

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ

Срабова М.Е.

*Московская область, Одинцовский район, АНО СОШ «Сосны», 8 класс*

*Руководители: <sup>1</sup>Абрамова Н.А., Московская область, Одинцовский район, АНО СОШ «Сосны», учитель физики;*

*<sup>2</sup>Гапонова О.Н., Московская область, Одинцовский район, АНО СОШ «Сосны», учитель химии и биологии*

Жиры (липиды) широко распространены в природе. Наряду с углеводами и белками они входят в состав всех животных и растительных организмов и составляют одну из основных частей нашей пищи. Жиры составляют 10–20% от массы тела здорового человека. Жирами связаны обмен и усвоение организмом важных витаминов (так называемых жирорастворимых – А, D, E) и некоторых минеральных веществ. [1]

Все млекопитающие нашей климатической зоны покрыты мехом и имеют подкожный слой жира, которые помогают им сохранять тепло при понижении температуры.

Несмотря на такое большое значение липидов в жизни человека и животных, в школьных учебниках физики, задачах по физике никакой информации о жире не представлено. [4]

Учебники химии и биологии содержат краткую информацию о строении, составе и применении этих органических соединений, [5] обмене жиров. [6] Из физических и химических свойств жиров в учебнике представлена следующая информация:

«Животные жиры представляют собой чаще всего твёрдые или полужидкие вещества (рыбий жир)». [5]

«Наибольшее распространение имеют натриевые мыла. Их получают путём гидролиза жиров раствором едкого натра или соды при нагревании. Этот процесс называют омылением жиров». [5]

В то же время при слове «жир» у большинства из нас невольно возникают не самые приятные ассоциации. Интернет источники представляют неоднозначную информацию о жире, даже с точки зрения правильного питания. С одной стороны, продукты, содержащие животные жиры называются «высококачественными пищевыми продуктами» [2], а с другой эти же продукты – являются «нежелательными с точки зрения современных требований науки о питании». [11]

«Не все жиры одинаково полезны». [11]

«Все жиры нам необходимы». [2]

Также, считаю важным для организации правильного питания уметь иденти-

фицировать состав жира. Для этого нужно уметь определять температуру плавления жира, коэффициент преломления и йодное число. Знание этих характеристик легко позволит отличить один вид жира от другого. Это привело меня к идее изучения методов исследования жиров, определения их строения, состава, физических и химических свойств.

**Теоретическая значимость** моей работы заключается в том, что знание физических и химических свойств жира позволяют понять функции жиров в организме животных и человека, различать и идентифицировать виды жиров. Результаты исследования могут быть использованы на уроках естествознания, интересны и полезны каждому пользователю, решившему получить информацию по рассматриваемому вопросу.

**Цель работы** – исследовать физические и химические свойства твёрдого жира.

**Гипотеза:** исследование основных физических и химических свойств жиров будет успешным, если изучить общее строение жиров и провести экспериментальное изучение процессов преломления, плавления, теплопроводности, омыления жиров.

**Задачи:**

1. Изучение литературы по данной теме.
2. Определение методик исследования процессов плавления и измерения коэффициента преломления твердых жиров.
3. Исследование процессов плавления твердых жиров.
4. Измерение коэффициента преломления жира.
5. Исследование процесса омыления жиров.

**Объект исследования:** животные жиры.

**Предмет исследования:** физические и химические свойства животных жиров.

Методы исследования:

- изучение информационных источников
- наблюдения
- сравнения
- измерения
- эксперимент
- анализ

*Из истории изучения строения и свойств жиров*

В 1741 году французский химик Клод Жозеф Жоффруа обнаружил, что при разложении кислотой мыла (которое готовили варкой животного жира со щелочью) образуется жирная на ощупь масса.

То, что в состав жиров и масел входит глицерин, впервые выяснил в 1779 году знаменитый шведский химик Карл Вильгельм Шееле. А впервые химический состав жиров определил в начале прошлого века французский химик Мишель Эжен Шеврель.

В 1813 г. Шеврель установил строение жиров, благодаря реакции гидролиза. Он показал, что жиры состоят не только из глицерина, но и жирных кислот, причем это не просто их смесь, а соединение, которое, присоединяя воду, опять распадается на глицерин и кислоты.

Начиная с 1811 года ученый выделил несколько жирных кислот таких как масляная, стеариновая.

В 1812 году им был открыт в желчных камнях жир – холестерин, а в 1823 году вышло его сочинение «Химические исследования жиров животного происхождения».

В 1854 французский химик Марселен Бертело (1827–1907) впервые синтезировал жир.

В 1884 году английский врач Тудикум выпустил книгу «Руководство по химическому составу мозга», в которой написал, что жиры «составляют химическую душу любой биоплазмы, животной или растительной». [6]

В XIX и первой половине XX века изучение жиров продолжалось.

*Классификация жиров*



Для исследования физико – химических свойств жиров я выбрала твердые жиры животного происхождения наиболее часто используемые для приготовления пищи и в домашней медицине: бараний, барсучий, утиный и свиной.

*Строение, физические и химические свойства твёрдых жиров*

Жиры – сложные эфиры трёхатомного спирта глицерина и высших карбоновых кислот.



Животные жиры – твёрдые, растительные жиры (масла) – жидкие. В состав животных жиров входят преимущественно органические кислоты: стеариновая, пальмитиновая, линолевая, олеиновая, линоленовая.

**Физические свойства жиров**

*Температура плавления*

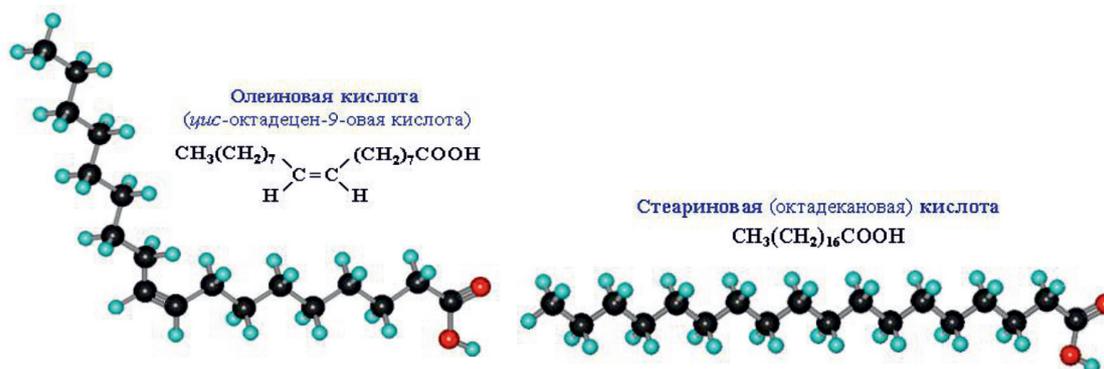
Резко выраженной температуры плавления у жиров нет (в отличие от химических чистых веществ), поэтому при нагревании они постепенно переходят из твердого состояния в жидкое. Однако по температуре плавления все же можно различать животные жиры различного происхождения. Температура плавления жира будет тем ниже, чем больше в его составе олеиновой, линолевой, арахидоновой, линоленовой и чем меньше масляной, пальмитиновой особенно стеариновой. Поэтому температура плавления бараньего жира, содержащего до 62% стеариновой, пальмитиновой кислот, выше, чем свиного жира, в составе которого входит пальмитиновая кислота в малом процентном количестве – только 37%.

Таблица 1

Температура плавления (в °С) некоторых животных жиров (1)

Бараний	49-54	Барсучий	21-23
Медвежий	30-36	Утиный	14-16
Свиной	37-45	Конский	28-32

Причиной снижения температуры плавления жиров служит изменение пространственной структуры кислот (олеиновой, арахидиновой, линоленовой), входящих в их состав. Это приводит к существенному изгибу углеродной цепи, нарушающему упорядоченное расположение в пространстве этих органических кислот. [5]



#### Теплопроводность жиров

Молекулы жира состоят из большого количества атомов и имеют большую массу. Из-за сложного внутреннего строения, изгиба молекул, нарушающего упорядоченную (параллельную) укладку молекул жир имеет низкую теплопроводность.

Теплопроводность – это процесс передачи теплоты (энергии) вследствие хаотического теплового движения молекул или атомов.

Наибольшей теплопроводностью обладают металлы. Большая теплопроводность металлов обусловлена особенностями металлической связи. Теплопроводность металлов определяется не только колебаниями частиц в узлах кристаллической решетки, но и наличием в металлах множества свободных электронов – электронного газа, который и обеспечивает их высокую теплопроводность.

На участке металла с высокой температурой часть электронов приобретает большую кинетическую энергию. Так как масса электронов очень мала, то они легко проскакивают десятки промежутков между ионами. Сталкиваясь с ионами, находящимися в более холодных слоях металла, электроны передают им избыток своей энергии, что приводит к повышению температуры этих слоев.

В жидкостях и твердых телах частицы вещества совершают колебания относительно положений равновесия и их перескоки из одного слоя в другой происходят сравнительно редко.

При повышении температуры какого-либо участка твердого тела или жидкости частицы вещества этого участка начинают более интенсивно совершать колебания, т.е. возрастают их кинетическая и потенциальная энергии. Соударяясь с частицами соседнего слоя, где температура ниже, частицы с большей энергией передают в этот слой избыток энергии, и его температура возрастает. Затем энергия передается в следующий слой и т.д.

Из-за массивности молекул жира и специфичной конфигурации процесс передачи энергии происходит достаточно медленно, в результате чего теплопроводность жиров мала и сопоставима с теплопроводностью газов.

Благодаря крайне низкой теплопроводности, жиры – прекрасный изолятор, сохраняющий тепло тела животных. Практически тела всех животных защищены от холодных температур толстой прослойкой жира. Если рассмотреть температурный режим места обитания животного, то можно предположить, что наименьшую теплопроводность будет иметь жир барсука, наибольшую – жир утки. (Приложение 1, таблица 2)

#### Растворимость жиров

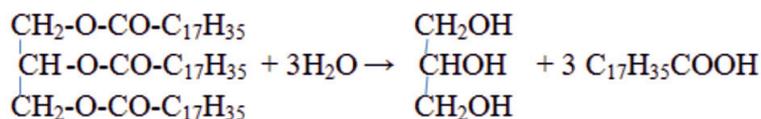
Жиры практически не растворимы в воде, но если добавить щёлочь или белок, то образуются достаточно прочные эмульсии. Например: жировая эмульсия – молоко. А в таких соединениях, как бензин, сероуглерод, жиры хорошо растворяются и в то время они ограниченно растворимы в спирте.

## Химические свойства жиров

### Гидролиз жиров

При окислении жиров в организме выделяется в два раза больше теплоты, чем при окислении таких же по массе количеств белков и углеводов. Как вещества, нерас-

творимые в воде, жиры не могут непосредственно всасываться в организм из всех органов пищеварения. Под влиянием фермента поджелудочного и кишечного сока они предварительно расщепляются в тонких кишках на глицерин и кислоты, то есть идет химическая реакция гидролиза жиров.



Эти продукты гидролиза всасываются ворсинками кишечника, в них они снова образуют жир, свойственный уже данному организму. Синтезированный жир по лимфатической системе поступает в кровь и переносится ею в жировую ткань. Отсюда жиры поступают в другие органы и ткани организма, где в процессе постоянного обмена веществ в клетках снова подвергаются гидролизу, а затем окислению.

### Получение мыла

История не называет имени египтянина, который около трех тысяч лет назад получил из жира и золы некое подобие современного мыла. Кусковое туалетное мыло появилось в средние века в Европе. Технология его получения, основанная на щелочном гидролизе жиров и животных масел – эту реакцию химики так и назвали «омылением», практически не отличалась от современной. Эволюция мыловаренного производства, особенно бурно протекавшая в последние сто лет, была направлена на облагораживание сырья, улучшение состава и потребительских свойств мыла, и сейчас в основном завершилась. Жидкие и кусковые мыла оставались главным моющим средством вплоть до 50-х годов двадцатого века, когда их основательно потеснили шампуни. [6]

### Определение температуры плавления жира

Для определения температуры плавления жира капилляр диаметром 1,4-1,5 мм наполняют расплавленным жиром, помещают его в холодную воду или холодильник для остывания, а затем прикрепляют резиновым кольцом к химическому термометру. Столбик жира должен быть на одном уровне со столбиком ртути. Термометр с капилляром помещают в широкую пробирку так, чтобы термометр не касался стенки пробирки. Пробирку закрепляют в стакане с водой, уровень которой должен быть выше верхнего конца капилляра.

Воду в стакане медленно нагревают и наблюдают за показаниями термометра и состоянием жира в капилляре (на темном фоне). В тот момент, когда жир станет совершенно прозрачным, отмечают температуру плавления жира.

Знание температуры плавления жира легко позволяет отличить один вид жира от другого (жир собак, уток, лошадей тает в руках).

Для повышения точности измерения мы воспользовались электрическим термометром сопротивления.

Принцип действия термометров сопротивления основан на свойстве металлов и полупроводников изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры. Число носителей тока – электронов проводимости – в металлах очень велико и не зависит от температуры. При увеличении температуры возрастает рассеяние электронов на неоднородностях кристаллической решетки, обусловленное увеличением тепловых колебаний ионов около своих положений равновесия. Вследствие этого электрическое сопротивление увеличивается с увеличением температуры. [16]

Для измерения температуры мы используем датчик DS18B20. Данный датчик поставляется в водонепроницаемом исполнении, что для нас очень важно, так как мы его погружаем в жир.

Подключаем датчик к Arduino UNO, используем макетную плату BreadBoard. (Приложение 2)

Для этого эксперимента мы пишем программу, позволяющую делать замеры температуры с помощью датчика DS18B20 через каждые 5 секунд. (Приложение 2)

Диапазон измерений датчика: от  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$  с точностью  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в диапазоне от  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для того, чтобы погрузить датчик в жир, капилляр заменили узкой пробиркой диаметром 10 мм. (Далее датчик называем термометром).

*Определение коэффициента  
преломления жира*

Для определения коэффициента преломления жира используют различные рефрактометры — универсальные, ИРФ, РПЛ-3 и др. Светопреломляющие свойства (рефракция) жира зависят от количества содержащихся в нем триглицеридов, предельных и непредельных кислот.

Коэффициент преломления жира находят при температуре, близкой к температуре его плавления. (Приложение 3, таблица 3)

*Содержание исследовательской работы,  
анализ и обработка полученных данных*

*Время исследования*

Исследование проводилось с 15 января по 16 марта 2018 года.

**Место исследования:** АНОО «Школа Сосны».

**На первом этапе** исследовался процесс плавления жиров.

**Оборудование:** штативы, пробирки, исследуемые жиры: барсучий, бараний, свиной, утиный; химические стаканы, горячая вода, термометр, секундомер.

Процесс плавления жиров характеризуется двумя температурами: температура, при которой жир приобретает подвижность, называют температурой плавления. Эта температура плавления получила название: скользящая точка плавления. Температурой полного расплавления жира считают температуру, когда расплавленный жир полностью осветляется.

**Ход эксперимента:** опыт проводился с четырьмя видами животных жиров. В каждую пробирку помещали 10 г жира, термометр и пробирку с жиром и термометром опускали в широкую пробирку, опущенную в воду. Воду нагревали, фиксируя температуру нагревания жира. (Приложение 4, таблица 4)

По результатам измерений построены графики плавления. (Приложение 5)

**Выводы:** Самая высокая температура плавления зафиксирована у бараньего жира, самая низкая — у утинового жира. Температура плавления барсучьего жира оказалась практически в два раза выше табличного значения температуры его плавления, указанной в литературе. Температуры плавления остальных жиров совпадают с табличными значениями.

**На втором этапе** исследовался процесс зависимости температуры остывания воды от времени для разных видов жира на поверхности воды.

**Оборудование:** штативы, пробирки, колбы, исследуемые жиры: барсучий, бара-

ний, свиной, утиный; химические стаканы, горячая вода, термометр, секундомер.

Из-за сложного внутреннего строения, жир имеет малую теплопроводность, по сравнению с водой, поэтому под слоем жира на поверхности вода будет остывать медленнее.

**Ход эксперимента:** опыт проводился с четырьмя видами животных жиров. В каждую пробирку помещали термометр, наливали 20 мл горячей воды при температуре 55°C, сверху аккуратно добавляли животный жир, толщиной 1 см. Пробирка обрачивалась тканью.

В ходе эксперимента фиксировалась зависимость температуры воды от времени для разных видов жиров. По результатам измерений заполнены таблицы, построены графики зависимости температуры воды от времени для разных видов жиров (Приложение 6)

**Выводы:** Температуры остывания воды с течением времени для разных видов жиров — разная. По истечении 10 минут самая высокая температура воды в колбе с барсучьим жиром. Самая низкая — в колбе с утиным жиром.

**На третьем этапе** измерялся угол преломления и рассчитывался коэффициент преломления для разных видов жиров.

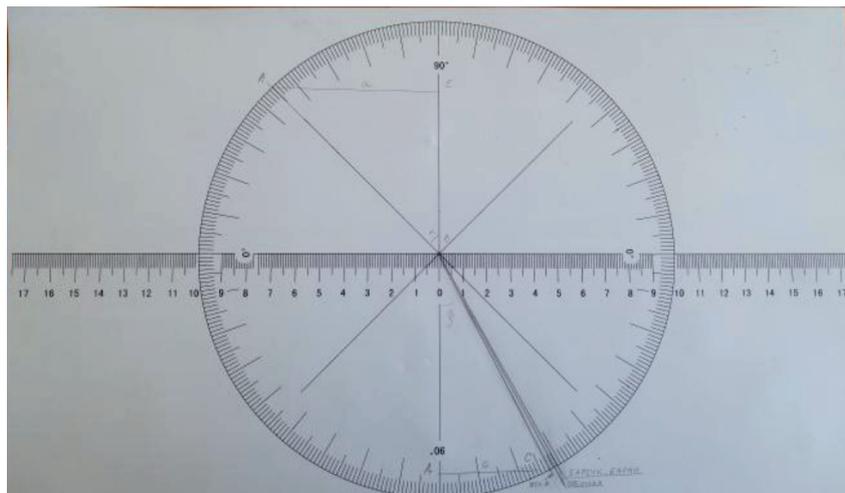
**Оборудование:** лабораторный набор оптических компонентов для демонстраций по курсу геометрической оптики, исследуемые жиры: барсучий, бараний, свиной, утиный.

**Ход эксперимента:** мы нашли коэффициент преломления жиров при помощи лабораторного набора оптических компонентов для демонстраций по курсу геометрической оптики. В полый полуцилиндр из оргстекла наливали расплавленный жир, охлаждали до 22°C и направляли на него лазерный луч под углом 45°. При помощи транспортира измеряли угол преломления. Затем по закону преломления света рассчитали показатель преломления жиров. (Приложение 7, таблица 4)

Угол преломления разных жиров имеет очень близкие значения. Попробуем пересчитать его, используя закон преломления света

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

С помощью линейки прочерчиваем входящий и преломленный лучи. Затем, через точку раздела двух сред — воздух-жир — опускается перпендикуляр к границе раздела и отмечаются углы падения и преломления. После этого, с помощью циркуля, рисуется окружность произвольного радиуса с центром в точке раздела двух сред воздух-стекло, и строятся два прямоугольных треугольника, например,  $ABE$  и  $CBD$ .



Тогда, исходя из определения синуса угла, можно записать, что

$$\sin \alpha = \frac{AE}{AB} \quad \sin \beta = \frac{CD}{BC}$$

$$AB = BC \text{ — радиусы окружности.}$$

$$n = \frac{AE \cdot BC}{CD \cdot AB} = \frac{AE}{CD}$$

Длины отрезков  $AE$  и  $DC$ , стоящих в формуле, измеряем при помощи линейки с миллиметровыми делениями. Их значения подставляем в расчетную формулу и высчитываем показатель преломления стекла. (Приложение 8, таблица 5)

**Выводы:** Второй способ дал более близкие к табличным значениям коэффициенты преломления. Коэффициент преломления утиного и свиного жира находится в области табличных значений. Коэффициент преломления барсучьего и бараньего жира близок к области табличных значений.

**На четвёртом этапе** исследовался процесс омыления жиров щелочью.

**Оборудование:** исследуемый жир: бараний (20 г), вода (42 мл), концентрированный 30% раствор щелочи (18 г), спиртовка, стеклянные палочки, водяная баня, химический стакан.

**Ход эксперимента:** опыт проводился с бараньим жиром. В широкую колбу помещаем жир, затем нагреваем колбу на водяной бане до кипения. Смесь становится однородной, к полученной смеси добавляем щелочь. Варим 1 – 1,5 часа. Жидкость мутнеет и выделяется слой мыла, всплывающий на поверхность в виде хлопьев. Затем колбу погружаем в стакан с холодной водой, при этом слой мыла затвердевает. Полученное мыло извлекаем.

**Вывод:** Бараний жир может являться основой для приготовления мыла. (Приложение 9)

### Заключение

В ходе проведённого исследования была выявлена тесная связь между строением жиров и их химическими и физическими свойствами. Самой низкой была температура плавления утиного жира, в составе которого преобладают олеиновая, линолевая, арахидоновая, линоленовая кислоты. Самая высокая температура плавления зафиксирована у бараньего жира, в состав которого входят преимущественно масляная, пальмитиновая и стеариновая кислоты. У всех твёрдых животных жиров отмечено отсутствие выраженной температуры плавления. Они плавятся в интервале температур.

Исследование зависимости температуры остывания воды с течением времени от вида жира показало, что разные виды жира имеют разную теплопроводность. Можно сделать предположение, что наряду с другими неизученными мною факторами, теплопроводность жира меньше у тех животных, у которых суровее температурный режим обитания.

Анализируя полученные в результате эксперимента данные (температуру плавления и коэффициент преломления) можно сделать предположение, что жир, приобретенный на рынке как барсучий, по своим физическим свойствам ближе к бараньему.

Считаю, что полученные мной теоретические знания о строении и свойствах жиров позволили спроектировать и провести экспериментальное изучение процессов

плавления, преломления, теплопроводности и омыления твёрдых жиров и моя гипотеза полностью подтвердилась.

Судя по хотя и незначительным, но имеющимся отклонениям полученных темпе-

ратурных данных от табличных значений, есть и другие факторы, влияющие на процессы плавления, теплопроводности жира и они могут быть направлением для проведения дальнейших исследований жиров.

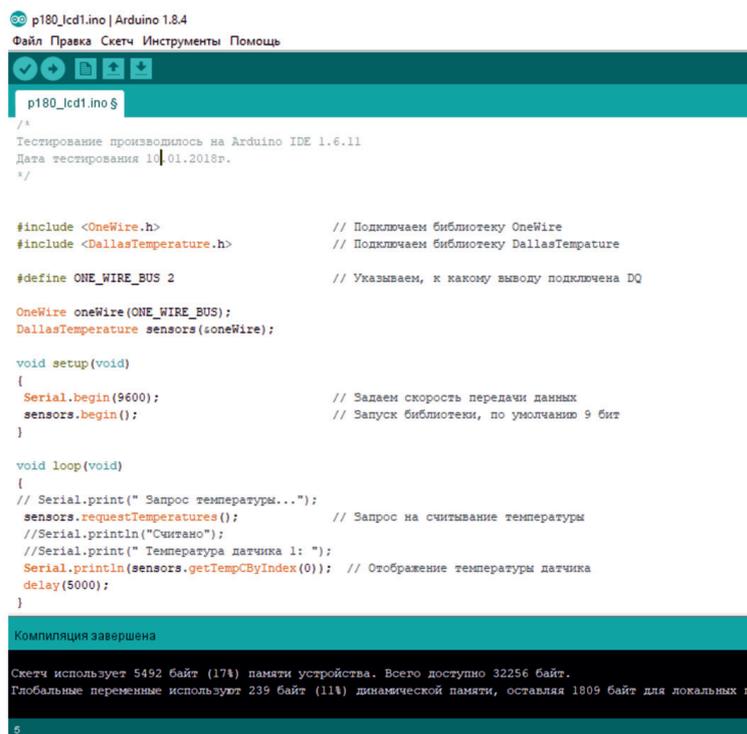
Приложение 1

Таблица 2

Температурный режим места обитания животного [5]

Животное	Комфортная температура для жизнедеятельности животного °С
Утка	От 2 до 20
Свинья	От - 5 до 15
Баран	От - 5 до 10
Барсук	От - 5 до 15
Животное	Критически низкая температура для жизнедеятельности животного °С
Утка	До - 5
Свинья	До - 10
Баран	До - 25
Барсук	До - 35

Приложение 2



```

p180_lcd1.ino | Arduino 1.8.4
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь

p180_lcd1.ino $
/*
Тестирование производилось на Arduino IDE 1.6.11
Дата тестирования 10.01.2018г.
*/

#include <OneWire.h> // Подключаем библиотеку OneWire
#include <DallasTemperature.h> // Подключаем библиотеку DallasTemperature

#define ONE_WIRE_BUS 2 // Указываем, к какому выводу подключена DQ

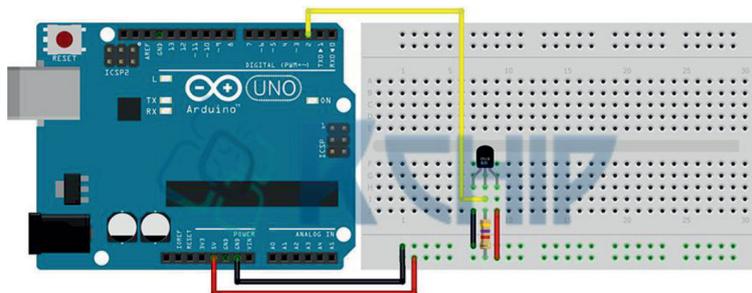
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600); // Задаем скорость передачи данных
  sensors.begin(); // Запуск библиотеки, по умолчанию 9 бит
}

void loop(void)
{
  // Serial.print(" Запрос температуры...");
  sensors.requestTemperatures(); // Запрос на считывание температуры
  //Serial.println("Считано");
  //Serial.print(" Температура датчика 1: ");
  Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0)); // Отображение температуры датчика
  delay(5000);
}

Компиляция завершена
Скетч использует 5492 байт (17%) памяти устройства. Всего доступно 32256 байт.
Глобальные переменные используют 239 байт (11%) динамической памяти, оставляя 1809 байт для локальных п
5

```



Приложение 3

**Таблица 3**

Коэффициент преломления животных жиров

Животный жир	Коэффициент преломления
утиный	1,551 – 1,558
барсучий	1,456 – 1,466
свиной	1,458 – 1,461
бараний	1,450 – 1,452

Приложение 4

**Таблица 4**

Температура плавления животных жиров

Животный жир	Температура, при которой жир становится подвижным, °С	Температура плавления (осветления) жира, °С
утиный	Не смогли зафиксировать (жир был жидким при температуре 10°С)	14
барсучий	40	44 – 48
свиной	20 – 22	35 – 37
бараний	42 – 43	46 – 50

Приложение 7

**Таблица 4**

Коэффициент преломления животных жиров

Животный жир	Угол падения	Угол преломления	Коэффициент преломления
утиный	45°	27°	1,557
барсучий	45°	29°	1,4585
свиной	45°	28° – 29°	1,506 – 1,4585
бараний	45°	29°	1,4585

Приложение 8

**Таблица 5**

Коэффициент преломления животных жиров

Животный жир	Длина отрезка АЕ, мм	Длина отрезка СД, мм	Коэффициент преломления
утиный	7	4,5	1,555
барсучий	7	4,8	1,4583
свиной	7	4,75	1,473
бараний	7	4,8	1,4583

**Список литературы**

1. Бертон Р. «Чувства животных» М., Мир, 1972. 96 с.
2. «Большой домашний медицинский словарь». М., Экспо, 2014. 400 с.
3. Габриелян О.С. Химия 9. М., Дрофа, 2012. 264 с.
4. Колесов Д.В., Маш Р.Д. Биология 8. М. Дрофа, 2012. 328 с.
5. Латюшин В.В., Шапкин В.А. «Биология. Животные». Москва, «Дрофа», 2011. 252 с.
6. Пёрыйшкин А. В. Физика 8. М., Дрофа, 2014. 191 с.
7. Сёмке А.И. Практические работы по физике с экологическим содержанием. Естественнонаучный профиль. 9-11 классы М. Чистые пруды, 2008 г. 20 с.
8. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия. 1981 г. 250 с.
9. «Химия и жизнь» полный архив научно – популярно-го журнала 1965 – 2009, 2004 г. № 5.
10. <http://www.crazy-soap.com/>
11. <http://www.tiensmed.ru/news/palmaoil3.html>
12. <http://biofile.ru/bio/19874.html>
13. <http://chem21.info/info/937714/>
14. <http://helpiks.org/6-6553.html>
15. <http://n-t.ru/ri/kk/hm10.htm>
16. <http://n-t.ru/ri/kk/hm10.htm> <http://www.treeland.ru/article/eko/soaphome/chemistrysoap.htm>
17. <http://www.edabevzreda.ru/topic-261.html>