

**Управление образования Никольского района Пензенской  
области МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА №3  
Ул. Школьная 1 «в» г. Никольск Пензенской области, 442680**

## **Дыхательная система на основе законов физики**

Автор: Куликова Екатерина Витальевна  
обучающаяся 9 «А» класса

Руководитель: Громова Наталья Геннадьевна,  
учитель физики

Никольск

2020 г

## Содержание:

1.	Введение.....	2
2.	Дыхание.....	3
2.1.	Значение дыхания.....	4
2.2.	Строение и функции органов дыхания у человека.....	5
2.3.	Гортань – орган голосообразования.....	6
2.4.	Трахея и главные бронхи.....	7
2.5.	Механизм внешнего дыхания.....	7
3.	Исследовательская работа.....	9
3.1.	Опыт № 1 Подсчет дыхательных движений.....	9
3.2.	Опыт №2 Подсчёт дыхательных движений после нагрузки....	9
3.3.	Опыт № 3 Определение дыхательного объема легких.....	9
3.4.	Опыт № 4 Расчет ЖЕЛ.....	10
3.5.	Опыт № 5 Определение времени максимальной задержки дыхания на глубоком вдохе.....	11
3.6.	Опыт №6 Определение времени максимальной задержки дыхания на глубоком выдохе.....	12
4.	Анкетирование обучающихся по теме «Что знают о болезнях дыхательных путей».....	13
5.	Вывод.....	14
6.	Заключение.....	15
7.	Список используемой литературы.....	17

## 1. Введение

Без пищи и без воды человек может жить несколько дней, а без воздуха человек не выдержит и десяти минут. Воздух поступает в организм в процессе дыхания. Дыхание это основа физиологии человека и большинства живых существ. И если раньше люди дышали неосознанно, не понимая полностью физические законы и процессы дыхания, то в последнее время развитие физики, биологии и общедоступность информации позволяют подробно разобраться в физиологии дыхания.

Данная тема является актуальной, так как вспышка коронавирусной инфекции COVID-19 (пневмония нового типа), вызванная коронавирусом SARS-CoV-2, началась с обнаружения в конце декабря 2019 года в городе Ухань провинции Хубэй центрального Китая первых случаев пневмонии неизвестного происхождения у местных жителей.

**Пневмония** – это острое поражение легких инфекционно-воспалительного характера, в которое вовлекаются все структурные элементы легочной ткани, преимущественно - альвеолы и интерстициальная ткань легких. Среди причин смертности населения пневмония стоит на 4-ом месте. Понимание физических законов дыхания дает возможность полностью осознать физиологию процесса. Что в свою очередь позволит, например, улучшить оздоровительные процедуры и профилактику болезней. В своей работе я хочу выяснить особенности частоты дыхания в покое и после физической нагрузки, с помощью формул у подростков будет определена жизненная емкость легких, установлю влияние задержки дыхания в покое и после физической нагрузки на частоту дыхания, сравню время максимальной задержки дыхания на глубоком вдохе и глубоком выдохе. Мной будет определен дыхательный объем легких. Я надеюсь, что результаты, полученные в ходе работы, будут интересны для испытуемых.

**Цель работы:** исследование проявлений законов физики в процессе дыхания.

**Задачи работы:**

- а) исследовать жизненную ёмкость легких обучающихся 9 классов;
- б) исследовать влияние дозированной нагрузки на задержку дыхания у обучающихся.
- в) наглядно проверить с помощью действующей модели физические законы дыхания.

**Объект исследования-** процесс дыхания обучающихся 9 класса

**Предмет работы-** проявление законов физики при дыхании.

**Гипотеза работы**– знание законов физики имеет важное значение для понимания процесса дыхания.

**Методы исследования:** подсчет количества дыхательных движений в покое и дозированной нагрузкой, измерение жизненной емкости легких с помощью расчетов, анкетирование обучающихся.

## 2. Дыхание

Дыханием называют обмен газов между клетками и окружающей средой.

У человека газообмен состоит из четырех этапов:

- 1) обмен газов воздушной средой и легкими;
- 2) обмен газов между легкими и кровью;
- 3) транспортировка газов кровью;
- 4) газообмен в тканях.

Система органов дыхания выполняет лишь первую часть газообмена. Остальное выполняет система органов кровообращения. Между дыхательной и кровеносной системами существует глубокая взаимосвязь. Различают легочное дыхание, обеспечивающее газообмен между воздухом и кровью, и тканевое дыхание, осуществляющее газообмен между кровью и клетками тканей.

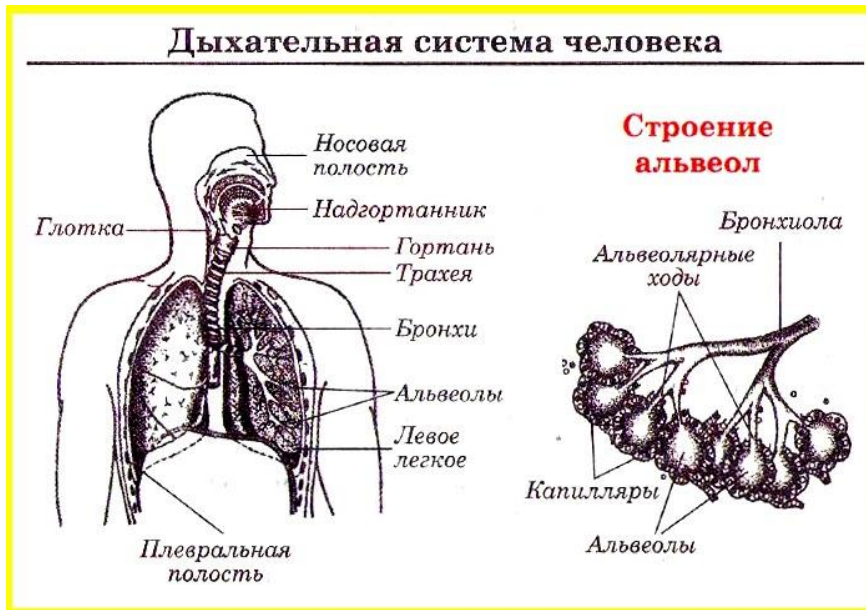
Переход газов из окружающей среды в жидкость и из жидкости в воздух подчиняется физическим законам.

Воздух представляет собой смесь газов, в которую входят азот, кислород, углекислый газ, аргон и другие газы. Воздушная масса атмосферы оказывает на нас давление, равное примерно 760 мм.рт. ст. В смеси газов каждый газ оказывает независимое давление, которое называют парциальным давлением данного газа. Согласно законам физики, если две жидкости разделены проницаемой для газов мембраной, то газы будут диффундировать (диффузия – проникновения молекул одного вещества между молекулами другого), от места большего давления к месту меньшего до тех пор, пока не установится динамическое равновесие – равенство прямого и обратного потоков газов. Условия для газообмена в легких настолько благоприятны, что данный процесс приводит к равновесному состоянию примерно за 1 с. Смотря по таблице можно ответить куда идет диффузия. Газообмен в тканях протекает по тем же физическим законам.

Среда	Кислород		Углекислый газ	
	%	мм.рт.ст.	%	мм.рт.ст.
Вдыхаемый воздух	21	159	0,3	0,2
Выдыхаемый воздух	16	121	4,5	34
Альвеолярный воздух	14	100	5,5	40
Артериальная кровь	—	100-96	—	40
Венозная кровь	—	40	—	46
Ткань	—	10-15	—	60
Клетки	—	0,1-1	—	70

Таким образом газообмен в лёгких и в тканях происходит по законам диффузии, согласно которым газ распространяется из среды с высоким парциальным давлением в среду с меньшим давлением.

## 2.1. Строения и функция органов дыхания у человека



Органы, которые подводят воздух к альвеолам легких, называются дыхательными путями. Верхние дыхательные пути: носовая и ротовая полости, носоглотка, глотка. Нижние дыхательные пути: гортань трахея, бронхи.

Бронхи многократно ветвятся, образуя бронхиальное дерево. По ним воздух достигает альвеол, где и происходит газообмен. Каждое из легких занимает герметически замкнутую часть грудной полости. Между ними расположено сердце. Легкие покрыты оболочкой, которая называется легочной плеврой.

Носовая полость состоит из нескольких извилистых ходов, разделенных сплошной перегородкой на левую и правую части. Внутренняя поверхность носовой полости выстлана мерцательным эпителием. Он выделяет слизь, увлажняющую поступающий воздух и задерживающую пыль. Слизь содержит вещества, губительно действующие на микроорганизмы. Реснички мерцательного эпителия изгоняют слизь из носовой полости.

В стенках носовой полости проходит густая сеть кровеносных сосудов. Горячая артериальная кровь движется в них навстречу вдыхаемому холодному воздуху и согревает его.

На верхней стенке носовой полости много фагоцитов и лимфоцитов, а также антител.

В задней части носовой полости находятся обонятельные клетки, воспринимающие запахи. Появление резкого запаха ведет к рефлекторной задержке дыхания. Таким образом, верхние дыхательные пути выполняют важные функции: согревания, увлажнения и очищения воздуха, а также защиты организма от вредных воздействий через воздух.

Из носовой полости воздух попадает в носоглотку, а затем в глотку, с которой сообщается и ротовая полость. Поэтому человек может дышать

носом и ртом. При дыхании носом воздух в носовой полости прогревается, очищается от пыли и частично обеззараживается, чего не происходит при дыхании ртом. Но через рот дышать легче, и потому уставшие люди инстинктивно дышат через рот. Из глотки воздух попадает в гортань.

## 2.2. Гортань - орган голосообразования



Все слышали звуки, которые издают при полете комар и муха. Чем же они отличаются? Комар – пищит, а муха – жужжит, то есть звук, издаваемый мухой более низкий. Муха летит благодаря взмахам крылышек вверх-вниз, т.е. совершает колебания, но по сравнению с комаром не так часто, таким образом, слышим как она жужжит при полете. То есть, звук идет по воздуху от места колебания за счет взаимодействия молекул воздуха. Комар маленькими крылышками колеблет чаще, получается более высокий звук; у мухи крылья больше – колебания реже, т.е. частота колебания меньше – звук ниже. Частота колебаний измеряется в герцах. Звук возникает в голосовой щели в результате сопротивления сомкнутых голосовых складок давлению выдыхаемого воздуха, что вызывает их колебание. Пропустив порцию воздуха, складки снова смыкаются в силу эластичности, затем цикл повторяется. В результате возникают периодические порывы (толчки) воздуха, т.е. звуковые колебания определённой частоты. Частота колебаний воспринимается как высота звука. Рассмотрим подробнее механизм звукообразования.

Вход в трахею начинается через гортань. Она представляет собой широкую трубку, суженную посередине и напоминающую песочные часы. Гортань состоит из хрящей. Спереди и с боков её прикрывает щитовидный хрящ. У мужчин он несколько выступает вперед, образуя кадык.

В узкой части гортани находятся голосовые связки. Их две пары, но в голосообразовании участвует лишь одна, нижняя пара. Связки могут сближаться и натягиваться, то есть изменять форму щели, которая образуется между ними. Когда человек спокойно дышит, связки разведены. При глубоком дыхании они разводятся ещё дальше, при пении и речи они смыкаются, остается лишь узкая щель, края которой вибрируют. Они-то и являются источником звуковых колебаний, от которых зависит высота голоса. У мужчин связки длиннее и толще, их звуковые колебания ниже по

частоте, поэтому и мужской голос более низкий. У детей и женщин связки тоньше и короче, а потому их голос более высокий.

Звуки, образующиеся в гортани, усиливаются резонаторами - околоносовыми пазухами-полостями, находящимися в лицевых костях, заполненных воздухом. Под влиянием воздушной струи стенки этих полостей немного вибрируют, вследствие чего звук усиливается и приобретает дополнительные оттенки. Они определяют тембр голоса.

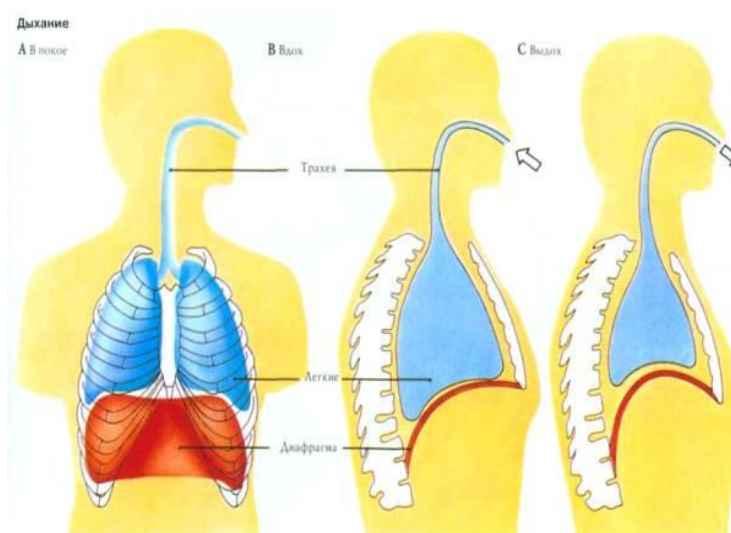
Звуки, издаваемые голосовыми связками, ещё не речь. Членораздельные звуки формируются в ротовой и носовой полостях в зависимости от положения языка, губ, челюстей и распределения звуковых потоков. Работа перечисленных органов при произнесении членораздельных звуков называется артикуляцией.

### 2.3. Трахея и главные бронхи

Из гортани воздух попадает в трахею. Это довольно широкая трубка, которая состоит из хрящевых полуколец с мягкой стороной, обращенной к пищеводу, который примыкает к трахее сзади.

Внутренняя стенка трахеи покрыта мерцательным эпителием. Колебания его ресничек выводят пылевые частицы из легких в глотку. Это называется процессом самоочищения легких. Внизу трахея ветвится на два главных бронха - правый и левый. Бронхи имеют хрящевые кольца, которые защищают их от спадения во время вдоха. У мелких бронхов вместо колец остаются небольшие хрящевые пластинки, а в мельчайших бронхах-бронхиолах отсутствует и они.

### 2.4. Механизм внешнего дыхания



Из гортани через трахею и бронхи воздух поступает в лёгкие. Дыхательные движения происходят благодаря работе дыхательных мышц. Почему легкие, не имея мышц, следуют за движением грудной клетки? Легкие окружены и защищены двухслойной оболочкой плевры. Между ее слоями имеется узкий просвет или плевральная полость, содержащая небольшое количество



жидкости. Жидкость служит смазкой, не допускающей трения легких о грудную клетку при каждом вдохе. Если плевра пострадает при ранении, человек погибает почти сразу, так как внутри плевры давление всегда гораздо ниже атмосферного, поэтому под действием атмосферного давления в нее устремится воздух, чтобы сравняться с наружным давлением и следующий вдох невозможен. Атмосферное давление - давление атмосферы, действующее на все находящиеся в ней предметы и на земную поверхность. Пока давление внутри плевральной полости остается ниже атмосферного, размеры легких точно следуют за размерами грудной полости. При сокращении межреберных мышц и диафрагмы, объем грудной клетки увеличивается, что ведет к расширению легких, так как легкие следуют вслед за движением грудной клетки, давление в легких уменьшается и становится ниже атмосферного. Из-за разности давлений воздух устремляется в легкие. Происходит вдох.

Затем дыхательные мышцы расслабляются и лёгкие, имея массу, под действием силы тяжести возвращаются в положение, предшествующее входу. Происходит выдох.

### 3. Исследовательская работа

#### 3.1. Опыт №1 Подсчёт дыхательных движений в покое

Работа проводится в парах. Экспериментатор кладёт на верхнюю часть груди испытуемого, широко расставленную руку и считает количество вдохов за 1 минуту (в положении стоя).

Оборудование: часы с секундной стрелкой

В процессе проведения опыта отработаны умения определения частоты дыхательных движений. Полученные результаты представлены.

**Таблица 1**

Испытуемый	Кол-во вдохов за 1 мин
Садыров Максим	19
Соболев Данила	18
Подогова Юлия	26
Ропай Валерия	17

Среднее арифметическое =  $(19 + 18 + 26 + 17):4 = 20$

#### 3.2. Опыт №2 Подсчёт дыхательных движений после нагрузки

Испытуемый	Кол-во вдохов за 1 мин
Садыров Максим	29
Соболев Данила	30
Подогова Юлия	23
Ропай Валерия	23

Среднее арифметическое =  $(29 + 30 + 23 + 23):4 = 26,25$

#### 3.2. Опыт №3 дыхательный объём лёгких

При спокойном вдохе и выдохе дыхательный объём лёгких составляет 500-600 мл.

**Оборудование:** воздушный шарик, измерительная лента.

**Ход работы :**

Надуем воздушный шарик, как можно сильнее за N (2) спокойных выдохов.

Измерим диаметр шарика и рассчитаем его объём по формуле:

$$V_{\text{ш}} = \frac{\pi}{6} \cdot d^3$$

, где d – диаметр шара.

Вычислим дыхательный объем своих лёгких:  $V_{\text{дых}} = \frac{V_{\text{ш}}}{N}$ , где N – число выдохов.

Испытуемый	Дыхательный объем легких
Садыров Максим	4,0 л
Соболев Данила	3,8 л
Подогова Юлия	2,7 л
Ропай Валерия	2,3 л

Среднее арифметическое мальчиков=  $(4+3,8):2= 3,9$

Среднее арифметическое девочек=  $(2,7+2,3):2 = 2,5$

### 3.3. Опыт №4 Расчёт жизненной ёмкости лёгких

Определим жизненную ёмкость лёгких (ЖЕЛ) – наибольший объем воздуха, который человек может выдохнуть после самого глубокого вдоха.

Определим свой ЖЕЛ по формулам принятым в медицине: 4,52 – 4,78л для юношей и 2,5 – 3,5л для девушек.

Получилось, что ЖЕЛ мальчика больше, чем у девочки. Это не случайные результаты, а закономерность, которую можно объяснить.

Анатомическое строение грудной клетки юноши и девушки различны. Скелет плечевого пояса юноши шире, чем у девушки, и объём грудной клетки юноши больше от природы. Значит, больше и дыхательный объём, и ЖЕЛ.

Для подростков она рассчитывается по следующим формулам:

Мальчики 13-16 лет

$$\text{ЖЕЛ} = \{(\text{рост (см)} \cdot 0,052)\} - \{(\text{возраст (лет)} \cdot 0,022)\} - 4,2.$$

Девочки 8-16 лет

$$\text{ЖЕЛ} = \{(\text{рост (см)} \cdot 0,041)\} - \{(\text{возраст (лет)} \cdot 0,018)\} - 3,7.$$

Жизненная ёмкость лёгких рассчитана по формулам, указанным в методике проведения исследований.

$$\text{Садыров М.} = 168 \cdot 0,052 - 15 \cdot 0,022 - 4,2 = 4,21$$

$$\text{Соболев Д.} = 141 \cdot 0,052 - 16 \cdot 0,022 - 4,2 = 2,78$$

$$\text{Подогова Ю.} = 163 \cdot 0,041 - 15 \cdot 0,018 - 3,7 = 2,71$$

$$\text{Ропай В.} = 170 \cdot 0,041 - 14 \cdot 0,018 - 3,7 = 3,02$$

Все данные представлены

**Таблица 2.**

Испытуемый	Жизненная ёмкость лёгких
Садыров Максим	4,21
Соболев Данила	2,78
Подогова Юлия	2,71
Ропай Валерия	3,02

Среднее арифметическое (мальчиков) =  $(4,21 + 2,78) : 2 = 3,495$

Среднее арифметическое (девочек) =  $(2,71 + 3,02) : 2 = 2,865$

**Таблица 3.**

ЖЕЛ мальчиков	ЖЕЛ мальчиков (испытуемых)	ЖЕЛ девочек	ЖЕЛ девочек (испытуемых)
4,65	3,495	3	2,865

### **3.4.Опыт №5 Определение времени максимальной задержки дыхания на глубоком вдохе**

Работа проводится в парах. Испытуемый в течение 3 – 4 мин в положении сидя спокойно дышит, а затем по команде, после обычного выдоха делает глубокий вдох и задерживает дыхание, на сколько сможет, зажав при этом нос. Экспериментатор, пользуясь секундомером, определяет время от момента задержки дыхания до момента его возобновления. Вывод делается по трём попыткам.

Оборудование: часы с секундной стрелкой. Опыт проведен в соответствии с методикой. Данные представлены.

Среднее арифметическое =  $(57,78 + 58,35 + 27,45 + 21,65):4 = 41,31$

**Таблица 3**

Испытуемый	Время максимальной задержки дыхания на глубоком вдохе
Садыров Максим	57,78
Соболев Данила	58,35
Подогова Юлия	27,45
Ропай Валерия	21,65

### 3.5. Опыт № 6 Определение времени максимальной задержки дыхания на глубоком выдохе

Испытуемый в течение 3 – 4 мин в положении сидя спокойно дышит, а затем по команде после обычного выдоха делает глубокий выдох и задерживает дыхание, насколько сможет, зажав при этом нос. Испытатель, пользуясь секундомером, определяет время от задержки дыхания до момента его возобновления.

Опыт проведен по методике, представленной выше. Результат фиксируется. Для определения времени максимальной задержки дыхания использованы данные трёх попыток и взято среднее значение. Оценка полученных результатов: для здорового ребёнка(6-18 лет) время задержки дыхания на глубоком выдохе составляет от 16 до 55 секунд, для взрослого от 40 до 60 секунд.

Среднее арифметическое =  $(18,45 + 19,56 + 18,78 + 17,75) : 4 = 18,64$

**Таблица 4**

Испытуемый	Время максимальной задержки дыхания на глубоком выдохе
Садыров Максим	18,45
Соболев Данила	19,56
Подогова Юлия	18,78
Ропай Валерия	17,75

#### **4. Анкетирование обучающихся по теме: «Что знают о болезнях дыхательных путей»**

Было опрошено 35 обучающихся. Все дети знают о болезнях дыхательных путей. В основном называли астма легких, бронхит, насморк и т.д. 100% детей знают, как лечить эти заболевания. 100 % детей считают, что надо обязательно заниматься спортом, закаляться, обливаться холодной водой, принимать воздушные ванны, ежедневно выполнять физические упражнения, больше бывать на свежем воздухе.

## 5. Вывод:

1. Строение и функции органов дыхания взаимосвязаны.
2. голосообразование, механизм вдоха и выдоха, газообмен в лёгких и тканях происходят в соответствии с законами физики, которые едины для органического и неорганического мира.

После проведенного опыта можно сделать следующие выводы:  
максимальное время задержки дыхания после физической нагрузки уменьшается в среднем на 40%-70% у здоровых и более 70% у людей с нарушением здоровья, после непродолжительного отдыха(1 минуты), время дыхания увеличилось по сравнению с задержкой дыхания

В покое у здоровых, тренированных людей, составляет 70-100%, и составляет не менее 70% у больных людей.

## 6. Заключение

1. Основная функция лёгких заключается в процессе газообмена, протекающем в лёгочной ткани. Она получает кислород, который мы вдыхаем, и взамен отдаёт углекислый газ.
2. В среднем взрослый человек с нормально функционирующей дыхательной системой ежедневно потребляет около 9-10 тысяч литров воздуха
3. В среднем за минуту дыхательная система человека потребляет около 8 литров воздуха. За это время мы делаем 15-16 вдохов, плюс-минус.
4. Человеческий нос является фильтром дыхательной системы. У него есть целых 4 степени фильтрации.
5. Правильно дышать через нос, а не через рот. При дыхании через рот воздух попадает сразу в лёгкие, не очищаясь предварительно от вредных микроорганизмов, а также не меняя своей температуры, а он запросто может быть слишком холодным.
6. Дыхательная система человека работает непрерывно. За год человек делает около 8 млн вдохов и выдохов.
7. Занятия спортом помогают развить и укрепить дыхательную систему. Лёгкие, занимающегося спортом человека, способны удержать больше кислорода, чем лёгкие обычного человека.
8. Именно дыхательная система, точнее, лёгкие, создаёт поток воздуха, когда мы говорим, и обеспечивает нам способность к речи, образованию звуков.
9. Для вдоха требуется более значительное мышечное усилие, чем для выдоха.



## **7. Список используемой литературы**

1. И.Э. Алькамо. Биология. Учебное пособие. Москва. Изд-во «астрель», 2002 г.
2. Биология. Справочник абитуриента / Власова З.А. – М.: Справочник абитуриента, ООО «Фирма «Издательство АСТ», Центр гуманитарных наук им. М.В.Ломоносова, 1998г.
3. Биология. Человек: Учеб. Для 8 кл. общеобразоват. Учреждений / Д.В. Колесов, Р.Д. Маш, И.Н. Беляев. – 4 – е изд., стереотип. – М: Дрофа, 2003. Стр.132 -154
4. О.В.Иванова, М.; ООО «ТД «Издательство Мир книги», 2007. –с.128-129,ил