

Фокиной Анастасии Дмитриевны

Тема: «Формирование технических знаний учащихся  
в специализированных инженерно-технологических классах средней  
общеобразовательной школы»

Одной из целей школьного образования является подготовка учащихся, способных самостоятельно и активно действовать, принимать решения, гибко адаптироваться в изменяющихся условиях современного постиндустриального общества. Для полноценной реализации данной цели необходимо осуществление технологической подготовки учащихся в процессе всей общеобразовательной подготовки.

Целью современного технологического образования является развитие каждого учащегося как человека, умеющего принимать обоснованные решения, открытого к изменениям, умеющего разрабатывать и изготавливать объекты и системы. Предмет «Технология» является необходимым компонентом общего образования школьников. Его содержание предоставляет молодым людям возможность бесконфликтно войти в мир искусственной, созданной людьми среды техники и технологий, является главной составляющей окружающей человека действительности и опосредует взаимодействие людей друг с другом, со сферой природы и с социумом.

Общеобразовательная школа – это место, где должен реально начинаться путь молодых поколений к определенной жизненной реализации и профессиональной карьере. Началу реальной профессиональной ориентации школьников должен способствовать и вариативный набор предметов, и квалифицированный состав школьных учителей, и многое другое. От выбора в школьный период профильности обучения зависит по многим параметрам дальнейшая жизнь школьника, его профессиональное самоопределение и становление, успешность его деятельностных реализаций. Многие выпускники школы не выбирают физико-математические и инженерно-технические специальности потому, что со школьной скамьи не понимают физику и математику, неуспешны в этих дисциплинах и в результате школьного физико-математического «образования» не видят их полезности, связи с реальной жизненной практикой.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы Анастасией Дмитриевной Фокиной были решены следующие задачи:

1. Изучена научно-методическая литература по теме исследования.
2. Выявлены межпредметные связи между математическими, естественнонаучными и технологическими учебными дисциплинами в системе среднего (полного) и общего образования.
3. Изучена роль специализированных инженерно-технологических классов в профессиональной ориентации школьников.



4. Разработан дидактический материал по вычислению центра тяжести плоских фигур с учетом межпредметных связей.

При выполнении работы Анастасия Дмитриевна Фокина проявила умения работать с научной литературой, овладела методологией педагогического исследования. При проведении исследования показала себя самостоятельным, целеустремленным, настойчивым, творческим исследователем.

В заключении можно отметить, что работа выполнена на достаточно высоком уровне, соответствует требованиям к выпускным квалификационным работам по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование, профиль технология, а ее автор заслуживает **отличной** оценки и присвоения квалификации «учитель технологии».

Научный руководитель  
д.п.н., профессор И.В. Богомаз



*[Handwritten signature]*  
23.05.2019.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего об-  
разования  
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. В.П. АСТАФЬЕВА»  
(КГПУ им. В.П. Астафьева)  
Институт математики, физики и информатики

Выпускающая кафедра технологии и предпринимательства

**Фокина Анастасия Дмитриевна**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема: «Формирование технических знаний учащихся  
в специализированных инженерно-технологических классах средней обще-  
образовательной школы»

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) образовательной программы Технология

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ  
и.о. зав. кафедрой технологии  
и предпринимательства,  
к.т.н., доцент  
С.В. Бортновский  
« 18 » июня 2019

Руководитель

д.п.н., профессор

И.В. Богомаз

23.05.2019

Дата защиты « 27 » июня 2019

Обучающийся Фокина А.Д.

« 16 » мая 2019

Оценка отлично

Красноярск 2019

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего об-  
разования  
**«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**им. В.П. АСТАФЬЕВА»**  
**(КГПУ им. В.П. Астафьева)**  
Институт математики, физики и информатики  
Выпускающая кафедра технологии и предпринимательства

**Фокина Анастасия Дмитриевна**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Тема: «Формирование технических знаний учащихся  
в специализированных инженерно-технологических классах средней общеоб-  
разовательной школы»

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) образовательной программы Технология

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ  
и.о. зав. кафедрой технологии  
и предпринимательства,  
к.т.н., доцент  
С.В. Бортновский  
« \_\_\_\_ » июня 2019

Руководитель  
д.п.н., профессор  
И.В. Богомаз \_\_\_\_\_

Дата защиты « \_\_\_\_ » июня 2019

Обучающийся Фокина А.Д.  
« \_\_\_\_ » июня 2019 \_\_\_\_\_

Оценка \_\_\_\_\_

Красноярск 2019  
**«Формирование технических знаний учащихся  
в специализированных инженерно-технологических классах средней общеобразовательной школы»**

Введение.....	3
Глава 1. Теоретические аспекты формирования технических знаний учащихся.....	6
1.1 ФГОС нового поколения в предметной области «Технология. Технический труд». Анализ учебно-методической литературы по теме исследования.....	6
1.2 Развитие межпредметных связей среди естественно-научных наук как средство формирования метапредметных компетенций.....	11
1.3 Специализированные инженерно-технологические классы как фактор профессиональной ориентации школьников.....	15
Выводы по главе 1.....	22
Глава 2. Дидактический материал для формирования начальных технических знаний.....	23
2.1 Разработка методических рекомендаций по созданию дидактического материала для начальных технических знаний.....	23
2.2 Разработка дидактического материала для формирования начальных технических знаний.....	26
Выводы по главе 2.....	66
Заключение.....	67
Список литературы.....	69

## Введение

«Кадры и образование» – одно из направлений программы национальной программы «Цифровая экономика России» [15]. Программа «Цифровая экономика» обозначает проблемы общего и дополнительного образования. В первую очередь системам среднего (полного) общего образования и ВУЗам необходимо повысить качество обучения. В связи с этим меняются задачи современной школы, становится важно среднестатистического учащегося:

- подготовить к успешной жизни и деятельности в условиях цифровой экономики;
- сформировать навыки и компетенции XXI века;
- подготовить к осознанному выбору профессии, понимающему значение профессиональной деятельности для человека и общества;
- мотивировать на творчество и инновационную деятельность, на образование и самообразование в течение всей своей жизни.

Не всегда обдуманное преобразование в системе среднего (полного) общего образования в последнее десятилетие привели к:

1. Низкому уровню подготовки учащихся по естественно-математическим наукам (в целом по массиву учащихся).
2. Понижению интереса многих учащихся к школьным занятиям по предметам физико-математического и технического циклов из-за недостаточного понимания их научного содержания.
3. Ограниченное, невысокое число учащихся на регулярной основе участвующих в дополнительных образовательных программах по физико-математическому и инженерно-техническому направлениям.

Это привело к разрыву между требованиями, предъявляемыми техническими ВУЗами к уровню подготовки абитуриентов по содержанию (в том числе и тезаурусу) математических, естественнонаучных и технологических

учебных дисциплин и реальным знаниям выпускников общеобразовательной школы по этим циклам дисциплин, и как следствие, большие сложности в обучении на первых курсах.

На наш взгляд причины этого «состояния» кроются в том, что:

1. Отсутствуют «сквозные линии» математических, естественнонаучных и технологических учебных дисциплин в системе среднего (полного) общего образования и ВУЗам.

В базовый блок подготовки инженеров входят математические, естественнонаучные и общепрофессиональные циклы дисциплины (теоретическая механика, сопротивление материалов, теория машин и механизмов и др.), основы которых закладываются в системе среднего (полного) общего образования. Отметим, что содержание математических и естественнонаучных учебных дисциплин в школе слабо отражают преемственность содержательного компонента обучения в системе школа-ВУЗ; отсутствует общность научно-методических установок, что приводит к разрыву логико-содержательных связей между выпускниками школ и ВУЗам.

2. Изолированные, узкоспециализированные знания, включаемые в отдельные учебные предметы в школе, вне целостного междисциплинарного контекста, не могут сформировать целостное понимание развития техники и науки и не представляют значительной ценности для практического развития современного общества.

3. Неоптимальная по методологическим, научно-содержательным и дидактическим параметрам организация школьных образовательных программ (курсов), как правило, без учета прикладных и межпредметных аспектов.

4. Отсутствие умения учащимися конструировать получаемые знания и применять их к расчетам даже простейших реальных объектов.

Требования Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования последнего поколения определяют, что «Предметные результаты освоения интегрированных учебных пред-

метов ориентированы на формирование целостных представлений о мире и общей культуры обучающихся путем освоения систематических научных знаний и способов действий на метапредметной основе».

**Объект исследования** – технических знаний учащихся.

**Предмет исследования** – процесс формирования технических знаний в инженерно-технологических классах.

**Цель исследования** – разработка дидактического материала на межпредметной основе (на примере вычисления центра тяжести плоских фигур).

В соответствии с целью исследования были поставлены **следующие задачи**:

1. Изучить научно-методическую литературу по теме исследования.
2. Изучить межпредметные связи между математическими, естественнонаучными и технологическими учебными дисциплинами в системе среднего (полного) и общего образования.
3. Изучить роль специализированных инженерно-технологических классов в профессиональной ориентации школьников.
4. Разработать дидактический материал по вычислению центра тяжести плоских фигур с учетом межпредметных связей.

## **Глава 1. Теоретические аспекты формирования технических знаний учащихся**

### **1.1 ФГОС нового поколения в предметной области «Технология. Технический труд». Анализ учебно-методической литературы по теме исследования**

В настоящее время в средних общеобразовательных учреждениях осуществлен переход на ФГОС второго поколения. Одним из положений стандарта среднего общего образования является обеспечение преемственности основных образовательных программ среднего общего и профессионального образования. Для получения качественных образовательных эффектов у школьников главным становится создание гибких учебных программы, адаптированных к разным способностям ученикам. На начальной и средней ступенях образования по общей программе, все школьники получают базовые знания и осваивают базовые теоретические понятия. Затем, при переходе на старшую ступень, содержание обучения и формы обучения у групп учащихся с разными познавательными интересами постепенно расходятся по разным профессионально-ориентированным «дорогам» профориентации. В этой связи становится актуальным вопрос не только чему содержательно, но и как дидактически следует учить, чтобы раскрыть и развить способности учеников и снабдить их важными знаниями и умениями для успешной жизни в обществе [24].

Следует отметить, что в школах практикуется изучение естественно-научных дисциплин без прикладного аспекта, так же остается нерешенной проблема нарушенной целостности восприятия физико-математических знаний. В свою очередь, это отражается на результатах освоения студентами первого курса инженерно-технических специальностей базового блока учебных дисциплин [3].

Анализ литературы показал, что в настоящее время остается актуальным вопросы раскрытия закономерностей и принципов построения педагогического процесса по формированию технических способностей учащихся. Активная творческая деятельность обучающихся возникает при наличии познавательной или практической задачи. Поэтому в основе будет лежать постановка перед ними последовательного ряда постепенно усложняющихся технических и технологических задач и обучение рациональным способам их решения. Основным содержанием работы учащихся должна быть разработка, проектирование устройств, механизмов, технологических процессов и др. [2]. Для достижения успеха в процессе учебного проектирования, прежде всего, необходимо ясное понимание основной цели достигаемой при решении задачи, способов решения последней, четкое определение критериев оценки проектировочной деятельности. Данная деятельность, реализуется в рамках образовательной программы инженерных классов. Все инженерные классы ориентированы на формирование и развитие навыков и компетенций, необходимых для инновационной деятельности. Их образовательная программа нацелена на обеспечение раннего раскрытия способностей детей к творчеству, развития навыков по критическому восприятию информации, способности к нестандартным решениям, креативности, изобретательности, способности работать в команде, поощрение развитие креативности и приобщение к творчеству в любой сфере деятельности. Она основана на активном практическом подходе к обучению: - активное обучение в рамках урочной деятельности может принимать форму группового обсуждения задач, презентаций в аудитории, активных семинарских обсуждений, совместном решении концептуальных вопросов. Для оценки личностных, метапредметных компетенции обучающихся, их умения создавать продукты и системы (которые устанавливаются как показатели эффективности образования и учитываются при составлении учебных планов и учебных заданий) разрабатываются специальные критерии оценки к каждому из обозначенных результатов образования.

В этой связи задачей учителей предметников становится формирование у обучающихся системных представлений об окружающем мире, которое вносит определенный вклад в мотивацию обучающихся на весь последующий образовательный цикл. Общеобразовательная школа – это место, где можно начать подготовку школьников к определенной жизненной карьере. Это – начало профориентации школьников, которой может способствовать вариативный набор предметов, квалифицированный состав учителей и многое другое. Родители, которым с детства привык доверять школьник, влияют на выбор личностной траектории развития учащегося, фактически, только на начальных этапах его школьного образования. Затем уже сам школьник или продолжает обучение по «родительской линии» или, оценивая свои способности, выбирает собственное направление дальнейшего обучения, в том числе, может быть, и саму школу, в которой ему комфортно учиться. От выбора школы и ее профильности по многим параметрам зависит дальнейшая жизнь школьника и его профессиональное самоопределение и становление.

ФГОС нового поколения ориентирован на становление личностных характеристик выпускника:

- владеющего основами научных методов познания окружающего мира;
- мотивированного на творчество и инновационную деятельность;
- подготовленного к осознанному выбору профессии, понимающий значение профессиональной деятельности для человека и общества;
- мотивированного на образование и самообразование в течение всей своей жизни.

В связи с инновационно-технологическими ориентирами развития современного общества инженерно-технологическая профориентация в школах становится чрезвычайно значимой и востребованной. Поэтому вопросы изучения научных знаний, важных для инженерно-технологических специальностей должны начинаться качественно решаться еще в школьный пери-

од, чтобы в последствие выпускник школы был максимально подготовленным по базовым профильным предметам для успешного обучения в вузе.

Преподавание математических и естественнонаучных учебных дисциплин в школе ведётся по одинаковой схеме и подстраивается под систему собственного контроля – система ГИА и ЕГЭ. Главной целью обучения становится задача подготовки к этим экзаменам. Приведем пример из аттестации курса «Физика». Как устроено ЕГЭ по физике в его сегодняшнем варианте? Задания экзамена составляются по специальному кодификатору, куда входят формулы, которые, по идее, должен знать каждый ученик. Это около сотни формул по всем разделам школьной программы — от кинематики до физики атомного ядра. Большая часть заданий - где-то 80% - направлена именно на применение этих формул. И только оставшиеся 20% - это задачи на понимание.

В результате главная цель преподавательской работы сводится к тому, чтобы ученики знали этот набор формул и могли его применять, а предметная область физики сводится к несложной комбинации: прочитать условие задачи и подставить необходимую формулу. Стандартные задачи и абстрактные теоретические построения, которые должен знать школьник, очень быстро выветриваются из головы, результат - отсутствие базовых знаний.

Получается, что наука, главной целью которой было познание природы и реального физического мира, в школе становится абстрактной и удаленной от повседневного человеческого опыта. Поэтому в большинстве случаев изучение предмета является заучивание формул и понятий.

Однако, гораздо эффективнее усвоение предмета происходит, когда цель обучения есть его понимание. Проблема только в том, что знания такого рода куда сложнее поддаются объективной проверке, чем наличие в голове школьника точно определённого набора формул и уравнений.

Большинству школьников физические формулы и теории - неинтересны в том абстрактном и сухом виде, в котором они преподносятся сейчас.

Совокупность математических моделей процессов и явлений в естественных, технических и социально-экономических науках, изучаемых в средней и высшей школах, сформулированы на языке математики. Следовательно, повышение эффективности и качества подготовки специалистов любого профиля в полной мере определяется эффективной математической подготовкой в средней школе, где закладывается основная база математических знаний при изучении таких ее разделов, как алгебра, геометрия, элементарные функции, уравнения, неравенства, тригонометрия, элементы векторной алгебры, основ теории вероятности, основ математического анализа. Умение оперировать абстрактными понятиями (одно из основных свойств математика) совершенно необходимы обществу в наукоемких производствах любого профиля, в социологии, политике и образовании. Но это не относится к массовому обучению. Математику, как абстрактную науку, могут воспринимать далеко не все учащиеся средних школ, их единицы и учить этих особо одаренных школьников следует в специальных математических школах по отбору на математических олимпиадах.

Для анализа литературы были выбраны учебники, заявленные на изучение базового уровня: учебник Г.Я. Мякишева и учебник В.А. Касьяновой. В учебнике Г.Я. Мякишева отдельными вкраплениями, но все-таки есть кое-что из профильного набора. Например, вводится понятие радиус-вектора, используется понятие предела для определения понятия мгновенной скорости. Законы И. Ньютона и определение потенциальной энергии сформулированы в доступной для школьника форме. А вот теоремы о законах сохранения количества движения и центра отсутствуют. Закон сохранения механической энергии и определение внутренних сил затронуты косвенно [28].

В свою очередь в учебнике В.А. Касьянова нет формализации векторной алгебры. К несомненным достоинствам учебника можно отнести определения важных понятий. Это делается отдельным предложением, выделяется шрифтом и цветом [29].

Главным недостатком современных учебников, на наш взгляд, отсутствие разделов статики, в которых, например, отсутствует понятие систем сил, в частности, системы параллельных сил. В этом случае нет логического перехода к таким фундаментальным понятием, как момент, пара сил, золотое правило механики. И как следствие, вычисление центра тяжести твердого тела. А задача вычисления центра тяжести твердого тела является фундаментальной при изучении классической механики. Это и задачи на равновесие, опрокидывания и др. Также на понятии равнодействующей системы параллельных сил основана работа простейших механизмов, таких как рычаг, полиспаст и др. Отсутствие данного блока ведет к некорректному и неполному пониманию механики, а значит и в целом курса физики.

## **1.2 Развитие межпредметных связей среди естественно-научных наук как средство формирования метапредметных компетенций**

Современное общество нуждается в человеке, который будет «обучаемым», а не только «обученным», способный к самостоятельному изучению и переработке информации, а также умеющий подстраиваться под постоянно меняющиеся тенденции и технологии. Именно поэтому требования к современному образованию, которые предусматриваются во ФГОС последнего поколения, выстраиваются таким образом, что учитель выступает в роли «консультанта», а ученик занимается самостоятельным поиском и переработкой информации. Иначе говоря, формируется умение учиться.

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) устанавливает требования к результатам обучения: личностные, предметные, метапредметные. В свою очередь, метапредметные результаты освоения основной образовательной программы основного общего образования должны отражать [5]:

– умение самостоятельно определять цели деятельности и составлять планы деятельности; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;

– умение продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников деятельности, эффективно разрешать конфликты;

– владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;

– готовность и способность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, владение навыками получения необходимой информации из словарей разных типов, умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников;

– умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий (далее - ИКТ) в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований эргономики, техники безопасности, гигиены, ресурсосбережения, правовых и этических норм, норм информационной безопасности;

– умение определять назначение и функции различных социальных институтов;

– умение самостоятельно оценивать и принимать решения, определяющие стратегию поведения, с учетом гражданских и нравственных ценностей;

– владение языковыми средствами - умение ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства;

– владение навыками познавательной рефлексии как осознания совершаемых действий и мыслительных процессов, их результатов и оснований, границ своего знания и незнания, новых познавательных задач и средств их достижения.

Чтобы в процессе обучения добиться достижения метапредметных результатов, ФГОС ставит перед собой задачу создать такие условия, в которых ребенок будет проявлять инициативу при изучении материала, то есть, ориентирует педагогов на формирование таких компетенций, которые обеспечат ему гибкость к быстро изменяющему миру.

Стоит отметить, что полностью решить эти задачи невозможно в рамках преподавания отдельных дисциплин, только в результате совместного изучения всех предметов общего образования у учащихся сформируются ключевые компетенции, как основа умения учиться.

Тесная, глубокая и многогранная связь между школьными курсами математики, физики и другими естественнонаучными предметами является традиционной, и обсуждается достаточно давно. При этом в качестве основных проблем называется недостаточная теоретическая и практическая подготовка большинства учителей к процессу выявления межпредметных связей и проведения учебных занятий с их реализацией, несовпадение по времени изучения материала различными учебными дисциплинами, а также различия в трактовке одних и тех же понятий в разных школьных предметах [20].

Особую роль в образовании играет предмет «Технология», так как именно он выступает в качестве объединяющего механизма, позволяющего в процессе предметно-практической и проектно-технологической деятельности синтезировать естественно-научные, научно-технические, технологические, предпринимательские и гуманитарные знания, раскрывает способы их применения в различных областях деятельности человека и обеспечивает прикладную направленность общего образования. «Формирование устойчивого интереса к изучению предметов школьного курса базируется на глубоком понимании их высокого значения для будущей профессии и жизни в обществе,

таким образом, демонстрируя взаимосвязь предметов, их прикладное значение, учитель развивает положительную мотивацию к учебной деятельности» [6]. Деятельность начинается с осознания границ своего знания, мотивирующего на постановку конкретных целей, которые в свою очередь требуют освоения новых действий, сопровождаемое пооперационным контролем, а завершающим этапом является оценка результата и процесса его достижения.

Примером может служить эффективность освоения дисциплинарных (предметных) знаний при проведении устных и письменных экзаменов и проверочных работ, а умение проектировать и создавать продукты и системы оцениваются при выполнении практической (индивидуальной и групповой) деятельности.

Концепция модернизации содержания и технологий преподавания предметной области «Технология» предлагает введение вариативных модулей технологической подготовки, которые предполагают интегративное изучение содержание учебного материала математики, физики, информатики: «Лего-конструирование», «Основы робототехники», «Умные» системы и «умные» производства», «Технология 3D печати», «Основы инженерного конструирования», «Проектирование техники», «Технологии WEB-дизайна», «Технология 3D-моделирования» [7].

Эти модули создают условия, обеспечивающие разнообразие образовательных услуг для личностного развития обучающихся, их профессионального самоопределения и успешной самореализации в сферах научно-технической, естественно-научной и технологической деятельности.

### **1.3 Специализированные инженерно-технологические классы как фактор профессиональной ориентации школьников**

Быстрая смена технологий в современном обществе требует такой же быстрой способности менять направление своей деятельности. Стоит отметить, что сохраняется высокая конкуренция среди молодых специалистов, поэтому требуется не просто быстрая обучаемость, но при этом сохраняться качество получаемого образования. Именно поэтому в указе Президента Российской Федерации: «О долгосрочной государственной политике» от 7 мая 2012 года говорится: «правительству Российской Федерации принять меры, направленные на достижение следующих показателей: а) создание и модернизация 25 млн. высококвалифицированных рабочих мест к 2020 году».

Подготовка кадрового потенциала для решения научно-практических задач, стоящих перед нашей страной, должна начинаться с изучения предметной области «Технология» в общеобразовательной школе и продолжаться в средних и высших профессиональных учебных заведениях. Именно при изучении предметной области «Технология» учащиеся должны получить исходные представления и умения анализа и творческого решения возникающих практических проблем, преобразования материалов, энергии и информации, конструирования, планирования и изготовления, оценки процессов и изделий, знания и умения в области технического или художественно-прикладного творчества, представления о мире науки, технологий и техносферы, влиянии технологий на общество и окружающую среду, о сферах человеческой деятельности и общественного производства, о мире профессий и путях самооценки своих возможностей[20].

Федеральный государственный стандарт второго поколения включает в себя стандарты по всем школьным предметам, в том числе и технологию. В нем сказано, что предметные результаты изучения учебного предмета «Технология» должны отражать осознание школьниками роли техники и технологий для эффективного развития общества; формирование целостного представления о техносфере, сущности технологической культуры и культуры

труда; уяснение эколого-экономических последствий развития технологий промышленного и аграрного производства, энергетики и транспорта; овладение методами учебно-исследовательской и проектной деятельности, решения творческих задач, моделирования, конструирования и эстетического оформления изделий, обеспечения сохранности продуктов труда; овладение средствами и формами графического отображения объектов или процессов, правилами выполнения технологической документации; формирование представлений о мире профессий, связанных с изучаемыми технологиями, их востребованности на рынке труда, и др.[5].

Так же Федеральный государственный стандарт ставит одной из важнейших задач обучения в основной школе подготовку учащихся к осознанному, ответственному подходу к выбору будущей профессии. Результатом обучения будет являться способность самостоятельно ставить цели и задачи, выстраивать план действий для их осуществления, использовать приобретённые в школе знания в реальной жизни.

Предполагается, что именно урок технологии может давать не только некую базовую грамотность в новейших разработках, но и дает погружение во многие области различных профессий, тем самым предоставляя ученику возможность самостоятельно сделать выбор, учитывая интересы ученика и спрос на конкретные профессии [19].

С инициативой этого проекта в Красноярском крае крупные компании, такие, как «Норильский никель», «Русал», ОАО «РусГидро» и др. стали утверждать программы обучения для специализированных инженерно-технологических классов, в состав которых включены необходимые данным компаниям компетенции [4]. Помимо учебных классов, открываются направления в дополнительном образовании, например, Благотворительный фонд «СГК - Согреваем сердца» совместно с ООО «Ньютон-парк» объявил старт проекта «Летняя научная школа «Учёные будущего», для красноярских школьников 8-10 классов. Занятия будут проходить по трём направлениям:

физико-математическое, программирование и микроэлектроника, инженерно-техническое [8].

Национальный центр инноваций в образовании (НЦИО) ввел проект «Инженерная школа» и «Инженерно-технологические классы». Обучение в специализированных инженерно-технологических классах в общеобразовательной школе направлено на повышение качества математического и естественнонаучного знаний, их прикладных основ, а также на усиление мотивации к получению основ профессиональной подготовки школьников и их ориентацию на поступления в инженерно-технические университеты [9]. Фактически в этих классах формируется пропедевтика инженерной культуры и базовых знаний учащихся, что должно привести к корректировке содержания математических, естественнонаучных и технологических знаний. Технологические знания создают переход от теоретических знаний и абстрактных математических моделей, изучаемых на уроках математики, физики и др. к реальным опытам и наблюдениям различных процессов [25].

Метапредметность - это один из основных принципов реализации ФГОС, способ формирования теоретического мышления и умения применить их на практике. Реализация принципа в школьном инженерном образовании направлена на формирование базовых навыков исследовательской работы, проведение виртуальных экспериментов во взаимодействии и сотрудничестве со сверстниками и взрослыми [2].

Этот проект решает задачу по целенаправленному формированию определенных знаний, умений; формирует комплексную подготовку в области техники и технологии, знакомит с основами инженерной деятельности за счет соответствующего содержания, методов обучения на базе преемственности и интегративности содержания, расширения и углубления междисциплинарных и прикладных дисциплин [3].

Немаловажную роль играет мнение обучающихся относительно того, чему их обучают, а также их непосредственное участие в обсуждении; активное обучение имеет практическую направленность, т.е. предполагает дея-

тельность обучающихся по моделированию случаев из реальной инженерной практики - проектирование и создание изделий, анализ и решение практических задач (обучающиеся запоминают менее четверти того, что они слышат, и лишь половину из того, что они видят и слышат). Принимая участие в решении реальных практических проблем, и, предлагая собственные варианты их решения, обучающиеся не только больше усваивают, но также лучше понимают, что и как они узнают. Этот метакогнитивный процесс помогает повысить мотивацию обучающихся и достичь желаемых результатов обучения, а также прививает в них стремление к непрерывному образованию и выбору профессии [22].

В специализированных инженерно-технологических классах общеобразовательных школах вводятся блоки, в которых формируются необходимые компетенции для потребителя. Например, в МАОУ «Лицей 102» г. Железногорска в специализированных инженерно-технологических классах введены пять блоков, дополняющих предметную область «Технология»:

Блок I. «Прикладная математика». При изложении прикладных задач используется метод математического моделирования, как один из основных методов познания, который заключается в замене реального объекта его подходящей моделью и последующего исследования построенной модели. Рассматриваются модели механического движения; параллельно с идеологией Лейбница, вводится понятие производной И. Ньютона, решаются баллистические задачи с различными начальными условиями эмпирически и строго, используя первый и второй интегралы движения, решаются задачи на экстремум и др.

БЛОК II. «Информатика». Рассматривается информация и способы её представления; обработка графической информации; обработка текстовой информации; мультимедиа; математические основы информатики; основы алгоритмизации; начала программирования; моделирование и формализация, обработка числовой информации.

БЛОК III «Робототехника». В этом блоке изучается начальное программирование и конструирование. Рассматриваются автономные роботы и автоматизированные комплексы. Изучаются; Lego nxt, ev3 программирование и конструирование, выполнение алгоритмов управления роботом; инженерный язык программирования Labview.

Блок IV. «Механика» состоит из трех разделов: статика, кинематика, динамика, изучение которых сопровождается выполнением двух проектов: проект 1. «Кинетические инсталляции»; проект 2: «Моделирование робототехнических систем и механизмов».

Блок V. Графика. Изучение этого блока сопровождается выполнением проекта 3: построение 3D модели выбранного механизма. В этом блоке школьники знакомятся: с компьютерной графикой; графическим редактором Компас 3D; системой автоматизированного проектирования (САПР); с различными пакетами прикладных графических программ, используемых при проектировании объектов в машиностроении; получают общие сведения о системах КОМПАС-3D, AutoCAD, nanoCAD; приемы работы в САПР КОМПАС; создание чертежей в КОМПАС-3D [26].

В современных условиях развития общества достаточно много уделяется внимания предмету «Технология», не просто как один из школьных предметов, а как к ключевой возможности получить компетенции необходимой современному человеку. По мнению профессора В. Д. Симоненко, в основе технологической культуры лежит преобразовательная деятельность человека, в которой проявляются его знания, умения и творческие способности [1].

Несмотря на то, что в течении многих лет подготовка школьников на уроках «Технологии» ограничивалась ручным трудом, но развитие общества не стоит на месте и под влиянием научно-технического прогресса, быстрых изменений в профессиональной сфере, роста доли в производственной сфере требования к специалисту постоянно растут.

В ответ на запросы общества направления образовательной программы стали меняться. В Послании Федеральному собранию в 2015 году Президент

Владимир Путин отметил, что одной из задач общеобразовательной школы является помощь детям в осознанном выборе будущей профессии, соответствующей запросам отечественной экономики.

Одна из задач государственной политики в образовании гласит о том, что необходимо привязать промышленность к рынку, создать новую систему опережающей подготовки кадров под принципиально новые рынки [2].

Инженерное образование и техническое творчество детей является одной из наивысших направлений развития, так как определяет успешность реализации технического развития России [23].

В стратегию развития России до 2020 года входит значительное повышение качества и престижа инженерного образования. В перечне направлений реализации стратегии выделяется: повышение престижа научной, инженерной и предпринимательской деятельности, разработка и реализация мероприятий НТИ, WorldSkills и дуальное образование [2].

В свою очередь WorldSkills участвует в подготовке компетентных, способных к самостоятельной рефлексии и умеющих анализировать свою деятельность специалистов. Помимо данного конкурса в успешной реализации стратегии инновационного развития России входит формирование открытого инженерного пространства, в нашем регионе ярким примером служит детский технопарк Кванториум [13].

Ну и самым главным инструментом формирования инженерного стиля мышления – это инженерные классы.

Инженерный класс – основная форма получения школьного инженерного образования. При создании инженерного класса в школе решается двойная задача: с одной стороны, разрабатываются курсы, основанные на проектном подходе к обучению, российских и международных стандартах инженерного образования, с другой – создается культура обучения инженеров. Обязательной инвариантной компонентой образовательной программы инженерного класса является базовый пакет формируемых метапредметных компетенций в рамках обязательных спецкурсов [2].

Таким образом, формирование конструкторско-технологических умений будущих педагогов является актуальной задачей подготовки конкурентоспособных компетентных специалистов. Специфика сущности конструкторско-технологических умений, лежащих в основе конструкторско-технологической компетенции, диктует необходимость использования специальных подходов к их формированию у студентов, в основе которых лежит межпредметная интеграция профессиональных знаний [14].

## **Выводы по главе 1**

В апреле 2012 года Государственная Дума РФ провела парламентские слушания по теме «Развитие инженерного образования и его роль в технологической модернизации России». В рекомендациях парламентских слушаний от 12 мая 2011 года отмечается исключительная важность вопросов, связанных с развитием инженерного образования как системы формирования интеллектуального потенциала нации и одной из сфер деятельности, создающей базовые условия для развития инновационной экономики. Технологическая модернизация России неосуществима без инженерного образования, которое должно базироваться на лучших традициях российской инженерной школы [16].

По результатам заседания, были утверждены поручения, реализация которых призвана поддержать российское инженерное образование, в частности профессиональная ориентация молодежи, повышение престижа инженерных профессий и квалификаций инженерных специалистов [17].

Данное обстоятельство диктует требование готовить таких специалистов уже сейчас - из числа талантливых школьников.

Участники парламентских слушаний считают, что для того, чтобы школьники делали выбор в пользу изучения точных наук в старших классах, необходимо создание предпрофильного обучения в 5-9 классах, в которых будет проходить углубленное изучение математики, физики и других предметов естественно-научного направления [27].

Именно поэтому необходимо разрабатывать программы инженерного образования, результатом которых, будет являться подготовка выпускников, усвоивших на высоком уровне естественно-научные дисциплины. В данную концепцию отлично выписывается инженерный класс, по итогу которого является выпускник средней школы, готовый к получению инженерного образования [21].

## **Глава 2. Дидактический материал для формирования начальных технических знаний**

### **2.1 Разработка методических рекомендаций по созданию дидактического материала для начальных технических знаний**

#### **Пояснительная записка**

Дидактический материал для формирования начальных технических знаний имеет техническую направленность, базовый уровень сложности ориентирован на обучающихся 7 классов.

**Актуальность.** Актуальность и необходимость данной разработки продиктована тенденциями развития технического прогресса в России и во всем мире. На современном этапе наша страна испытывает острую необходимость в высококвалифицированных научных и инженерных кадрах, имеющих инженерный стиль мышления, данный материал помогает более подробно раскрыть необходимые базовые знания школьников.

**Педагогическая целесообразность.** Данный дидактический материал помогает в решении следующих актуальных задач:

- показать межпредметную взаимосвязь;
- познакомить с базовыми понятиями механики;
- сформировать образы мест применений различных механизмов;
- заинтересовать школьников проектированием жизненных и профессиональных планов, особенностями будущей профессии, возможными путями достижения высокой профессиональной квалификации.

**Цель.** Целью реализации предлагаемого дидактического материала является формирование базовых технических знаний у школьников.

**Задачи.** Познакомить обучающихся с базовыми понятиями твердого тела, центр масс, шарнирное соединение, гладкая поверхность, связи и их реакции, система параллельных сил, правило рычага, момент силы, полиспаст;

- сформировать умение понимать логику работы механизмов;
- развить инженерный стиль мышления;
- развить умение постановки технической задачи, сбора и изучения нужной информации, находить конкретное решение задачи и материально осуществлять свой творческий замысел, развивая творческое мышление;
- углубленная подготовка в области математических и естественно-научные дисциплины;
- создание благоприятных условий для научного и технического творчества.

**Темы уроков,** в ходе которых применяется дидактический материал:

Физика:

- 7 класс. Тема: «Центр тяжести тела»;
- 7 класс. Тема: «Сила. Измерение силы»;
- 7 класс. Тема: «Твердое тело»;
- 7 класс. Тема: «Простые механизмы. Рычаг»;
- 7 класс. Тема: «Момент силы»;
- 7 класс. Тема: «Золотое правило механики».

Технология:

- 7 класс. Раздел: «Машины и механизмы».

**Требования к обучающимся.** Дидактический материал адресован школьникам 7 классов, которые начинают изучения смежных тем по геометрии, физике.

**Ожидаемые результаты.** В рамках реализации данного материала формируются следующие знания:

- базы стандартных решений элементов соединений, креплений и т.д.;

– демонстрации технических принципов работы окружающих механизмов;

– изложения логически правильно обоснованного решения задач;

– самостоятельно решать технические задачи;

**Предлагаемый дидактический материал разработан в соответствии с требованиями:**

– федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 17 декабря 2010 года. № 1897, зарегистрированный Минюстом России 01.02.2011, рег. № 19644;

– нормативными правовыми актами в области образования Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– постановлением Правительства Российской Федерации от 23 мая 2015 г. № 497 «О Федеральной целевой программе развития образования на 2016-2020 годы»;

– приказом Минобрнауки НСО № 1380 от 31.08.2010 «О формировании сети специализированных классов для одарённых детей по математике, физике, химии на базе общеобразовательных учреждений»;

– постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 4 июля 2014 г. № 41 «Об утверждении СанПиН 2.4.4.3172-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей».

## 2.2 Разработка дидактического материала для формирования начальных технических знаний

Формирование классической механики и основанной на ней механической картины мира происходило по двум направлениям:

- обобщение полученных ранее результатов и прежде всего *законов свободно падающих тел*, открытых Г. Галилеем, а также *законов движения планет*, сформулированных Кеплером;
- создание методов для количественного анализа механического движения в целом.

Согласно концепции, И. Ньютона, физическая реальность характеризуется понятиями пространства, времени, материальной точки и силы (взаимодействия материальных точек). Законы механики Ньютона справедливы для движения **свободных абсолютно твердых тел**, размеры которых много больше межатомного расстояния в кристаллической решетке ( $L \gg 10^{-8}$  см), скорость движения много меньше скорости света в вакууме

$$\left( V \ll c \approx 300000 \frac{\text{километр}}{\text{секунда}} \right)$$

### Геометрия (7класс). Первый признаки подобия треугольников

**Первый признак подобия треугольников.** Если два угла одного треугольника соответственно равны двум углам другого, то такие треугольники подобны (Рисунок. 2.1).

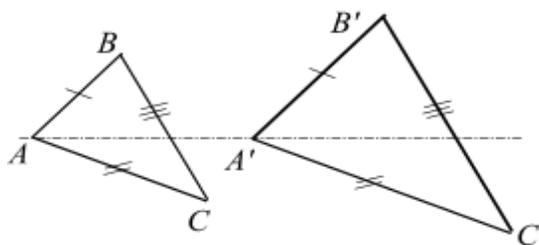


Рисунок. 2.1

Если  $\sphericalangle B = \sphericalangle E$  и  $\sphericalangle C = \sphericalangle F$ , то  $\triangle ABC \sim \triangle DEF$ .

**Второй признак подобия треугольников.** Если две стороны одного треугольника пропорциональны двум сторонам другого треугольника и углы, образованные этими сторонами, равны, то такие треугольники подобны (Рисунок. 2.2).

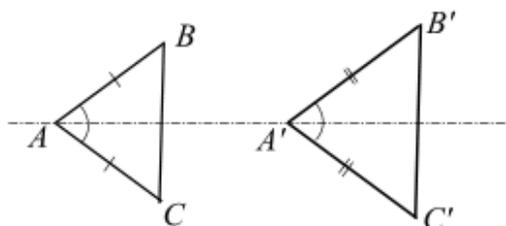


Рисунок. 2.2

Если  $AB/A'B' = AC/A'C'$  и  $\sphericalangle A = \sphericalangle A'$ , то  $\triangle ABC \sim \triangle A'B'C'$ .

Третий признак подобия треугольников

**Третий признак подобия треугольников.** Если три стороны одного треугольника пропорциональны трём

сторонам другого, то такие треугольники подобны (Рисунок. 2.3).

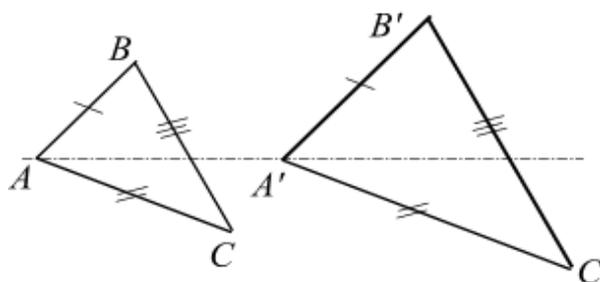


Рисунок. 2.3

Если  $AB/A'B' = AC/A'C' = BC/B'C'$ , то  $\triangle ABC \sim \triangle A'B'C'$ .

При решении задач сначала нужно убедиться, что данные треугольники подобны.

Если подобие треугольников не дано, то его необходимо доказать.

### 2.2.1 Аксиомы статики

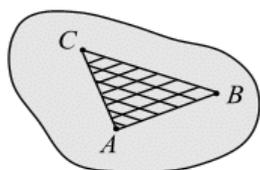


Рисунок. 2.4.

**Абсолютно твердое тело.** Абсолютно твердое тело – это модельное понятие механики, обозначающее совокупность точек, текущее расстояние между которых не меняется при его движении и взаимодействии с другими телами (Рисунок.2.4).

В реальности при движении или взаимодействии с другими телами твердое тело меняет свою геометрическую форму (деформируется), тогда

расстояние между точками не будет оставаться неизменным, т.е. расстояние между точками  $A, B, C$  на Рисунок. 2.4 меняется. В этом случае говорят о *деформируемом твердом теле*.

Детали машин и элементы инженерных конструкций никогда не бывают абсолютно твердыми (жесткими). Под действием приложенных к ним сил они незначительно или значительно деформируются, вплоть до разрушения. Пусть тело  $AB$ , длина которого  $\ell$ , опирается на подставку  $O$  (Рисунок. 2.5а).

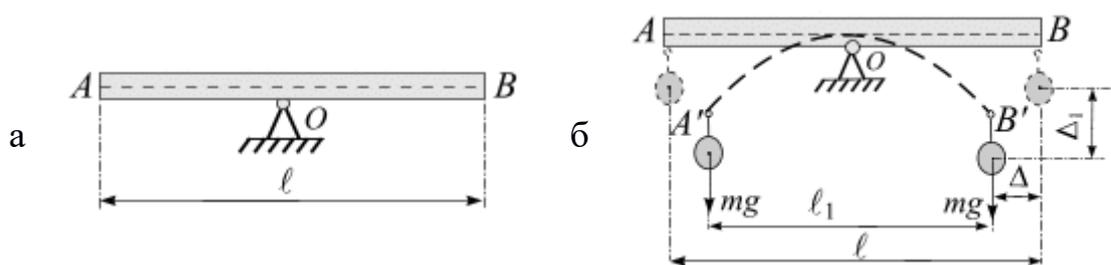


Рисунок. 2.5

Под действием равных грузов, подвешенных на свободные концы тела, изогнется относительно точки опоры  $O$  с величиной прогиба, равной  $\Delta_1$ . Величина прогиба  $\Delta_1$  определяет *жесткость* тела (Рисунок. 2.5б).

При изгибе тела  $AB$  расстояние между грузами также изменяется, причем  $\ell > \ell_1$  – то есть тело *деформируется*. Если  $\ell_1$  много меньше первоначальной длины  $\ell$ , то есть  $\Delta \ell \ll \ell$ ,  $\Delta \ell = \ell - \ell_1$ , тогда деформация тела незначительная и ей можно пренебречь, то есть твердое тело можно считать абсолютно твердым. Итак, реальные твердые тела можно считать абсолютно твердыми, если под действием внешних сил его размеры изменяются незначительно.

Значительные деформации, возникающие под действием внешнего

воздействия, например  $\Delta \ell = \frac{1}{10} \ell$  или больше, имеют большое значение. В общем случае деформации необходимо принимать во внимание. Природу и

закономерности жесткости и деформации тела под действием внешних сил рассматривает *механика деформируемого твердого тела*. Если  $\Delta l \ll l$ , в инженерных расчетах принимается модель абсолютно твердого тела.

**Определение силы, массы.** Сила – вектор. Силу как векторную величину (имеющую направление) обозначают какой-либо буквой с черточкой или стрелкой наверху, например,  $\bar{P}$ ,  $\bar{F}$ ,  $\bar{Q}$  и т. д. или двумя буквами (обозначающими начало и конец вектора) с черточкой наверху, например  $\overline{AB}$ . Модуль силы обозначается значком модуля, т.е.  $|\bar{F}|$ ,  $|\bar{N}|$  или просто  $F$ ,  $N$ .

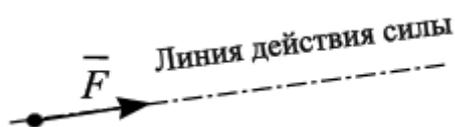


Рисунок. 2.6

Графически сила изображается в виде отрезка, имеющего длину и определенное направление (Рисунок. 2.6). При этом длина вектора (модуль) изображается в произвольно выбранном масштабе. Линия, вдоль которой действует сила, называется *линией действия* этой силы.

Понятие «сила» происходит из представлений о наших мускульных ощущениях. Качественно сила определяется двумя признаками:

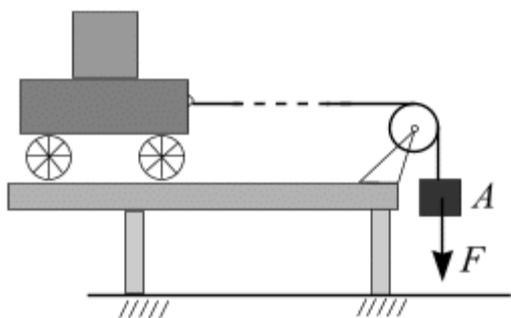


Рисунок. 2.7

1. Сила может деформировать закрепленное твердое тело.
2. Сила может ускорить свободное тело.

Рассмотрим тележку, которая движется по горизонтальной платформе из зеркального стекла (трение на такой поверхности уменьшает ускорение примерно на 5%), (Рисунок. 2.7) Ускоряющей силой для тележки служит сила  $F$ . Эксперимент показывает, что тележка, освобожденная от шнура, после одного толчка, продолжит свой путь практически с постоянной скоростью.

Силы возникают всегда только по две: *обе силы равны, противоположно направлены и приложены к двум разным телам (точкам)*.

Сформулируем *принцип противодействия сил*: при всяком действии одного материального тела на другое имеет место такое же по величине, но противоположное по направлению противодействие.

Этот принцип утверждает, что в природе не существует односторонних сил. Приведем несколько примеров.

На Рисунок. 2.8 изображена балка, опирающаяся на стены концами  $A$  и  $B$ . Для выявления сил действия и противодействия отделим балку от стен.

Тогда силы действия балки на стену выражаются силами  $R'_A$  и  $R'_B$ , приложенными к стенам, а силы противодействия – силами  $R_A$  и  $R_B$ , приложенными к балке (в дальнейшем будем называть эти силы **реакциями**). Силы  $R_A$  и  $R'_A$ , также силы  $R_B$  и  $R'_B$ , равны по модулю, приложены к разным точкам и направлены в противоположные стороны.

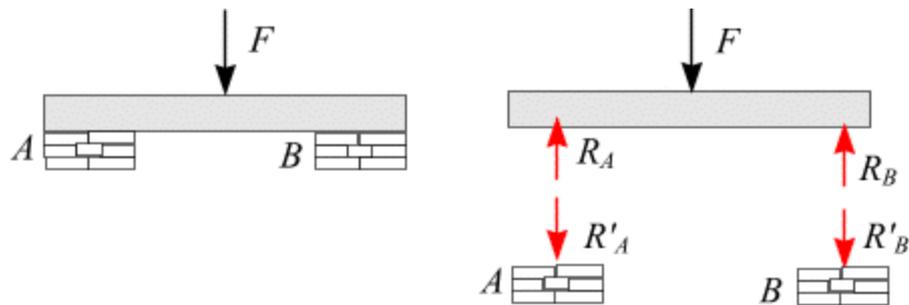


Рисунок. 2.8

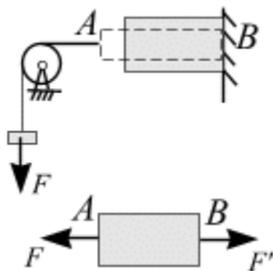


Рисунок. 2.9

ны.

На Рисунок. 2.9 показано тело, растянутое силой  $F$ . На тело действуют две силы: сила  $F$  – сила подвешенного груза (она приложена к сечению  $A$ ), а сила  $F'$  – сила давления на стенку  $B$ ; силы равны по модулю, приложены к разным точкам и направлены в противоположные стороны.

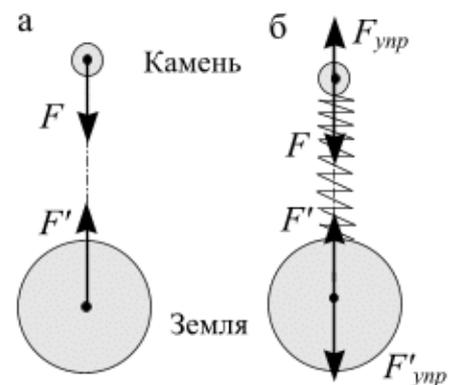


Рисунок. 2.10

Каждое тело обладает двумя свойствами, а именно: быть «тяжелым» и быть «инертным». «Тяжелое» значит: каждое тело притягивается Землей с силой, которую называют его *весом*. На Рисунок. 2.10,а изображены Земля и камень. Земля притягивает камень, камень – Землю. *Сила тяжести камня (его вес)* – сила, которая возникает в результате взаимодействия с Землей. Этот рисунок описывает также и взаимодействие Земли с Луной.

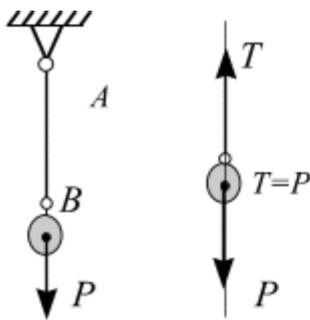


Рисунок. 2.11

На Рисунок. 2.10,б сближению двух тел препятствует пружина, помещенная между ними. Но при этом возникают новые силы, обозначенные  $F_{упр}$  и  $F'_{упр}$  (силы упругости). Теперь на каждое из двух тел действует по две равные и противоположно направленные силы. Сумма обеих сил равна нулю, поэтому тела остаются по отношению друг к

другу в покое.

Под действием веса (силы тяжести) свободное твердое тело падает вниз, но если подвесить тело на нить, то нить будет растягиваться силой  $T = P$  (Рисунок. 2.11) и пока равновесие сохраняется, нить не разорвется. Иначе говоря, вес тела и сила натяжения нити равны и направлены в противоположные стороны.

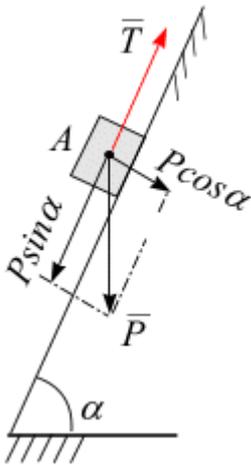
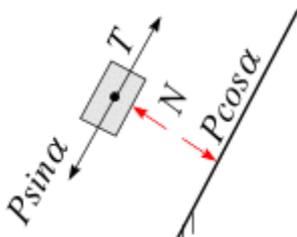


Рисунок. 2.12

Силы – векторы. Их можно разложить на составляющие. Рассмотрим пример, Рисунок. 2.12. Пусть тело *A* нужно удержать на крутой наклонной поверхности силой  $\bar{T}$ . На рисунке стрелка *P* изображает силу тяжести (вес) тела *A*. Используя правило параллелограмма, разложим силу  $\bar{P}$  на составляющие, параллельную и перпендикулярную к наклонной плоскости. Силы  $P \sin \alpha$  и  $T$  тянут тело параллельно поверхности в разные стороны. При равно-



веса  $P \sin \alpha = T$ . Для выявления сил действия и противодействия отделим тело от поверхности, Рисунок. 2.13. Тогда сила действия тела на поверхность равна  $P \cos \alpha$  и приложенная к поверхности, а сила противодействия  $N$ , приложена к телу, причем  $N = P \cos \alpha$ .

«Инертное» означает: никакое тело не изменяет своей скорости (по величине и направлению, в том числе и состояния покоя, при котором скорость равна нулю) само собой. Для всякого изменения скорости тела требуется действие на тело какой-либо силы ( $\bar{F} = m\bar{a}$ ). Коэффициент пропорциональности между силой и изменением скорости есть *масса* ( $m$ ) тела, которая играет роль меры инерции твердого тела. Масса тела представляет собой *скалярную* величину. Лежит ли тело неподвижно, или свободно падает на землю, или качается, подвешенное на нить, — его *масса при всех условиях остается неизменной*.

**Способы измерения массы и силы.** Для измерения массы используются вспомогательные средства, например, разновес или рычажные, или пружинные весы. Массы двух тел считаются одинаковыми, если они могут на весах заменять друг друга, Рисунок. 2.14, а. На одну чашку весов кладем предмет, а на другую гирю (эталон) и таким образом сравниваем массу предмета с массой гири. **Вес тела** в разных точках земли можно измерять пружинными весами – динамометрами (Рисунок. 2.14,б,в).

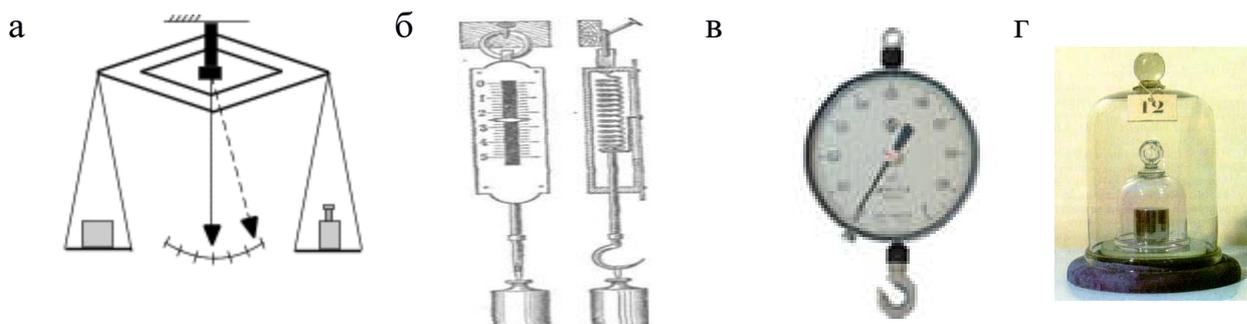
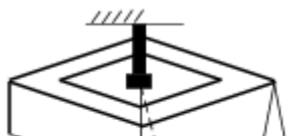


Рисунок. 2.14

Эталон в виде единицы массы «овеществлен» в виде гири из благородного металла (90 % платины и 10 % иридия) и названа международным кило-



граммом ( $kg$ ), (Рисунок. 2.14,г). Храниться эталон массы в Национальном архиве Франции с 1889 г. Поставив на чашу пружинных весов какое-либо тело, мы сравниваем силу притяжения Земли, которую испытывает это тело, с силой упругости пружины,

Рисунок. 2.15.

Сила тяжести  $P = mg$  тянет вниз, сила упругости пружины  $F_{упр}$  – вверх, и, когда обе силы уравновесятся, указатель весов останавливается на определенном делении. Единицей силы служит вес гири массой в один килограмм в определенном месте, в котором ускорение свободного падения

$g = 9,80665 \frac{m}{сек}$  (округленно  $9,8 \frac{m}{сек}$ ), вес тела  $P = mg$ . Единицу измерения

силы тяжести (веса) называют ньютон ( $n$ ):  $1n = \frac{kg \cdot m}{сек^2}$ .

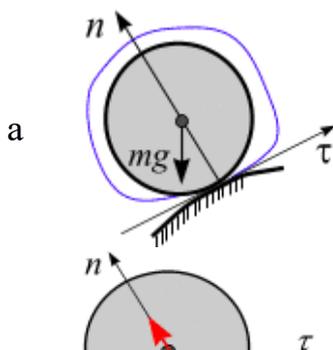
Ответим на вопрос, почему можно использовать одни и те же приспособления (разновес и любые весы), чтобы измерить и массу, и вес? Обратимся к Рисунок. 2.15: массы двух тел определяются как равные, если эти тела на одном и том же месте имеют одинаковые веса, т. е. если они притягиваются Землей с одинаковыми силами. Вес тела зависит от его массы и от расстояния от поверхности Земли: силы, называемые весом, всегда вертикальны, т. е. направлены к центру Земли. Влияние Земли по обе стороны весов одинаково, и поэтому, оно исключается.

**Аксиома связи.** *Всякую связь можно отбросить и заменить ее реакцией – силой (в простейшем случае) или системой сил (в общем случае).*

Очень важно научиться правильно заменять отброшенную связь реакциями связей. Это одна из главных задач при изучении статики.

*Комментарии к аксиоме связей.*

Рассмотрим, как направлены реакции некоторых основных видов связей.



**Гладкая поверхность (плоскость) или гладкая опора.** Гладкая поверхность не дает телу перемещаться только в направлении общей нормали к поверхностям соприкасающихся тел в точке их касания (Рисунок. 2.16,а). Выделим замкнутой кривой тело, равновесие которого определяем, отбросим связь (поверхность) и заменим ее действие силой реакции связи ( $N$ ), которая направлена по общей нормали к поверхностям соприкасающихся тел в точке их касания и приложена в этой точке (Рисунок. 2.16,б).

В результате на тело будут действовать две силы – вес тела  $mg$  и реакция опоры  $N$ . Сила  $N'$  называется давлением тела на поверхность.

Когда одно из тел лежит на поверхности другого тела (Рисунок. 2.17, а, б, в), то реакция поверхности направлена по нормали к другой поверхности и проходит через точку центра тяжести тела.

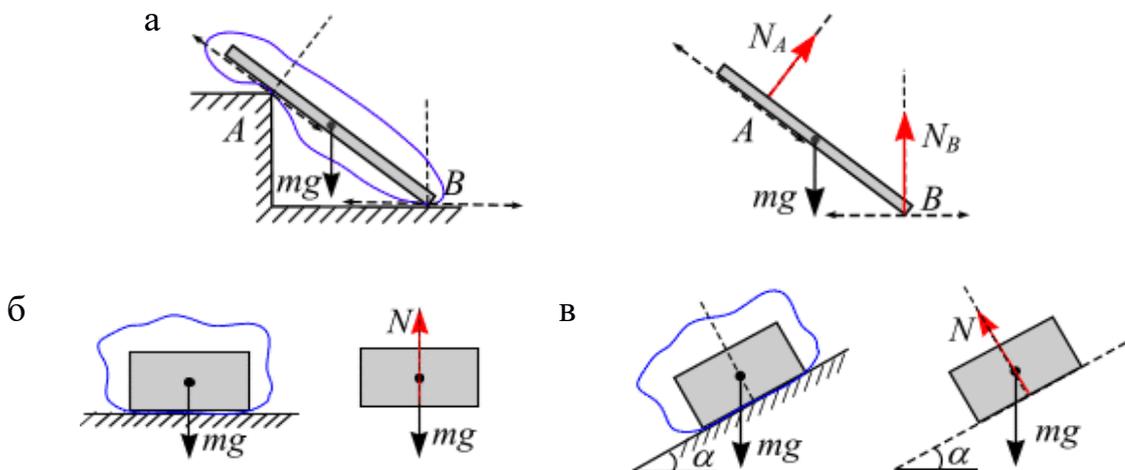


Рисунок. 2.17

**Шарнирные соединения.** Плоский цилиндрический шарнир (шарнирное соединение) представляет собой устройство  $C$ , которое связывает два тела  $A$  и  $B$  (Рисунок. 2.18, а) и допускает поворот тела относительно другого, но препятствует их относительным поступательным перемещениям по вертикальному и горизонтальному направлениям, следовательно, уменьшает степень свободы системы на две единицы. Осевая линия будет осью шарнира.

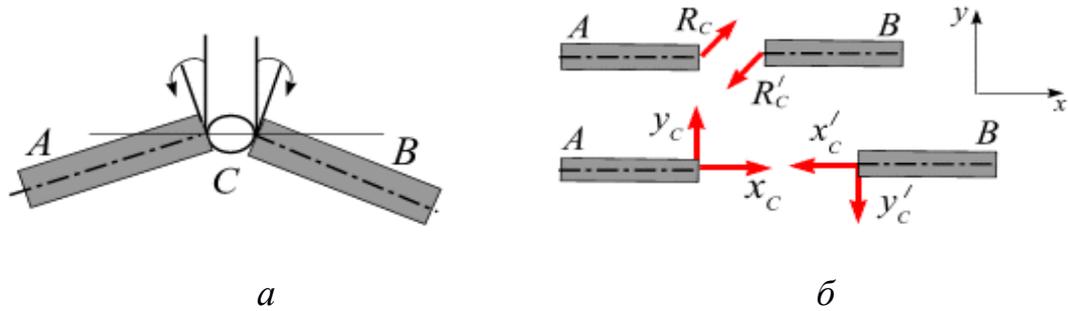


Рисунок. 2.18

Если выделить тела  $A$  и  $B$  (разрезать шарнир), в сечении возникают реактивные силы  $\bar{R}_C, \bar{R}'_C$  (слева и справа от шарнира  $C$ ) произвольно направленные, равных по модулю и противоположно направленные (Рисунок. 2.18, б). Векторы  $\bar{R}_C, \bar{R}'_C$  всегда можно разложить по двум ортогональным направлениям на проекции  $x_c, y_c$  слева от сечения и  $x'_c, y'_c$  справа от сечения.

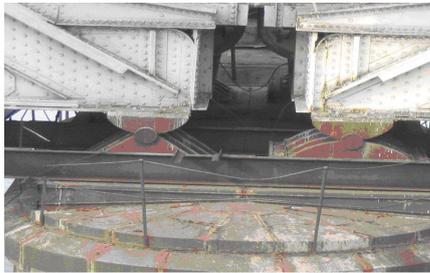


Рисунок. 2.19

Тогда

$$R_C = \sqrt{x_c^2 + y_c^2}, \quad \cos \alpha = \frac{y_c}{x_c}$$

Примером шарнирного соединения является мостовая опора. На мостовой опоре (Рисунок. 2.19) два буфера соединены цилиндрическим шарниром.

Если тело соединено с гладкой поверхностью шарниром (Рисунок. 2.20, а), то, отбрасывая связь, заменяют ее действие реакцией  $\bar{R}_C$  (Рисунок. 2.20, б, в).

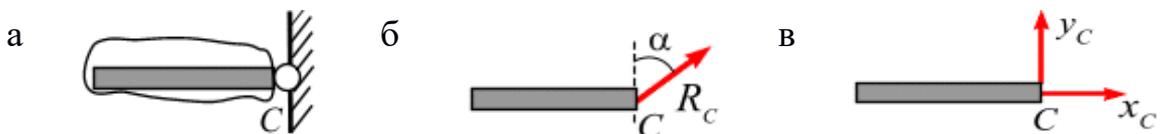


Рисунок. 2.20

**Шарнирно-неподвижная опора.** Схематически шарнирно-

неподвижная опора обозначается двумя опорными стержнями с шарнирами на концах – носителями двух связей (Рисунок. 2.21, а). Отбрасывая опору,

заменяем ее действие реакцией  $\bar{R}$ , линия действия которой проходит через ось шарнира под произвольным углом  $\alpha$ . Реакция этой опоры содержит две неизвестные – модуль  $R$  и угол  $\alpha$ . На практике, как правило, принято раскладывать  $\bar{R}$  на два ортогональных направления: горизонтальное  $H$  и

вертикальное  $V$  (Рисунок. 2.21, б):  $R = \sqrt{H^2 + V^2}$ ,  $\cos \alpha = \frac{H}{R}$ .

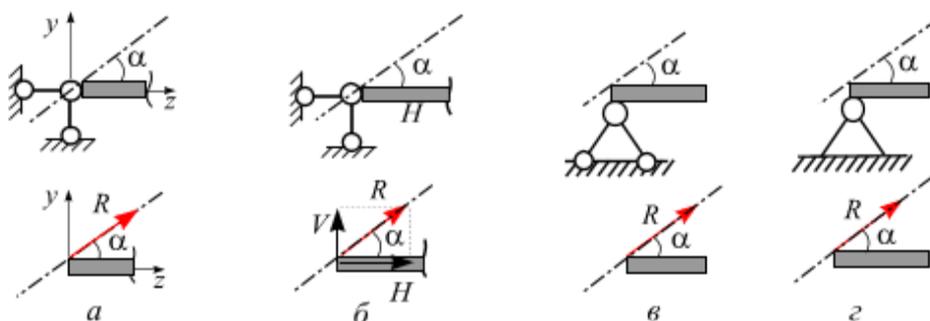


Рисунок. 2.21

Встречаются схемы шарнирно-неподвижных опор в виде треугольника (Рисунок. 2.21, в, г).

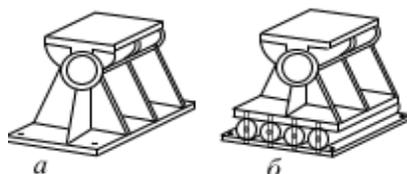


Рисунок. 2.22

Примерами шарнирно-неподвижных и шарнирно-подвижных опор могут служить балансирные опорные части из стального литья, применяемые для мостовых опор и других сооружений с большими пролетами (Рисунок. 2.22). Мосты опираются на опоры через опорные части, которые позволяют ему поворачиваться и продольно перемещаться при температурных воздействиях и изгибе пролета моста под действующей на мост внешней нагрузкой. При этом для однопролетного моста с одной стороны пролета устанавливают неподвижные, а с противоположной – подвижные опорные части (Рисунок. 2.22, а, б).

**Гибкая невесомая нерастяжимая нить. Невесомый стержень, шарнирно закрепленный по концам.** Связь в виде гибкой невесомой нерастяжимой нити (*троса, каната* и т. д.) или невесомого стержня, шарнирно за-

крепленного по концам (Рисунок. 2.23, а) не дает телу удаляться от точек подвеса в единственном направлении – вдоль нити или стержня.

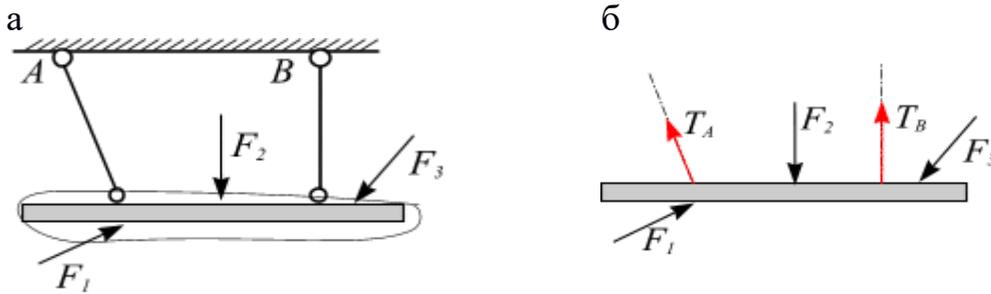


Рисунок. 2.23

Что бы направить силы реакций гибких связей, необходимо выделить замкнутой кривой тело, равновесие которого рассматривается, отбросить гибкие связи, заменяя при этом их действие силами – реакциями связей ( $T_A$  и  $T_B$ ). Направлять эти реакции связей нужно вдоль нитей (стержня) от рассматриваемого тела (Рисунок. 2.23, б).

**Аксиома принципа отвердевания.** *Если деформируемое тело находится под действием некоторой системы сил в равновесии, то равновесие не нарушится, если это тело отвердеет, т.е. станет абсолютно твердым.*

С помощью этой аксиомы устанавливается, в частности, связь между условиями равновесия внешних сил, приложенных к твердому телу, и возникающими деформациями. Из принципа следует, что условия равновесия, являющиеся необходимыми и достаточными для абсолютно твердого тела, являются необходимыми, но не достаточными для деформируемого тела. Достаточные условия равновесия деформируемых тел устанавливаются в механике деформируемого твердого тела.

Абсолютное пространство – трёхмерное эвклидово пространство, которое считается:

1. *Непрерывным:* между двумя различными точками в пространстве, как близко бы они ни находились, всегда есть третья.

2. *Однородным*: в пространстве нет выделенных точек, все они равноправны, параллельный перенос не изменяет вид законов природы;

3. *Изотропным*: в пространстве нет выделенных направлений, поворот на любой угол сохраняет неизменными законы природы;

4. *Трехмерным*: каждая точка пространства однозначно определяется набором трех действительных чисел – декартовых координат. Систему координат, состоящую из трех взаимно перпендикулярных осей:  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ , проходящих через одну точку  $O$ , называемую началом координат, предложил Рене Декарт (1596–1650). В общем случае, оси системы могут быть произвольно ориентированы относительно Земли и направления силы тяжести.

### 2.2.2 Система параллельных сил

**Определения.** *Системой сил называют совокупность сил, действующих на рассматриваемый объект.*

*Система сил, линии действия которых параллельны между собой, составляют систему параллельных сил.*

Рассмотрим систему двух параллельных сил, направленных в одну сторону. Так как силу можно переносить в любую точку линии ее действия, то достаточно знать только линии действия сил и их модули, а за точку приложения можно брать любые точки на линиях действия.

Определим равнодействующую системы двух параллельных сил (Рисунок. 4.1). Для этого систему параллельных сил сведем к системе сходящихся сил.

Пусть имеем две параллельные силы, направленные в одну сторону,  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ . Соединим точки приложения данных сил отрезком  $AB$ , Рисунок.2.15, а.

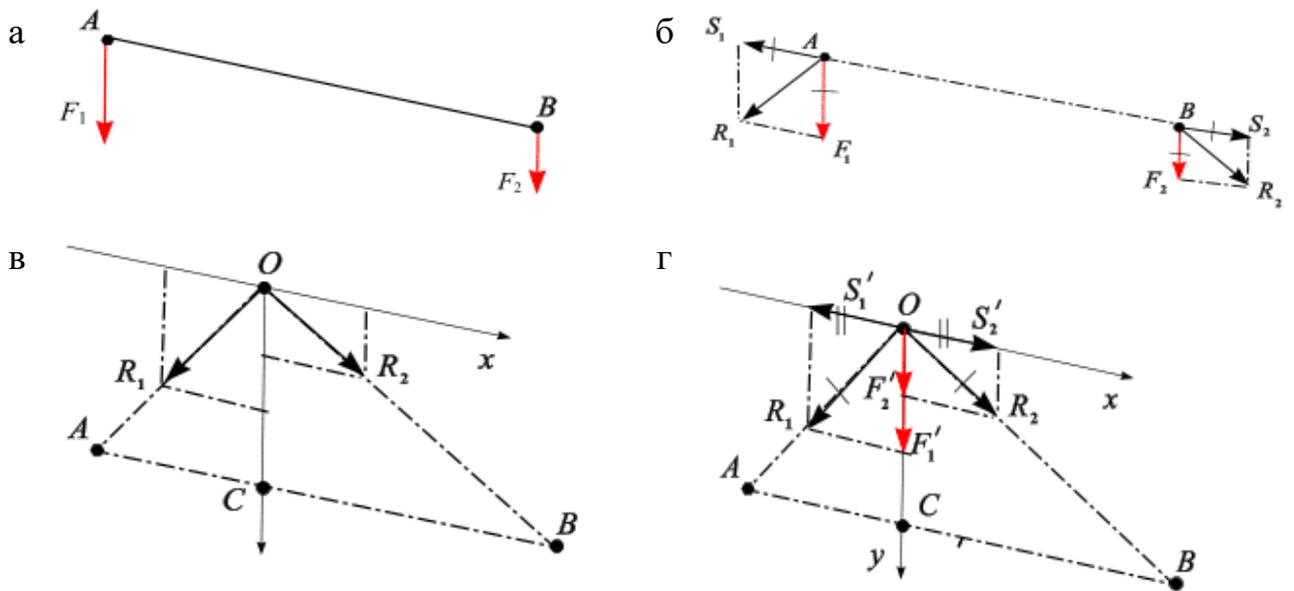
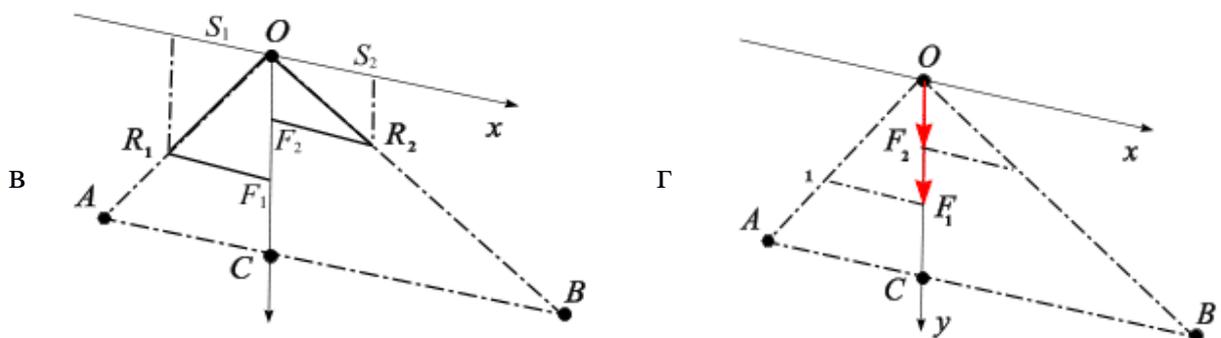


Рисунок. 2.24

Вспользуемся второй аксиомой статики, приложим две равные по модулю силы  $\bar{S}_1$  и  $\bar{S}_2$  ( $S_1 = S_2 \equiv S$ ) в точках  $A$  и  $B$ , направленные по отрезку  $AB$  в противоположные стороны (силы  $\bar{S}_1$  и  $\bar{S}_2$  составляют систему сил, эквивалентную нулю), Рисунок. 2.24, б. Сложим силы  $\bar{F}_1$  и  $\bar{S}_1$ , и  $\bar{F}_2$  и  $\bar{S}_2$  по правилу параллелограмма, получим их равнодействующие  $\bar{R}_1$  и  $\bar{R}_2$ .

Продолжим линии действия сил  $\bar{R}_1$  и  $\bar{R}_2$  до их пересечения в точке  $O$  и перенесем  $\bar{R}_1$  и  $\bar{R}_2$  в эту точку, Рисунок. 2.24, в. Совместим декартовую систему координат  $OxOy$  с точкой  $O$ , ось  $Ox$  направим вдоль линии действия вектора  $\bar{S}_2$ , ось  $Oy$  – вниз, Рисунок. 2.24, г. Разложим силы  $\bar{R}_1$  и  $\bar{R}_2$  на оси координат  $Oxy$ , т.е. на составляющие  $\bar{F}'_1$ ,  $\bar{S}'_1$  и  $\bar{F}'_2$ ,  $\bar{S}'_2$ .



д

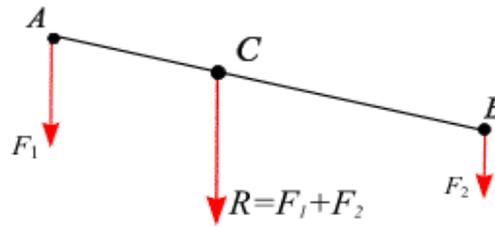


Рисунок. 2.25

Силы  $\bar{S}'_1$  и  $\bar{S}'_2$  (как эквивалентные нулю) отбросим, останутся две силы:  $\bar{F}'_1$  и  $\bar{F}'_2$ . Векторы  $\bar{F}'_1$  и  $\bar{F}'_2$  направлены в одну сторону и лежат на одной линии действия, следовательно, равнодействующая этих сил будет равна алгебраической сумме этих сил и направлена параллельно заданным силам  $\bar{F}_1$  и  $\bar{F}_2$ .

$$R = F_1 + F_2 \quad (1)$$

Из подобия треугольников  $AOC$  и  $R_1OF_1$ , а также  $COB$  и  $F_2OR_2$  имеем, Рисунок. 2.25, в :

$$\frac{F_1}{OC} = \frac{S_1}{AC}, \quad \frac{F_2}{OC} = \frac{S_2}{CB}. \quad (2)$$

Сложим пропорции (2) между собой:

$$\frac{F_1 + F_2}{OC} = \frac{S_1}{AC} + \frac{S_2}{CB} = \frac{S (CB + AC)}{AC \cdot CB} \Rightarrow \frac{R}{OC} = \frac{S \cdot AB}{AC \cdot CB} \quad (3)$$

Здесь  $F_1 + F_2 = R$ ,  $CD + FC = AB$ .

Выразим значение  $S$  через модули сил  $\bar{F}_1$  и  $\bar{F}_2$  из (2) соответственно:

$$S = F_1 \cdot \frac{AC}{OC}; \quad S = F_2 \cdot \frac{CB}{OC}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (3), получим, Рисунок. 2.25, д

$$\frac{R}{AB} = \frac{F_1}{BC} = \frac{F_2}{AC}. \quad (5)$$

Из последнего равенства легко вычислить отрезки  $AC$  и  $BC$ :

$$\frac{R}{AB} = \frac{F_2}{AC} \Rightarrow AC = \frac{F_2}{R} AB; \quad \frac{R}{AB} = \frac{F_1}{BC} \Rightarrow BC = \frac{F_1}{R} AB$$

Если на тело действует несколько параллельных сил, то их равнодействующую можно вычислить, последовательно применяя правила сложения двух сил. Система параллельных сил, направленных в одну сторону, в равновесии находиться не может, равнодействующая в этом случае не может быть равна нулю.

**Приведение к равнодействующей двух сил, направленных в разные стороны.** Рассмотрим сложение двух параллельных сил, направленных в разные стороны. Пусть имеем две силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  ( $F_1 > F_2$ ), приложенные в точках  $A$  и  $B$ , соответственно (Рисунок. 2.26а). Отложим на продолжении прямой  $AB$  точку  $C$  и приложим к ней уравновешенные силы  $\vec{R}$  и  $\vec{R}'$ , параллельные силам  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ . (Рисунок. 2.26 б). При этом модуль  $\vec{R}$  равен

$$R = F_2 - F_1,$$

положение точки приложения  $\vec{R}$  (точка  $C$ ) определяется уравнением (5). Тогда:

$$\frac{F_1}{BC} = \frac{R'}{AB} \Rightarrow BC = \frac{F_1 \cdot AB}{F_2 - F_1}$$

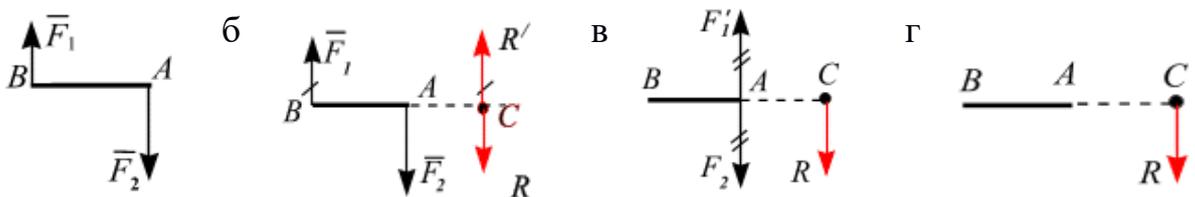


Рисунок. 2.26

Сложим силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{R}$ . Получим, что их равнодействующая  $\vec{F}'_2$  равна по модулю  $F'_2 = F_1 + R_1$ , т.е. равна по модулю  $F_2$  и приложена в точке  $A$  (Рисунок. 2.26, в). Система сил  $\vec{F}_2$  и  $\vec{F}'_2$  составляет уравновешенную систему, которую можно отбросить. В результате заданные силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  заменяются одной силой  $\vec{R}$ , которая является их равнодействующей (Рисунок. 2.26, г).

Если две параллельные силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  направлены в разные стороны, и равны по модулю, то их равнодействующая равна нулю

$$R = F'_1 - F_1 = 0.$$

Итак, такая система сил не имеет равнодействующей, однако тело не находится в состоянии покоя, тело начинает вращаться в плоскости расположения векторов  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ . Такую систему сил называют *парой сил*.

**Разложение данной силы на две, ей параллельные.** Разложим заданную силу  $F$  на две, ей параллельные, Рисунок. 2.27. Проведем через точку  $C$  прямую и отложим на ней точки  $A$  и  $B$  на расстояниях  $a$  и  $b$ , соответственно. Проведем через точки  $A$  и  $B$  прямые, параллельные линии действия

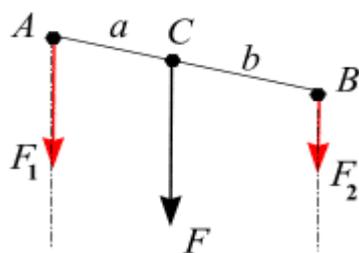


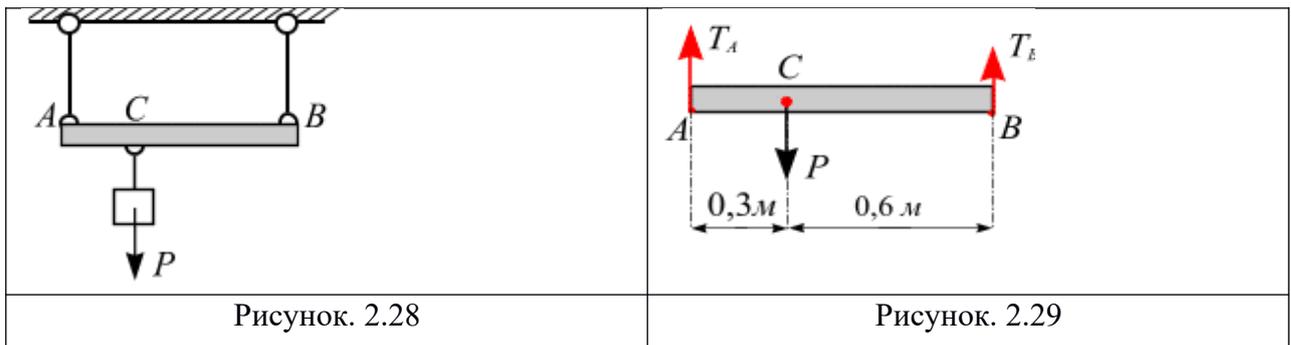
Рисунок. 2.27

заданной силе  $F$  и отложим на них силы  $F_1$  и  $F_2$ . Модули этих сил вычислим, используя золотое правило механики. Имеем:

$$\frac{F}{a+b} = \frac{F_1}{b} = \frac{F_2}{a} \Rightarrow \begin{cases} F_1 = F \frac{b}{a+b}; \\ F_2 = F \frac{a}{a+b}. \end{cases}$$

**Пример 1.** К стержню  $AB$ , подвешенному на канатах, привязан груз весом  $P = 90 \text{ кН}$ . Вычислить натяжение канатов, если  $AC = 0,3 \text{ м}$ ,  $CB = 0,6 \text{ м}$  (Рисунок. 2.28). Собственным весом стержня пренебречь.

**Решение.** Стержень  $AB$  находится в равновесии под действием трех сил: сил натяжения  $T_A$  и  $T_B$ , а также веса  $P$  (Рисунок. 2.29).



Равнодействующая  $R = P$  уравнивает силы  $T_A$  и  $T_B$ , следовательно-

$$\begin{cases} P = T_A + T_B, \\ \frac{P}{0,3 + 0,6} = \frac{T_A}{0,6} = \frac{T_B}{0,3}; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_A = P \frac{0,6}{0,3 + 0,6} = \frac{2}{3} P = \frac{2}{3} \cdot 90 = 60 \text{ кН}; \\ T_B = P \frac{0,3}{0,3 + 0,6} = \frac{1}{3} P = \frac{1}{3} \cdot 90 = 30 \text{ кН}. \end{cases}$$

но

*Проверка.* Балка  $AB$  находится в равновесии, следовательно:

$$\sum F_{iy} = T_A - P + T_B = 60 - 90 + 30 = 0.$$

**Пример 2.** На балку  $AB$  длиной  $\ell = 6\text{ м}$  (Рисунок. 2.30) приложены силы

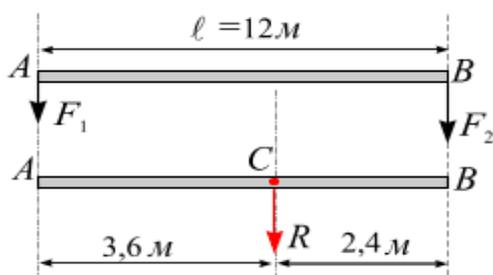


Рисунок. 2.30

$F_1 = 8 \text{ кН}$ ,  $F_2 = 12 \text{ кН}$ . Заменить силы равнодействующей.

**Решение.** Равнодействующая двух параллельных сил равна их алгебраической сумме, т. е.

$$R = F_1 + F_2 = 8 + 12 = 20 \text{ кН}.$$

Линия действия равнодействующей делит отрезок  $AB$ , соединяющий силы  $F_1$  и  $F_2$ , обратно пропорционально силам (золотое правило). Имеем:

$$\frac{R}{AB} = \frac{F_1}{CB} = \frac{F_2}{AC} \Rightarrow \frac{20}{6} = \frac{8}{CB} = \frac{12}{AC},$$

откуда

$$AC = \frac{6 \cdot 12}{20} = 3,6 \text{ м}, \quad BC = \frac{6 \cdot 8}{20} = 2,4 \text{ м}.$$

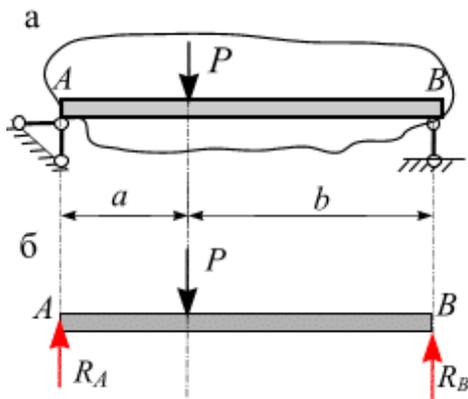


Рисунок. 2.31

**Пример 3.** Вычислить реакции опор в шарнирно-опертой балке  $AB$ , показанной на Рисунок. 2.31,а. Дано:  $P=9$  кН,  $a=6$ м,  $b=12$ м.

**Решение.** Отбросим связи и заменим их реакциями (Рисунок. 2.31, б). Реакция шарнирно подвижной опоры  $R_B$  направлена параллельно линии действия

внешней силы  $P$ , следовательно, их уравновешивающая сила  $V_A$  должна быть им параллельна. Имеем

$$\frac{P}{a+b} = \frac{R_B}{a} = \frac{R_A}{b},$$

откуда

$$R_B = P \cdot \frac{a}{a+b} = 9 \frac{6}{(6+12)} = 3 \text{ кН}, \quad R_A = P \cdot \frac{b}{a+b} = 9 \frac{12}{(6+12)} = 6 \text{ кН}.$$

**Проверка.** Балка  $AB$  находится в равновесии, следовательно:

$$\sum F_y = \uparrow R_A - P + R_B = 6 - 9 + 3 = 0.$$

**Пара сил.** Парой сил называется система двух сил, равных по модулю, параллельных и направленных в противоположные стороны.

Алгебраическим моментом пары называется величина, равная произведению модуля одной из сил пары (например,  $F'$ ) на ее плечо  $AB$  – кратчайшее

расстояние между линиями действия сил  $F'$  и  $F''$ , взятому с соответствующим знаком (Рисунок. 2.32, а, б):

$$m = \pm F' \cdot AB.$$

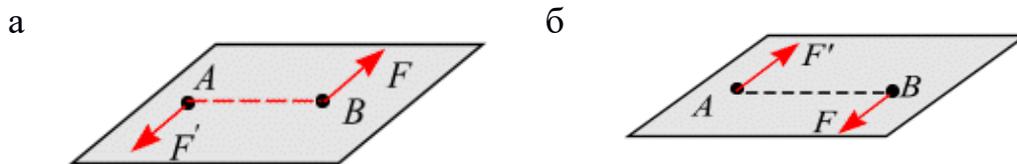


Рисунок. 2.32

Момент пары *положительный*, когда пара стремится повернуть тело против часовой стрелки, и *отрицательный* – по ходу стрелки (Рисунок. 4.9, а, б).

На практике пару сил заменяют дуговой стрелкой, направленной по направлению пары (Рисунок. 2.33,а, б).

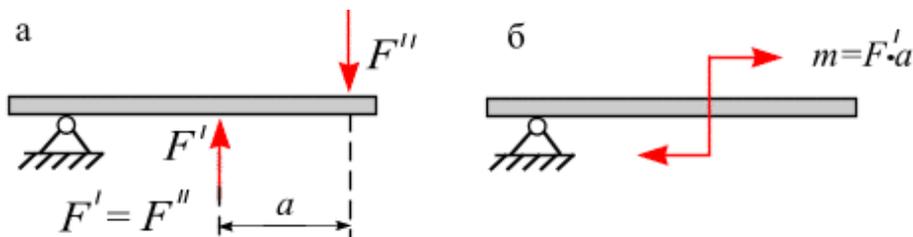


Рисунок. 2.33

**Рычаг** представляет собой твердое тело, которое имеет одну степень свободы – может вращаться вокруг неподвижной опоры  $O$ , Рисунок. 2.34.

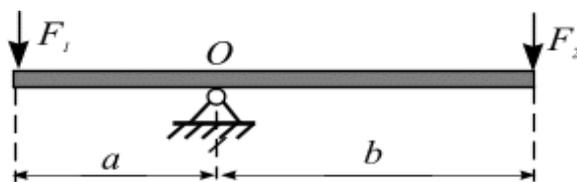


Рисунок. 2.34

В качестве рычага могут быть использованы лом, доска и тому подобные предметы.

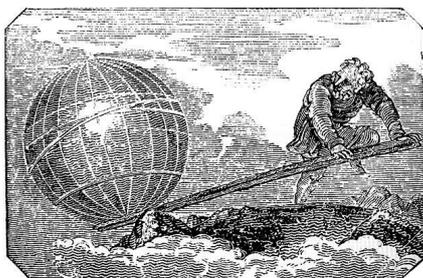
**Правило рычага.** Выигрыш в силе, получаемый с помощью рычага, определяется отношением плеч приложенных сил. Для того чтобы уравнове-

силь меньшей силой большую силу, необходимо, чтобы ее плечо превышало плечо большей силы:

$$\frac{F_1}{b} = \frac{F_2}{a} \Rightarrow F_1 \cdot a = F_2 \cdot b, \quad (a)$$

где  $a$  и  $b$  – плечи рычага.

Формула (а) показывает, что *рычаг находится в равновесии, если при-*



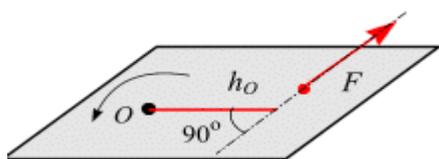
*ложенные к нему силы обратно пропорциональны их плечам.*

Известна легенда о том, что Архимед воскликнул: «Дай мне место, где бы я мог стоять, и я подниму Землю!»

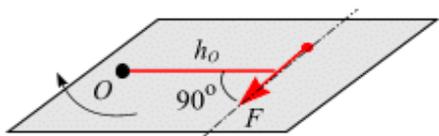
**Момент силы.** Момент силы характеризует вращающее действие силы. Это действие зависит как от силы, так и от линии ее действия.

Моментом силы относительно центра  $O$  называется величина, количественная характеристика которой равна произведению силы  $F$  на кратчайшее расстояние между центром  $O$  и линией действия силы (плечо  $h_o$ ) с соответствующим знаком:

$$M_O(F) = \pm F \cdot h_o$$



$$M_O(F) = +F \cdot h_o$$



$$M_O(F) = -F \cdot h_o$$

Рисунок. 2.35

Плечо силы  $h_o$  – перпендикуляр, опущенный из точки  $O$  на линию действия силы  $\vec{F}$ .

Будем считать момент  $M_O(F)$  положительным, если сила  $F$  при условном закреплении тела в точке  $O$  вращает тело против часовой стрелки, и отрицательным, если сила  $F$  вращает тело по часовой стрелке (Рисунок. 2.35).

Например, желая открыть дверь, стараются приложить силу как можно дальше от оси вращения. С помощью небольшой силы при этом создают значительный момент, и дверь открывается. Открыть ее, оказывая давление около петель, значительно труднее. По той же причине гайку легче отворачивать более длинным гаечным ключом, шуруп легче вывернуть с помощью отвертки с более широкой ручкой и т. д.

Уравнение равновесия рычага (а) можно переписать:

$$\sum M_O(F_i) = 0, \quad F_1 a - F_2 b = 0.$$

На практике часто приходится встречаться с задачами о равновесии рычага. Рассмотрим несколько примеров.

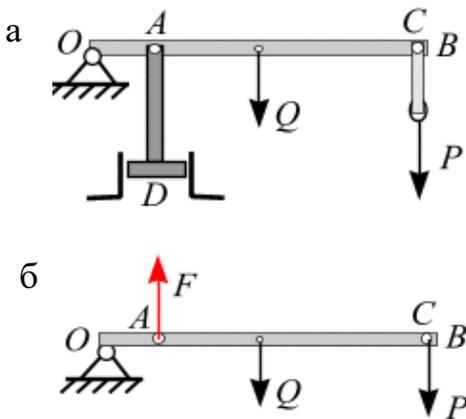


Рисунок. 2.36

**Пример 4.** Предохранительный клапан  $D$  парового котла соединен стержнем  $AD$  с рычагом  $OB$ , длина которого равна 40 см, вес  $Q = 10 \text{ Н}$ , вращающимся на шарнире  $O$  (Рисунок. 2.36, а). Расстояние  $OA = 5 \text{ см}$ , площадь клапана равна  $25 \text{ см}^2$ . В точке  $C$  рычага подвешен груз весом  $P = 320 \text{ Н}$ .

Вычислить расстояние  $OC$  при условии, чтобы клапан открывался при давлении пара в котле, большем 10 технических атмосфер.

*Справка.*

Паскаль ( $\text{Па} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$ ) – давление силы в один ньютон на один квадратный метр; 1 техническая атмосфера ( $\text{ат}$ ) равна давлению  $1 \text{ кг}$  на  $1 \text{ см}^2$ :  $1 \text{ Па} = 10,197 \cdot 10^{-6} \text{ ат}$ .

*Решение.* Сила давления пара, действующая на клапан  $D$ , передается на рычаг через стержень  $AD$  и равна  $F$  (Рисунок. 2.36, б)

Переведем единицы в систему СИ:

$$\begin{cases} 1 \text{ Па} \leftrightarrow 10,197 \times 10^{-6} \text{ ат}, \\ x \text{ Па} \leftrightarrow 10 \text{ ат}; \end{cases} \Rightarrow x = \frac{10}{10,197 \times 10^{-6}} \approx 98 \times 10^4 \text{ Па};$$

Площадь клапана равна  $\frac{25 \text{ см}^2}{=} \frac{25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{}$ .

Вычислим численное значение силы

$$F = 98 \cdot 10^4 \times 25 \cdot 10^{-4} = 2450 \text{ Н}.$$

Рычаг находится в равновесии. Составим моменты сил  $F, Q, P$  относительно центра  $O$  и, приравняв сумму этих моментов нулю, получим условие равновесия рычага:

$$\sum M_o(F_i) = 0 \Rightarrow F \cdot OA - Q \cdot \frac{OB}{2} - P \cdot OC = 0;$$

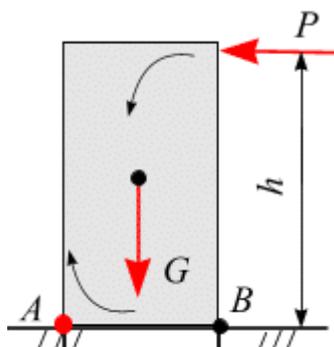
$$2450 \cdot 0,05 - 10 \cdot \frac{0,4}{2} - 320 \cdot OC = 0 \Rightarrow OC = \frac{122,5 - 0,2}{320} = 0,382 \text{ м} = 38,2 \text{ см}.$$

**Устойчивость тела при опрокидывании.** Сильный порыв ветра (около

20–30  $\frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ) может опрокинуть, например, яхту или машину, Рисунок. 2.37.



Рисунок. 2.37



Разберем условия, при которых твердое тело может быть опрокинуто внешними силами. Пусть тело не закреплено на поверхности, Рисунок. 2.38.

Устойчивость тела при опрокидывании в технике принято определять отношением числового значения момента, прижимающего тело

к поверхности (удерживающего момента  $M_A(G)$ ) к числовому значению момента, отрывающего тело от поверхности – опрокидывающего момента  $M_A(P)$ . Здесь точка  $A$ , точка опрокидывания.

$$\sum M_A(F_i) = -G \cdot b + P \cdot h > 0 \Rightarrow G \cdot b < P \cdot h \Rightarrow k = \frac{G \cdot b}{P \cdot h} = \frac{M_{уд}}{M_{опр}}$$

Имеем

Коэффициент  $k$  называют *коэффициентом устойчивости*. В случае предельной устойчивости коэффициент устойчивости  $k=1$ , в случае устойчивого состояния  $k > 1$ , опрокидывания –  $k < 1$ .

Точка  $B$  не может быть точкой опрокидывания, так как моменты  $M_B(P)$  и  $M_B(G)$  прижимают тело к поверхности, то есть являются удерживающими:

$$\sum M_B(F_i) = G \cdot b + P \cdot h$$

Определить, опрокинется ли тело под действием силы или будет находиться в устойчивом состоянии, можно графическим путем. Для этого продолжим линии действия сил  $G$  и  $P$  до их пересечения в точке  $K$ , перенесем силы в эту точку и найдем их равнодействующую  $R$  (Рисунок. 2.39).

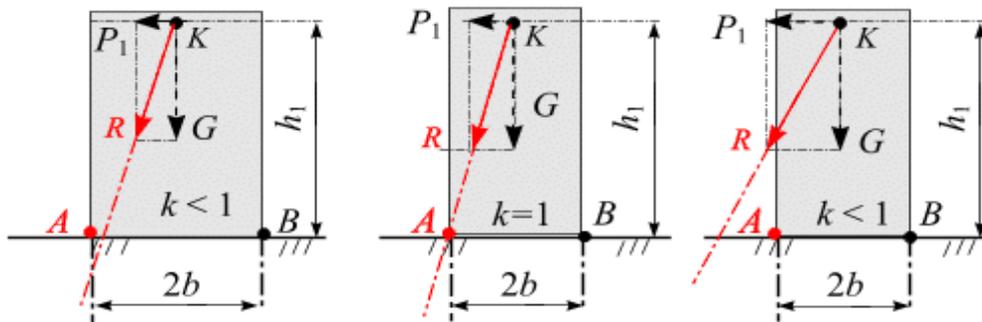


Рисунок. 2.39

Продолжая линию действия равнодействующей силы, найдем точку ее пересечения с опорной плоскостью.

В рассмотренном примере возможны три случая:

1. Если эта точка лежит справа от ребра  $A$ , то состояние тела устойчиво.
2. Если линия действия равнодействующей пересекает ребро  $A$ , то состояние тела предельно устойчиво.
3. Если эта точка лежит слева от ребра  $A$ , то тело опрокинется.

**Пример 5.** Определить вес противовеса  $P_2$ , обеспечивающий коэффициент устойчивости нагруженного крана при опрокидывании, равный 1,5, если вес крана  $G = 50$  кН, вес груза  $P_1 = 40$  кН. Размеры указаны на Рисунок. 2.40.

**Решение.** Предполагаемое опрокидывание крана под действием веса

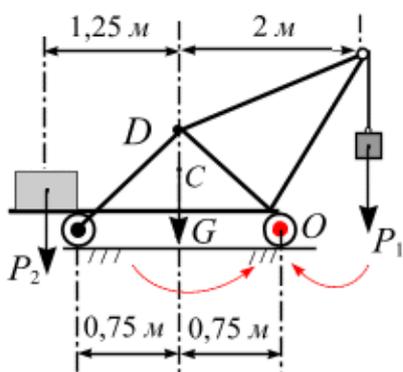


Рисунок. 2.40

груза  $P_1$  является вращением вокруг оси  $O$ , совпадающей с правым колесом крана. Силами, препятствующими опрокидыванию, являются вес крана  $G$  и вес противовеса  $P_2$ . Имеем:

$$\begin{aligned} \Sigma M_O(F_i) &= \\ &= -P_1 \cdot (2 - 0,75) + G \cdot 0,75 + P_2 \cdot (1,25 + 0,75). \end{aligned}$$

Здесь:

$$M_{уд} = G \cdot 0,75 + P_2 \cdot (1,25 + 0,75) = 50 \cdot 0,75 + P_2 \cdot 2 = 37,5 + P_2 \cdot 2;$$

$$M_{опр} = P_1 \cdot (2 - 0,75) = 40 \cdot 1,25 = 50$$

Тогда:

$$k = \frac{M_{уд}}{M_{опр}} = 1,5 \Rightarrow \frac{37,5 + P_2 \cdot 2}{50} = 1,5 \Rightarrow P_2 = \frac{50 \cdot 1,5 - 37,5}{2} = 18,75 \text{ кН.}$$

**Пример 6.** Вычислить угол наклона поверхности, при котором тело, ширина которого равна  $2b$ , высота  $2a$ , опрокинется, Рисунок. 2.41, а.

**Решение.**

**Способ 1.** При опрокидывании тело будет поворачиваться вокруг точки опрокидывания – точки  $A$  по часовой стрелке, Рисунок. 2.41, б. Вычислим проекции силы тяжести на оси  $Ox$  и  $Oy$ :

$$P_x = P \sin \alpha \quad ; \quad P_y = P \cos \alpha$$

Запишем уравнение моментов

$$\sum M_A = 0, P_y \cdot b - P_x \cdot a = 0 \Rightarrow P \cdot b \cos \alpha - P \cdot a \sin \alpha = 0.$$

Откуда  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}, \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{b}{a}.$

Откуда  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}, \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{b}{a}.$



Пизанская башня

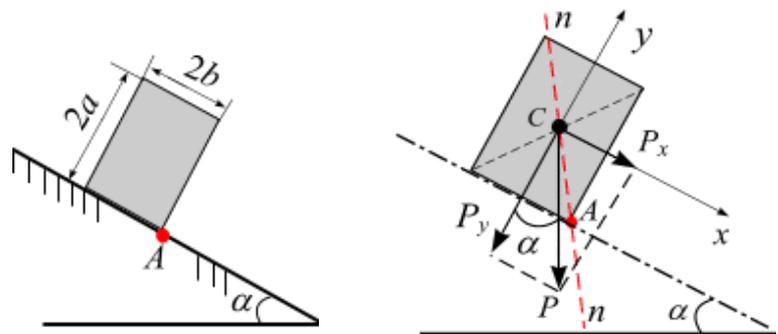


Рисунок. 2.41

**Способ 2.** Устойчивость тела обеспечена, если линия действия силы тяжести  $P$  проходит через точку опрокидывания  $A$ , Рисунок. 2.42. Рассмотрим  $\Delta ACB$ . Используя теорему Пифагора, имеем:

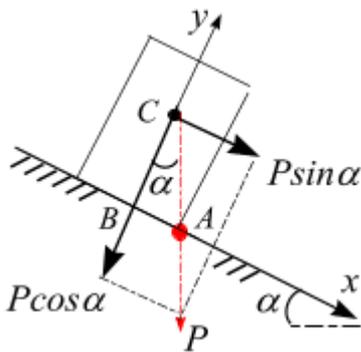


Рисунок. 2.42

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}$$

**Вывод.** Тело находится в равновесии до

тех пор, пока линия действия силы тяжести тела  $\bar{P}$  не совпадет с линией  $n - n$ , проходящей через центр тяжести тела (точка  $C$ ) или точку опрокидыва-

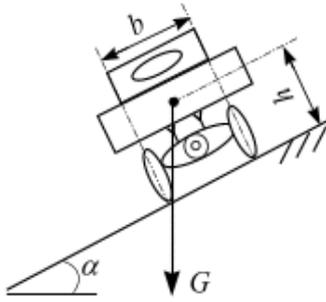


Рисунок. 2.43

ния  $A$ . В момент совпадения этих линий тело будет находиться в состоянии неустойчивого равновесия.

**Пример 7.** Автомобиль веса  $G$  стоит на наклонном участке дороги, Рисунок. 2.43. Высота центра тяжести грузовика над полотном дороги равна  $h$ , расстояние  $b$  между центрами колес. При

каком угле наклона дороги  $\alpha$  к плоскости горизонта может произойти опрокидывание грузовика?

**Решение.** При опрокидывании автомобиль будет поворачиваться вокруг точки опрокидывания – точки  $A$ , Рисунок. 2.44. Вычислим проекции силы тяжести на оси  $Ox$  и  $Oy$ :

$$G_x = G \sin \alpha ; G_y = G \cos \alpha$$

Запишем уравнение моментов

$$\sum M_A(F_i) = G_x \cdot h - G_y \cdot \frac{b}{2} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Gh \cdot \sin \alpha - G \frac{b}{2} \cdot \cos \alpha = 0 \Rightarrow \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{b}{2h}$$

Откуда 
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{2h} \Rightarrow \alpha \geq \operatorname{arctg} \frac{b}{2h}$$

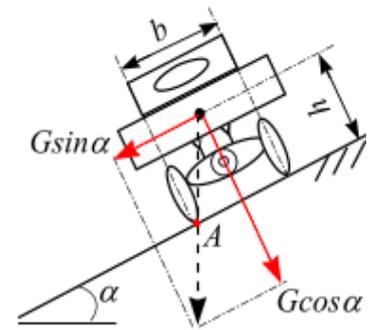
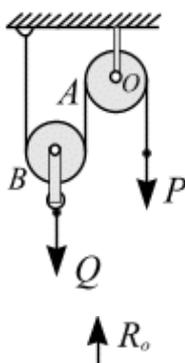


Рисунок. 2.44

**Простейшие механизмы.** Простейшие механизмы – это устройства для облегчения выполнения работы. К простейшим механизмам относятся: наклонная плоскость, ворот, весы, разновидности рычага – блоки, полиспасты и др.



**Полиспасты.** Если ось блока помещается в обоймах, прикреплённых на балке или стене, такой блок называется неподвижным; если же к этим обоймам прикрепляется груз, и блок вместе с ними может двигаться, то такой блок

называется подвижным. Рассмотрим систему подвижного и неподвижного блоков, Рисунок. 2.45.

Выделим блок  $A$ , разорванную гибкую связь (канат или веревка) заменим силой натяжения  $T$ , шарнир  $O$  – реакцией  $R_o$ . Тело, способное вращаться, находится в равновесии, если сумма моментов приложенных к телу сил равна нулю, т.е.

$$\sum M_o(F_i) = 0, T \cdot r - P \cdot r = 0, T = P$$

Выделим блок  $B$ .

Имеем 
$$\sum M_c(F_i) = 0, T' \cdot r - P \cdot r = 0, T' = P$$

Тогда 
$$\sum F_{iy} = 0, 2P - Q = 0, Q' = 2P$$

Получили, что неподвижный блок не дает выигрыша в силе, а подвижный блок дает выигрыш в силе в 2 раза.

Итак, чтобы поднять блок  $B$ , нужно подтянуть два каната (верёвки), то есть проиграть в расстоянии в 2 раза.

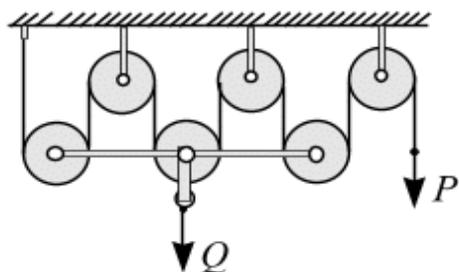


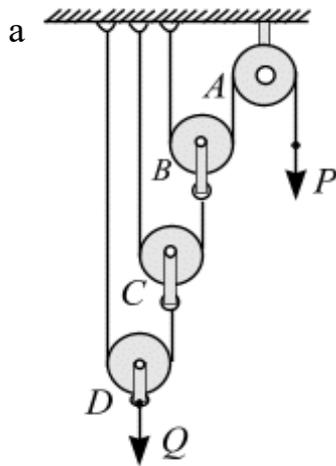
Рисунок. 2.46

Для усиления этого эффекта можно сложить действие нескольких подвижных блоков, получится устройство, называемое полиспастом (от греческого poly – "много" spao – "тяну"), Рисунок. 2.46.

**Параллельный полиспаст.** Рассмотрим полиспаст, состоящий из неподвижного блока  $A$  и трех подвижных блоков  $B, C, D$ . Груз весом  $Q$  подвешен к нижнему блоку  $D$ , уравновешивается силой  $P$ , приложенной к концу каната, перекинутого через неподвижный блок  $A$  (Рисунок. 2.47, а). Вычислим зависимость между силами  $P$  и  $Q$ .

Рассмотрим нижний блок  $D$  (Рисунок. 2.47, б): сила  $Q$  приложена к центру блока, тогда натяжение обоих параллельных концов каната, охватывающего этот блок, равны между собой:

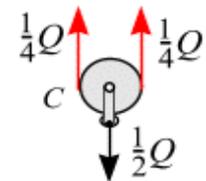
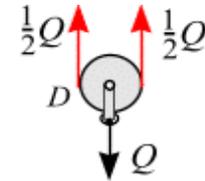
$$T' = T = \frac{1}{2}Q$$



б Диск  $D$

в

Диск  $C$



г

Диск  $B$

д

Диск  $A$

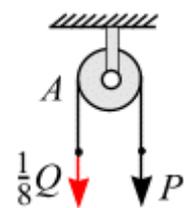
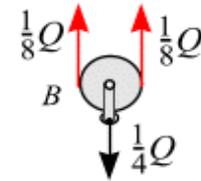
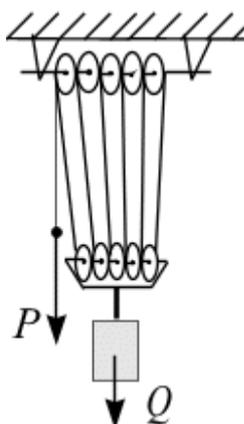


Рисунок. 2.47

Рассмотрим подвижный блок  $C$  (Рисунок.2.47, в): к центру блока приложена сила, равная  $\frac{1}{2}Q$ ; тогда натяжение обоих параллельных концов каната, охватывающего блок  $C$ , равны  $\frac{1}{4}Q$  каждое.

Рассмотрим подвижный блок  $B$  (Рисунок. 2.47, г): к центру блока приложена сила, равная  $\frac{1}{4}Q$ , а натяжение канатов охватывающего блок  $B$ , равно  $\frac{1}{8}Q$  каждое.

Рассмотрим неподвижный блок  $A$  (Рисунок. 2.47, д): к



блоку справа приложена сила, равная  $\frac{1}{8}Q$ , а с другой стороны – сила  $P$ , следовательно:

$$P = \frac{1}{8}Q = \frac{1}{2^3}Q.$$

Рисунок. 2.48

Допустим, что число блоков на нижнем и верхнем ярусе равно  $n$ , Рисунок. 2.48. Обозначим поднимаемый груз через  $Q$ , а прилагаемую при этом силу обозначим через  $P$ . Тогда

$$P = \frac{1}{2^n} Q.$$

**Дифференциальный блок.** Дифференциальный блок состоит из двух неподвижных блоков: блоков радиусов  $OA=r$  и  $OB=R$ , жестко скрепленных между собой и вращающихся на общей оси  $O$ , и из подвижного блока  $O_1$  (Рисунок. 2.49, а). Края блоков снабжены зубцами, на которые надеваются звенья замкнутой цепи  $CBDEFA$ . Один коней этой цепи свободно свешивается с неподвижного блока в точке  $A$ ; к другому концу, свешивающемуся с неподвижного блока в точке  $C$ , приложена сила  $P$ ; к блоку  $O_1$  подвешен груз весом  $Q$ . Вычислить зависимость между силами  $P$  и  $Q$ .

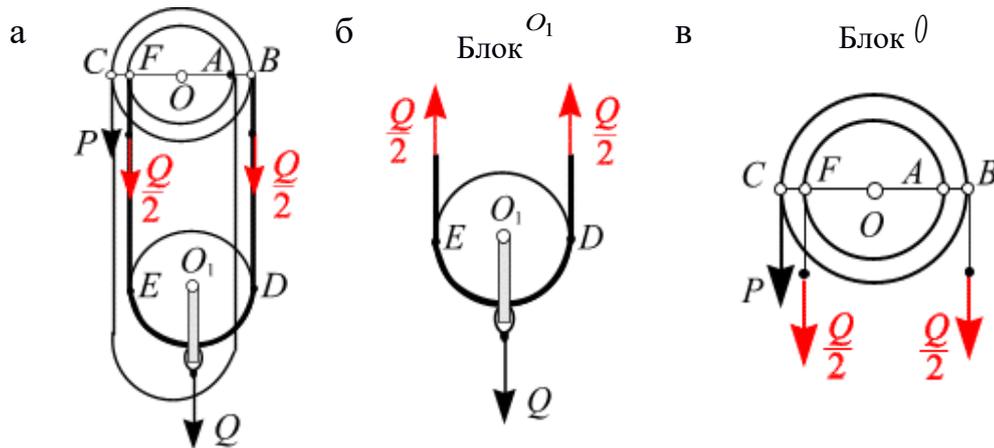


Рисунок. 2.49

Рассмотрим подвижный блок  $O_1$ : сила  $Q$  приложена к центру блока, тогда

натяжение, возникающее в параллельных участках цепи  $FE$  и  $BD$ , равно  $\frac{1}{2}Q$

на каждом участке (Рисунок. 2.49, б). Тогда на верхний блок  $O$  действует

три силы: сила  $P$ , приложенная в точке  $C$  и две силы  $\frac{1}{2}Q$ , приложенные в точках  $F$  и  $B$  (Рисунок. 2.49, в).

При равновесии неподвижного блока, сумма моментов относительно неподвижного центра  $O$  равна нулю:

$$\sum M_o(F_i) = 0, P \cdot R + \frac{1}{2}Q \cdot r - \frac{1}{2}Q \cdot R = 0 \Rightarrow P = \frac{R-r}{2R}Q.$$

Разнообразие полиспастов на практике представлено на Рисунок. 2.50



Рисунок. 2.50

### 2.2.3 Вычисление центра тяжести твердых тел

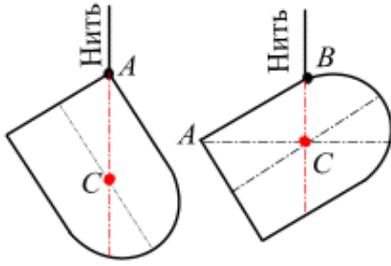


Рисунок. 2.60

**I. Экспериментальный метод вычисления центра тяжести (школьный курс 7 класс).** При подвешивании тела за любую точку его центр тяжести лежит на линии подвеса. Например, если тело из примера 2.60 подвесить за точку  $A$ , то линия подвеса пройдет через точку  $C$ , Рисунок. 2.60. Следовательно, можно

последовательно прикреплять тело к нити за разные точки. При равновесии центр тяжести тела должен лежать на линии, совпадающей с линией нити, иначе сила тяжести привела бы тело в движение. При помощи линейки и карандаша можно прочертить вертикальные прямые, совпадающие с направлением нитей, которые были закреплены в разных точках. В зависимости от сложности формы тела понадобится провести две-три линии. Все они должны пересечься в одной точке. Эта точка и будет центром тяжести данного тела.

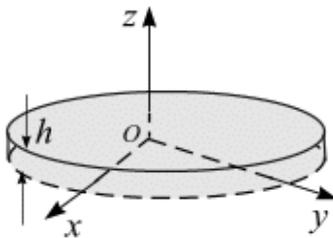


Рисунок. 2.51

**Плоское сечение.** Рассмотрим однородное тело, ограниченное двумя параллельными плоскостями и контурной поверхностью (Рисунок. 2.51). Если размеры тела по осям  $Ox$  и  $Oy$  много

больше размера тела по оси  $Oz$ , такое тело будем называть плоским. Так как тело однородно, его центр тяжести делит толщину тела  $h$  на равные части.

Совместим с плоскостью симметрии координатную плоскость  $Oxy$ , Рисунок. 2.52.

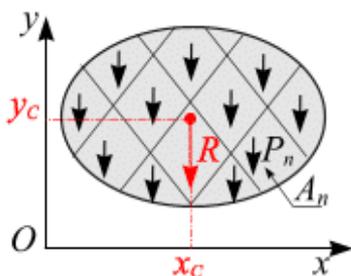


Рисунок. 2.52

**Аналитическое вычисление.** Разложим тело на  $N$  малых частей площадью  $A_n$ . Вес  $n$ -й части тела  $P_n$ , Рисунок. 2.52. Тогда

$$P = \sum_{n=1}^N P_n$$

– вес всего тела;

$$A = \sum_{n=1}^N A_n$$

– площадь всего тела.

Координаты центра тяжести плоского тела определяются аналогично координатам центра параллельных сил (1). Если  $P_n$  – сила тяжести малого сечения тела, тогда  $R \equiv \sum_{n=1}^N P_n = P$ , где  $P$  – сила тяжести (вес) тела (Рисунок. 2.52).

Имеем:

$$x_C = \frac{\sum P_n \cdot x_n}{P}, \quad y_C = \frac{\sum P_n \cdot y_n}{P}. \quad (a)$$

Для однородного тела силу тяжести можно вычислить через плотность тела  $\rho$  :

$$P_n = \rho \cdot A_n, \quad P = \sum_{n=1}^N \rho \cdot A_n = \rho \sum_{n=1}^N A_n = \rho \cdot A \quad (б)$$

Подставляя выражение (б) в равенство (а) и после сокращения на  $\rho$ , получим

$$x_C = \frac{\sum P_n \cdot x_n}{P} = \frac{\rho \sum A_n \cdot x_n}{\rho A} = \frac{\sum A_n \cdot x_n}{A} = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 + \dots + x_N A_N}{A_1 + A_2 + \dots + A_N};$$

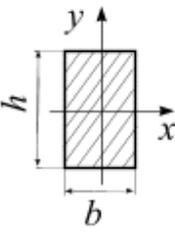
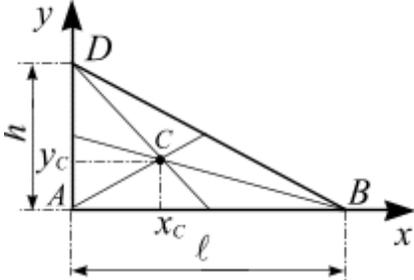
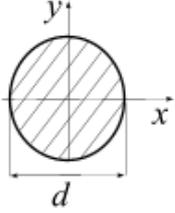
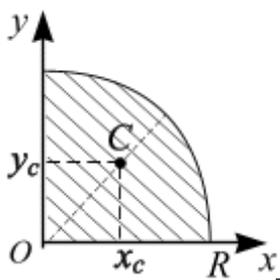
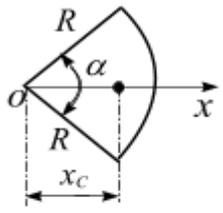
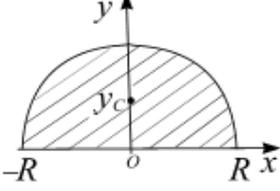
$$y_C = \frac{\sum P_n \cdot y_n}{P} = \frac{\rho \sum A_n \cdot y_n}{\rho A} = \frac{\sum A_n \cdot y_n}{A} = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2 + \dots + y_N A_N}{A_1 + A_2 + \dots + A_N}. \quad (2)$$

**Центр тяжести тела** – геометрическая точка, в которой приложена равнодействующая сил тяжести отдельных частиц тела  $P_n$ .

Положение центра тяжести однородного тела зависит только от его геометрической формы и размеров, и не зависит от свойств материала, из ко-

торого тело выполнено. Координаты центров тяжести простейших плоских фигур приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1

Поперечное сечение	Центр тяжести	Поперечное сечение	Центр тяжести
	$x_c = 0, y_c = 0.$		$x_c = \frac{1}{3}l,$ $y_c = \frac{1}{3}h.$
	$x_c = 0, y_c = 0.$		$x_c = \frac{4R}{3\pi},$ $y_c = \frac{4R}{3\pi}.$
	$x_c = \frac{2}{3} \cdot \frac{R \sin \alpha}{\alpha} =$ $= 38,2 \frac{R \sin \alpha}{\alpha^\circ}$		$y_c = \frac{4R}{3\pi}, x_c = 0.$

### Способы вычисления центра тяжести:

**I. Метод симметрии.** Если однородное тело имеет плоскость, ось или центр симметрии, то центр тяжести лежит соответственно или в плоскости симметрии, или на оси симметрии, или в центре симметрии. Центр тяжести линии длиной  $L$  – посередине. Центр тяжести окружности (или круга) радиуса  $R$  – в его центре, т.е. в точке пересечения диаметров. Центр тяжести параллелограмма, ромба или параллелепипеда – в точке пересечения диагоналей. Центр тяжести правильного многоугольника – в центре вписанного или описанного круга.

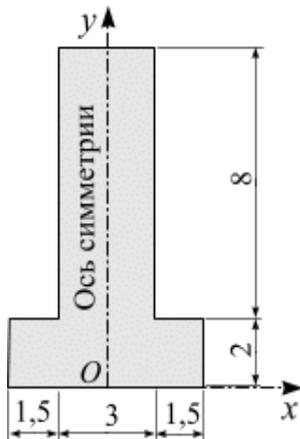


Рисунок. 2.53

жести лежит на  $x_c = 0$ , и оста-

Разделим прямоугольника, жен горизонталь- (Рисунок. 2.54).

Определим сти и площади прямоугольников:

$$\left[ \begin{array}{l} C_1(0;1), \\ A_1 = 6 \cdot 2 = 12 \text{ (см}^2\text{)}; \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} C_2(0;5), \\ A_2 = 8 \cdot 3 = 24 \text{ (см}^2\text{)}. \end{array} \right]$$

Имеем:

$$y_c = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2}{A} = \frac{1 \cdot 12 + 6 \cdot 24}{12 + 24} = \frac{24 + 144}{36} = \frac{42}{6} \approx 4,7 \text{ см.}$$

Откладываем вычисленную координату от оси  $x$  на схеме (Рисунок. 2.54), проводим центральные оси  $Cx_c y_c$ .

**II. Метод разбиения на части.** Если возможно провести разбиение тела на части, для каждой из которых положение центра тяжести известно, то координаты центра тяжести тела определяются с помощью формул (2).

**Пример 1.** Вычислить положение центра тяжести заданного таврового сечения (Рисунок. 2.53). Все размеры указаны на Рисунок. в см.

**Решение.** Сечение симметрично относительно оси  $y$ .

Следовательно, центр тяжести этой оси, тогда координата  $y_c$ .

Разделим тавровое сечение на два: один из которых расположен горизонтально, другой – вертикально. Определим координаты центров тяжести для первого и второго прямоугольников:

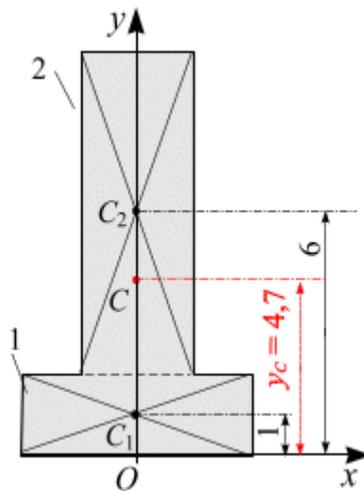


Рисунок. 2.54

**Примечание.** При правильном вычислении, центр тяжести всего сечения (точка  $C$ ) должен лежать на прямой  $C_1C_2$  соединяющей центры тяжести простых сечений (прямоугольников), и делить прямую  $C_1C_2$  на отрезки обратно пропорциональные площадям соответствующих сечений – прямоугольников (золотое правило). Проверим:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{C_1C}{C_2C} \Rightarrow \frac{24}{12} = \frac{3,33}{1,67} = 2.$$



Рисунок. 2.55

**Пример 2.** Для заданного сечения вычис-

лить центр тяжести (Рисунок. 2.55). Дано:

$$R = 6 \text{ см}$$

**Решение.** Разобьем заданное сечение на

простые: квадрат – фигура 1, полукруг – фигу-

ра 2 (Рисунок. 2.55). Ось  $Ox$  совместим с осью

симметрии, ось  $Oy$  совместим со стороной квадрата. Тогда центр тяжести

будет лежать на оси  $Ox$ , т.е.  $y_c = 0$ .

Вычислим площадь и координату центра тяжести каждой фигуры:

$$\begin{array}{l} 1. \text{ Квадрат} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} C_1(6;0), \\ A_1 = 2R \cdot 2R = 4 \cdot R^2 = 4 \cdot 6^2 = 144 \text{ (см}^2\text{)}. \end{array} \right. \\ 2. \text{ Полукруг} \Rightarrow \end{array}$$

$$\Rightarrow \left[ \begin{array}{l} C_2(x_2;0), x_2 = 2R + \frac{4R}{3\pi} = 2 \cdot 6 + \frac{4 \cdot 6}{3 \cdot 3,14} = 12 + 2,55 = 14,55 \text{ см}; \\ A_2 = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{3,14 \cdot 6^2}{2} = 56,52 \text{ см}^2. \end{array} \right.$$

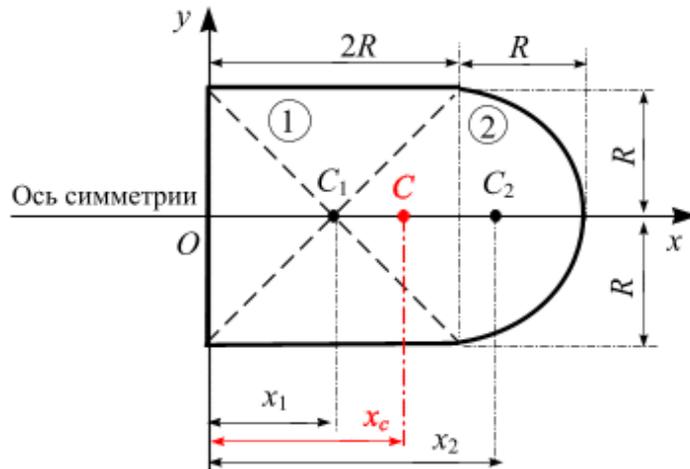


Рисунок. 2.56

Имеем:

$$x_c = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2}{A_1 + A_2} = \frac{6 \cdot 144 + 14,55 \cdot 56,52}{144 + 56,52} = \frac{864 + 822,37}{200,52} = \frac{1686,37}{200,52} \approx 8,4 \text{ см.}$$

Откладываем вычисленную координату от оси  $Oy$  на схеме (Рисунок. 2.56), проводим центральные оси  $Cx_c y_c$ .

Проверим:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{C_1 C}{C_2 C} \Leftrightarrow \frac{56,52}{144} = \frac{2,4}{6,15} = 0,39.$$

Следует иметь в виду, что центр тяжести иногда находится вне тела. Например, два бруска, соединенные шарниром, в разложенном состоянии имеют центр тяжести в геометрическом центре, а в согнутом – их центр тяжести оказывается вне этих брусков, Рисунок. 2.57

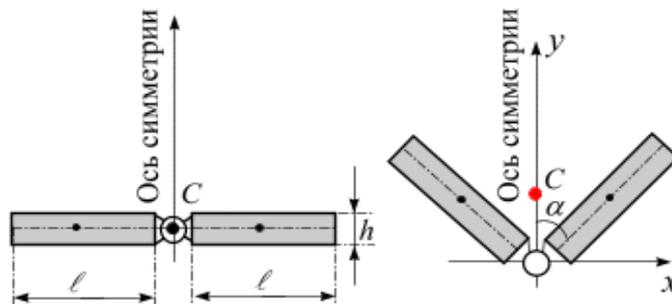


Рисунок. 2.57

Имеем:

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2} = \frac{\ell \cdot h \cdot \frac{\ell}{2} \cos \alpha + \ell \cdot h \cdot \frac{\ell}{2} \cos \alpha}{\ell \cdot h + \ell \cdot h} = \frac{1}{2} \ell \cos \alpha$$

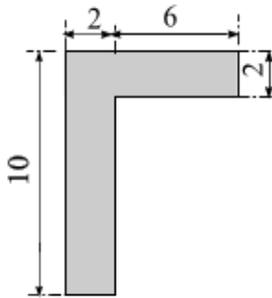
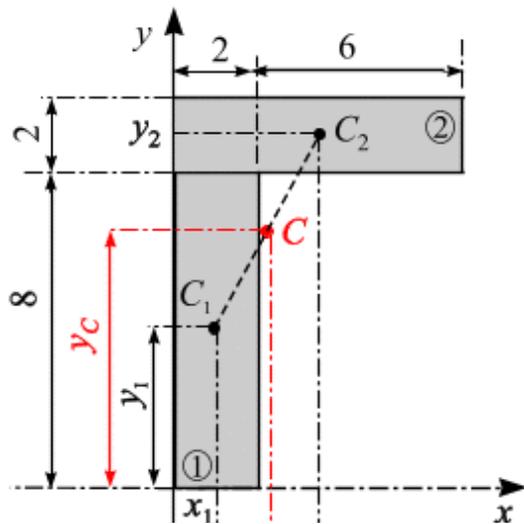


Рисунок. 2.58

**Пример 3.** Вычислить координаты центра тяжести однородной пластины (Рисунок. 2.58). Все размеры на рисунке показаны в сантиметрах.

**Решение.** Вводим прямоугольные оси координат  $Oxy$ , разбиваем пластину на два прямоугольника (1) и (2), линии разреза показаны на рисунке Рисунок. 2.59.



Вычислим координаты точек центров тяжести  $C_1(x_1; y_1)$  и  $C_2(x_2; y_2)$  и площади  $A_1$  и  $A_2$  прямоугольников:

$$\begin{cases} x_1 = 1 \text{ см}, \\ y_1 = 4 \text{ см}, \\ A_1 = 2 \cdot 8 = 16 \text{ см}^2. \\ x_2 = 1 + 3 = 4 \text{ см}, \\ y_2 = 8 + 1 = 9 \text{ см}, \\ A_2 = 8 \cdot 2 = 16 \text{ см}^2. \end{cases}$$

Площадь всей пластины:

$$A = \sum_{n=1}^2 A_n = A_1 + A_2 = 16 + 16 = 32 \text{ см}^2$$

Тогда

$$x_c = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2}{A} = \frac{1 \cdot 16 + 4 \cdot 16}{32} = \frac{80}{32} = 2,5 \text{ см}$$

$$y_c = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2}{A} = \frac{4 \cdot 16 + 9 \cdot 16}{32} = \frac{64 + 144}{32} = 6,5 \text{ см.}$$

Положение центра тяжести совпадает с точкой  $C(2,5; 6,5)$  см, Рисунок. 2.59.

Точка  $C$  лежит на прямой, соединяющей центры  $C_1$  и  $C_2$ .

**IV. Метод дополнения** (метод отрицательных площадей). Если тело можно дополнить до известной фигуры, то при разбивке на простые элементы дополненным фигурам присваиваются отрицательные значения площади.

**Пример 4.** Робот на горизонтальной поверхности берёт груз весом  $P_2 = m_2 g$ , укладывает его на себя, и катится по наклонной плоскости без проскальзывания, угол наклона  $\alpha = 30^\circ$ , Рисунок. 2.61. Высота робота  $H = 0,4$  м. Колеса робота установлены по краям, симметрично, расстояние между точками касания колёс с наклонной плоскостью, равно  $L = 30$  см, масса робота  $m_1 = 5$  кг. Высота груза  $h = 0,15$  м, длина —  $\ell = 20$  см. Центр тяжести робота

$$C_1 \left( \frac{L}{2}; \frac{H}{2} \right)$$

находится в точке , центр тяжести взятого груза находится в точке

$$C_2 \left( \frac{\ell}{2}; \frac{h}{2} \right)$$

. Груз расположен симметрично оси  $Oy$ . Определить максималь-

ную массу груза  $m_2$ , при котором робот с грузом не опрокинется при движении вниз по наклонной плоскости.

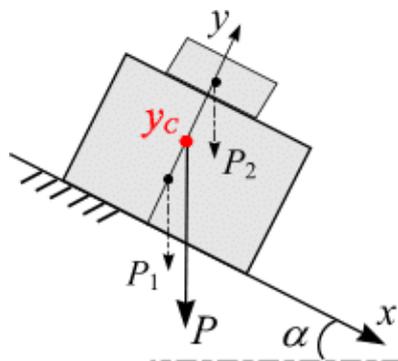


Рисунок. 2.61

**Решение.** Совместим ось  $Ox$  с наклонной поверхностью, ось  $Oy$  проведем через точки центров тяжести робота и груза, Рисунок. 2.61.

Вычислим положение центра тяжести робота вместе с грузом относительно осей  $Oxy$ . Имеем:

$$x_C = 0;$$

$$y_C = \frac{y_1 P_1 + y_2 P_2}{P_1 + P_2} = \frac{g \left( \frac{H}{2} \cdot m_1 + \left( H + \frac{h}{2} \right) \cdot m_2 \right)}{g(m_1 + m_2)} = \frac{0,4}{2} \cdot 5 + \left( 0,4 + \frac{0,15}{2} \right) \cdot m_2 =$$

$$= \frac{1 + 0,475m_2}{5 + m_2}. \quad (1)$$

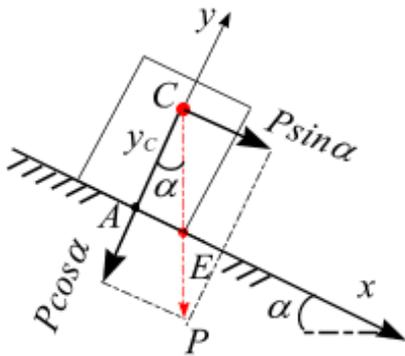


Рисунок. 2.62

**Способ 1.** Возможная точка опрокидывания – точка  $E$ , Рисунок. 2.62.

Устойчивость робота обеспечена, если выполнено условие:

$$P \cos \alpha \cdot \frac{L}{2} \geq P \sin \alpha \cdot y_C = 0 \Rightarrow y_C \leq \frac{L}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}.$$

Подставим в (1) значение  $y_C$ , получим:

$$\frac{1 + 0,475m_2}{5 + m_2} \leq \frac{L}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1 + 0,475m_2}{5 + m_2} \leq \frac{0,3}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2 \cdot 0,5} \Rightarrow \frac{1 + 0,475m_2}{5 + m_2} \leq 0,26;$$

$$1 + 0,475m_2 \leq 0,26(5 + m_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_2(0,475 - 0,26) \leq 0,26 \cdot 5 - 1 \Rightarrow m_2 < \frac{0,3}{0,215} \approx \frac{0,74}{0,825} \approx 1,4 \text{ кг}.$$

**Способ 2.** Возможная точка опрокидывания – точка  $E$ . Устойчивость робота обеспечена, если линия действия силы веса  $P$  проходит через точку опрокидывания  $E$ , Рисунок. 2.62. Рассмотрим  $\triangle ACE$ . Используя теорему Пифагора, имеем:

$$\cos \alpha = \frac{y_c}{CE} \Rightarrow CE = \frac{y_c}{\cos \alpha};$$

$$AC^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2 = CE^2 \Rightarrow y_c^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \left(\frac{y_c}{\cos \alpha}\right)^2 \Rightarrow y_c^2(1 - \cos^2 \alpha) = \left(\frac{L}{2}\right)^2 \cos^2 \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_c^2 \sin^2 \alpha = \left(\frac{L}{2}\right)^2 \cos^2 \alpha \Rightarrow y_c \sin \alpha = \frac{L}{2} \cos \alpha.$$

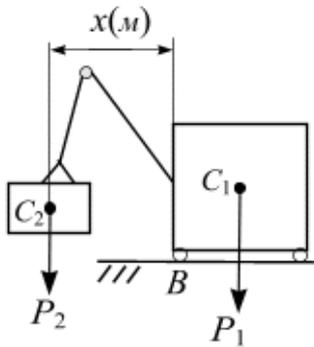


Рисунок. 2.63

Получили предыдущий результат.

Проверим устойчивость работа при подъеме груза на горизонтальной поверхности, Рисунок. 2.63:

$$P_1 \cdot \frac{L}{2} \geq P_2 \cdot x \Rightarrow x \leq L \frac{P_1}{2P_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x \leq L \frac{m_1}{2m_2} \Rightarrow x < 0,3 \cdot \frac{5}{2 \cdot 1,4} \approx 0,54 \text{ м}$$

Итак, устойчивость работа обеспечена, если длина плеча подъема груза будет  $< 0,54 \text{ м}$ , масса груза  $< 1,4 \text{ кг}$ .

## Выводы по главе 2

Разработанный дидактический материал помогает формировать умение понимать логику работы механизмов, развивает инженерный стиль мышления, а также умение постановки технической задачи, сбора и изучения нужной информации, находить конкретное решение задачи и материально осуществлять свой творческий замысел, развивая творческое мышление.

Углубленная подготовка в области математических и естественно-научные дисциплин создаёт благоприятные условия для научного и технического творчества, что в свою очередь влияет на мотивированную подготовку продолжения образования в высших учебных заведениях и повышает уровень престижа инженерных профессий.

## Заключение

ФГОС рекомендует на уроках математики описывать и изучать реальные процессы и явления и решать задачи практического характера из смежных дисциплин; на уроках физики – формировать понимание физических основ и принципов действия (работы) машин и механизмов, а на уроках технологии – активно использовать знания, полученные при изучении других учебных предметов, а также устанавливать взаимосвязь знаний по разным учебным предметам для решения прикладных учебных задач.

Однако, анализ научно-методической и учебной литературы показал, что формирование межпредметных понятий на уроках математики, физики и технологии находится на начальном этапе исследования. В новых учебниках по технологии также слабо прослеживается межпредметная цепочка.

Цель нашего исследования заключалась в создании методических рекомендаций, способствующих формированию межпредметных понятий на уроках математики, физики и технологии на примере вычисления центра тяжести плоских фигур.

В процессе исследования выявлены такие специальные компетенции учителя технологии как владение: математическим аппаратом, владеть методами математического моделирования, знать основные аксиомы и теоремы классической механики.

В нашем исследовании разработан дидактический материал для математики, физики и технологии, который могут использовать учителя, работающие в специализированных инженерно-технологических классах. В этих классах учащиеся получают прочные знания по предметам естественно-научного цикла и междисциплинарным вопросам. А также вовлечутся в научно-техническое творчество и поймут престиж инженерных профессий, проснётся интерес к сфере инноваций и высоких технологий, появятся навыки реше-

ния актуальных инженерно-технических задач и работы с современной техникой.

Школьные курсы математических и естественнонаучных учебных дисциплин могут стать для большинства учащихся механизмом познания природной и социальной среды, объектов техносферы и процессов, описывающих их функционирования и взаимодействие.

Мы считаем, что изучении этих дисциплин в средней школе необходимо направить на достижение следующих целей:

Пробуждение и развитие устойчивого интереса обучающихся к математике и ее приложениям.

1. Раскрытие математических (аналитических) способностей и развитие обучающимся определенных навыков проектно-исследовательского характера.
2. Воспитание математической культуры.
3. Расширение и углубление представлений обучающихся о практическом значении математики в различных областях жизни и деятельности человека.

## Список литературы

1. Симоненко В. Д. Технологическая культура и образование (культурно технологическая концепция развития общества и образования). – Брянск: Издательство БГПУ, 2001. – 214 с
2. Шадрин А. С. Методика обучения учащихся учебному проектированию на уроках технологии // Молодой ученый. — 2016. — №28. — С. 965-969. — URL <https://moluch.ru/archive/132/36978>.
3. Богомаз И.В., Степанова И.Ю. Математическое знание как фундаментальный элемент пропедевтики инженерной подготовки в общеобразовательной школе. [Текст] Проблемы современного педагогического образования // 2018 № 59, С. 99-102.
4. Информационное агентство Пресс-Лайн [Электронный ресурс] Путь доступа: <https://www.press-line.ru/news/2016/09/v-shkole-sovetskogo-rajona-sformirovan-inzhenerno-tehnologicheskij-klas>
5. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (с изменениями на 31 декабря 2015 года) [Текст]
6. Чугунова К. А., Щелина С. О. Формирование интереса к учебной деятельности // Молодой ученый. — 2016. — №2. — С. 825-828. — URL <https://moluch.ru/archive/106/25301/>
7. Концепция развития предметной области «Технология» [Текст]
8. Летняя школа «Ученые будущего» [Электронный ресурс] Путь доступа: <http://ученыебудущего.рф/>
9. Национальный Центр Инноваций в Образовании (НЦИО) [Электронный ресурс] Путь доступа: <http://ncio.ru>
10. Хотунцев Ю.Л.. Проблемы технологического образования в Российской Федерации. [Текст] Журнал «Образование и наука» 2007г.
11. Проблемы опережающей подготовки рабочих кадров на основе стандартов Worldskills: Сборник материалов Межрегиональной научно-

- практической конференции (26-27 марта 2018 года, Москва, ГАОУ ВО МГПУ). –М.: МГПУ, ООО «А-Приор», 2018. – 1 26 с
12. Дикова В. В., Мащенко М. В. Конкурс WorldSkills как необходимое условие развитие профессионализма будущего педагога // Профессиональное образование и рынок труда. — 2018. — № 1. — С. 27–32
  13. Нелюбов С. А.. Доклад на конференции «Непрерывное инженерное образование – ресурс подготовки кадров реиндустриализации экономики региона НТИ»
  14. Горбунова Т.В., Терешков В.А. Формирование конструкторско-технических умений как ключевой компетенции педагога профессионального образования. [Текст] Журнал «Образование и наука» 2007г.
  15. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Текст]
  16. Концепция специализированного инженерного класса как базовой (первой) ступени инженерного образования в МАОУ «Экономический лицей» г.Бердска Новосибирской области. [Текст]
  17. Приказ Минобрнауки НСО № 1380 от 31.08.2010 «О формировании сети специализированных классов для одарённых детей по математике, физике, химии на базе общеобразовательных учреждений». [Текст]
  18. Фрумин И. Д. Доклад центра стратегических разработок и высшей школы экономики «Двенадцать решений для нового образования». [Текст]
  19. Методические рекомендации «Использование методов обучения в учебном процессе». Учреждение образования «Могилевский торговый колледж потребительской кооперации» [Электронный ресурс] Путь доступа: <http://mogtk-bks.by>
  20. Францева Ю. Е. Оценка эффективности довузовской подготовки абитуриентов в системе «школа – университет» [Электронный ресурс]. Путь доступа: <https://www.dissercat.com/content/otsenka-effektivnosti-dovuzovskoi-podgotovki-abiturientov-v-sisteme-shkola-universitet>

21. Хусаинов М.А., Хлебникова Т.Д., Любина Н.И., Цыбина А.П. [Текст] Университетские классы как эффективная форма организации довузовской подготовки// Современные наукоемкие технологии. - 2007. -№ 12. -С. 51-5
22. Богомаз И.В. Научно-методические основы базовой подготовки студентов инженерно-строительных специальностей в условиях проективно-информационного подхода. [Текст] Докт. дисс., Москва, ИИО 2012 г., 313 с.
23. Одарич И. Н. Проектирование процесса формирования профессиональных компетенций будущих бакалавров строительного профиля. [Текст] Журнал «Образование и наука» 2016г
24. Сидоров О. В. Проектирование технических объектов как средство развития технического мышления учителей технологии / О. В. Сидоров. В сборнике: Технологическое образование в инновационно-технологическом развитии экономики страны. Материалы XX Международной научно-практической конференции по проблемам технологического образования. Под редакцией: Ю. Л. Хотунцева. М.: 2014
25. Заёнчик В. М. Основы творческо-конструкторской деятельности: методы и организация. / В. М. Заёнчик, А. А. Карачев, В. Е. Шмелев. Учебник для студ. высш. заведений. М.: Академия, 2004.
26. Фокина А.Д. Специализированные инженерно-технологические классы как фактор профессиональной ориентации школьников. [Текст] Журнал «Молодёжь и наука 21 века» Сборник 2019 г., 49 с.
27. Рекомендации участников парламентских слушаний по теме «Развитие инженерного образования и его роль в технологической модернизации России». 12 мая 2011 года. [Текст]
28. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 10 класс. Базовый уровень. [Текст]. Учебник
29. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Профильный уровень. [Текст]. Учебник

30. Богомаз И.В., Барахович И.И., Тесленко В.И. «Положение о порядке подготовки, оформления и защиты выпускных квалификационных работ студентами КГПУ им.В.П.Астафьева по специальности «Технология и предпринимательство» (Красноярск, 2014) [Текст]
31. Смирнов С.С. Моя исследовательская работа. Как писать реферат, курсовую, ВКР и научную статью (а также цитировать и указывать источники). Москва, 2015. — 60 с.