

**В.Н. Юденков**

**ШКОЛЬНЫЙ  
БИОЛОГИЧЕСКИЙ  
ЭКСПЕРИМЕНТ**

*Практикум*

*Витебск  
УО «ВГУ им. П.М. Машерова»  
2010*

УДК 57(075)  
ББК 74.262.8  
Ю16

Автор: старший преподаватель кафедры зоологии УО «ВГУ им. П.М. Машерова» **В.Н. Юденков**

Рецензенты:

заведующий кафедрой ботаники УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук,  
доцент *Л.М. Мержвинский*; учитель высшей категории гимназии № 7 г. Витебска *И.А. Меркулова*

Данное учебное издание представляет собой практическое руководство для студентов биологического факультета по курсу «Школьный биологический эксперимент», а также для учителей школ по методике проведения и демонстрации на уроке биологического эксперимента.

УДК 57(075)  
ББК 74.262.8

© Юденков В.Н., 2010  
© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
I. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ .....	5
II. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО УЧЕБНЫМ ОПЫТАМ .....	8
III. ОПЫТЫ ПО РАЗДЕЛАМ «ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЮ», «БАКТЕРИИ. ПРОТИСТЫ. ГРИБЫ. ЛИШАЙНИКИ. РАСТЕНИЯ» .....	15
1. Изучение клеточного строения организмов .....	15
2. Изучение корня .....	24
3. Изучение побега .....	34
4. Вегетативное размножение растений .....	40
5. Изучение семян и проростков .....	43
IV. ОПЫТЫ ПО РАЗДЕЛУ «ЖИВОТНЫЕ» .....	49
1. Опыты с беспозвоночными животными .....	49
2. Опыты с позвоночными животными .....	53
V. ОПЫТЫ ПО РАЗДЕЛУ «ЧЕЛОВЕК И ЕГО ЗДОРОВЬЕ» ...	59
1. Опыты по темам «Нервная система», «Органы чувств» .....	59
2. Опыты по теме «Опорно-двигательная система» .....	63
3. Опыты по теме «Сердечно-сосудистая система» .....	66
4. Опыты по теме «Дыхательная система» .....	67
5. Опыты по темам «Пищеварительная система», «Обмен веществ» .....	71
VI. ОПЫТЫ ПО РАЗДЕЛУ «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ» .....	73
1. Изучение химического состава клетки .....	73
2. Изучения строения и функций клетки .....	79
ЛИТЕРАТУРА .....	89
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	90

## ВВЕДЕНИЕ

Учебное издание представляет собой практическое руководство для студентов по курсу «Школьный биологический эксперимент», а также для учителей по методике проведения и демонстрации на уроке биологического эксперимента.

Тематика эксперимента включает опыты, указанные в современной школьной программе, кроме некоторых лабораторных опытов, описание которых имеется в школьном учебнике. Также в издании дополнительно включены опыты, которые освещают важные вопросы курса и могут быть рекомендованы в качестве учебных, и опыты, рассчитанные на углубленную экспериментальную проработку основных вопросов курса.

Описание опытов в нем дано по разделам и темам современной школьной программы. По некоторым темам дается несколько опытов, сходных по содержанию, но различных по методике. Кроме того, методика отдельных опытов предлагается в технических вариантах. Это дает учителю возможность выбирать то, что он считает более целесообразным или доступным, подходящим для условий своей работы, данной школы.

Важной особенностью учебного издания является то, что методика опытов в нем рассчитана на обеспечение надежной результативности опытов в условиях массовой школы и на использование простейшего оборудования.

Работа студента по курсу «Школьный биологический эксперимент» может осуществляться по следующему плану:

- 1) получение темы эксперимента (опыта);
- 2) предварительная подготовка:
  - знакомство с методикой постановки эксперимента по практике;
  - определение места данного опыта в школьной программе, установление перечня знаний и умений, которые должны быть усвоены учениками в результате проведения (демонстрации) эксперимента;
  - консультация у лаборанта, преподавателя;
  - подготовка материалов и оборудования для проведения опыта;
- 3) самостоятельное проведение эксперимента в лаборатории, наблюдение, фиксация результатов;
- 4) демонстрация результатов эксперимента на лабораторных занятиях или проведение его (если опыт носит кратковременный характер);
- 5) самоанализ и обсуждение результатов работы.

# **I. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

## **1. Общие требования безопасности**

1.1. К работе в кабинете (лаборатории) биологии допускаются учащиеся, которые получили инструктаж преподавателя.

1.2. Соблюдение требований настоящей инструкции обязательно для учащихся, работающих в кабинете (лаборатории) биологии.

1.3. В кабинете (лаборатории) биологии проявляйте осторожность, соблюдайте порядок и чистоту на рабочем месте, выполняйте требования инструкции по охране труда для данного опыта.

1.4. На учащихся в кабинете (лаборатории) биологии могут воздействовать следующие опасные и вредные факторы: растворы кислот, щелочей и другие химические вещества; огнеопасные вещества (этиловый спирт, бензин, газ и др.); стеклянная посуда, колющие и режущие инструменты; электрооборудование и газовая сеть (в случае неисправности); высокая температура жидкости; электрический ток.

1.5. Соблюдайте пожарную безопасность в кабинете биологии.

1.6. При обнаружении каких-либо неисправностей в состоянии используемых вами приборов, установок, недоброкачественности посуды прекратите работу и поставьте в известность преподавателя.

1.7. В случае получения травмы (порезы, ушибы), ожогов, отравления химическими веществами, а также при плохом самочувствии необходимо сообщить об этом преподавателю или лаборанту.

1.8. Для оказания первой медицинской помощи при травмах в кабинете (лаборатории) биологии имеется аптечка.

1.9. Соблюдайте правила личной гигиены, содержите руки в чистоте. При работе в кабинете не пейте воду и не принимайте пищу.

1.10. Пребывание учащихся в помещении кабинета (лаборатории) биологии допускается только в присутствии преподавателя биологии.

## **2. Требования безопасности перед началом работы**

2.1. Уясните последовательность и правила безопасного проведения опыта, лабораторной работы.

2.2. Проверьте состояние рабочего места; наличие необходимых инструментов, приборов, учебных пособий для данной работы.

2.3. Не загромождайте рабочее место, освободите его от ненужных для работы предметов и материалов.

2.4. При использовании в лабораторной работе фиксированного в формалине материала накануне занятия необходимо извлечь его из

раствора и тщательно промыть под сильной струей воды (эту работу выполняет лаборант).

### **3. Требования безопасности при выполнении работы**

3.1. Приступайте к выполнению задания только после разрешения преподавателя.

3.2. Выполняйте только ту работу, которая предусмотрена заданием или поручена преподавателем.

3.3. При пользовании спиртовкой не задувайте пламя, а гасите его, покрывая специальным колпачком; никогда не извлекайте из спиртовки после ее зажигания горелку с фитилем; не зажигайте одну спиртовку от другой – все это грозит пожаром. При работе со спиртовкой берегите одежду и волосы от воспламенения.

3.4. Когда пользуетесь скальпелем, лезвием для безопасной бритвы, препаровальной иглой, никогда не направляйте режущие или колющие части этих инструментов на себя, на своих товарищей, чтобы избежать ранений.

3.5. Нагревая жидкости в пробирке, пользуйтесь только специальным держателем для нее, не направляйте отверстие пробирки на себя и на своих товарищей. Все это предупредит возможность ожога.

3.6. Пользуясь кислотами и щелочами, наливайте их только в стеклянную посуду. Не добавляйте воду в кислоту, а наоборот, – кислоту в воду.

3.7. При использовании порошкообразных химических веществ набирайте их только с помощью специальной ложечки (не металлической), не прикасаясь к порошкам руками. Помните, что многие из этих веществ ядовиты.

3.8. Изготавливая препараты для рассматривания их под микроскопом, очень осторожно берите покровное стеклышко большим и указательным пальцами правой руки за края, расположите его параллельно предметному стеклу, которое вы держите в левой руке, в непосредственной близости к нему, а затем выпустите стеклышко из пальцев, чтобы оно свободно легло на препарат.

3.9. Не мойте стеклянную посуду мылом: она становится скользкой – и ее легко уронить и расколоть.

### **4. Требования безопасности в аварийных ситуациях**

4.1. При возникновении аварийной ситуации (пожар, утечка газа, появление резких запахов) необходимо четко выполнять указания преподавателя и при необходимости эвакуироваться из помещения.

4.2. При обнаружении неисправности в электрических установках, находящихся под напряжением, немедленно отключить источник электропитания и сообщить об этом преподавателю.

4.3. В случае разрыва стеклянных сосудов запрещается осколки стекла убирать голыми руками. Используйте щетку и совок.

4.4. При получении травмы, отравления или внезапного заболевания учащиеся немедленно обращаются к преподавателю. Первую медицинскую помощь оказывают на месте. При необходимости вызывают врача.

### **5. Требования безопасности по окончании работы**

5.1. Проверьте, погашены ли спиртовки и газовые горелки.

5.2. Все жидкости, оставшиеся после проведения лабораторных занятий с использованием химических веществ, сливайте не в раковину, а в стеклянную посуду, специально выставленную для этих целей.

5.3. При обнаружении после окончания работы разбитой посуды, разлитых химических реактивов, непогашенных спиртовок на рабочем месте немедленно сообщайте преподавателю.

5.4. Приведите рабочее место в порядок.

5.5. Тщательно вымойте руки с мылом.

## II. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО УЧЕБНЫМ ОПЫТАМ

### Выбор и подготовка объектов для опытов

Наиболее удобным объектом для проведения опытов и наблюдений являются растения. Опыты на растениях проводят как при изучении биологии в 6–7 классах, так и при изучении общей биологии в старших классах.

В качестве объекта для опытов по изучению жизни растений в 6–7 классах обычно рекомендуются комнатные растения. Из относительно неприхотливых растений наиболее подходящими для этой цели являются пеларгония, бальзамин, колеус. Лучше, если растения будут не очень крупными, в нескольких экземплярах. Для этого надо весной окоренить черенки их в воде (или во влажном песке) и высадить в небольшие вазоны – гончарные (цветочные горшки диаметром 10–12 см), картонные или пластиковые, высотой около 10 см, изготовленные из коробок или бутылок хозяйственного назначения.

Между тем все учебные опыты по курсу биологии 6–7 классов могут быть проведены на сельскохозяйственных растениях, выращиваемых в помещении из семян. Почти все опыты могут быть поставлены на фасоли обыкновенной, хорошими объектами для ряда опытов являются горох, бобы, рожь, пшеница; в эксперименте по минеральному питанию растений лучшие результаты получаются на томатах.

Сельскохозяйственные культуры в качестве объекта учебных опытов имеют важные преимущества перед комнатными растениями. Их легко вырастить в необходимом количестве к определенному сроку. Опыты ставятся на молодых растениях, которые занимают мало места на окне, под лампой, что существенно для условий школы. Результаты ряда опытов на таких объектах получаются быстрее и ярче, чем на комнатных растениях, что исключительно важно для демонстрационного опыта.

Для учебных опытов пригодны растения, выращиваемые как в почве, так и на воде – в стеклянных банках, пробирках с обычной водой. Выращивание растений на воде интересно для экспериментальной работы во многих отношениях, в том числе экономным использованием места, простотой ухода за растениями, удобством использования в опытах. Выращиваются растения на воде не более 3–4 недель, для большинства опытов подходящими являются двухнедельные растения. На таких растениях можно провести все основные опыты курса – по изучению фотосинтеза, дыхания разных органов растения, поглощения веществ корнем, испарения воды листом и др.

### **Проращивание семян для опытов**

Проращивать семена необходимо для опытов на проростках и для выращивания растений на воде для других опытов. В почву же можно сеять и проросшие, и сухие семена.

Один из способов проращивания семян – на лоскуте ткани, сложенном в несколько слоев, обильно увлажненном и положенном на дно плоской посуды (тарелки, кристаллизатора и т.п.). Сухие семена размещают на поверхности подстилки из ткани, прикрывают их краями лоскута, посудину накрывают стеклом, куском картона, тарелкой или иной крышкой. Недостатком этого способа является то, что необходимо поддерживать нормальную влажность ткани – смачивать ее по мере подсыхания или сливать излишек воды. Если этого не делать, проращивание семян может затянуться, быть неравномерным, возможно и загнивание семян при избытке воды.

При другом способе семена предварительно замачивают в воде – заливают большим количеством некипяченой воды, например в банке на 0,5–1 л. Семена фасоли, гороха, бобов выдерживают в воде 8–10 ч (не более 12 ч), зерна ржи, пшеницы, ячменя, семена томатов – от 12 до 20 ч. Затем всю воду с семян сливают и оставляют их в той же банке, неплотно прикрывают или помещают в плоскую посудину с крышкой на умеренно влажную подстилку из ткани. Мелкие семена, например, томатов, удобно замачивать в воде и проращивать в банках, предварительно завернув их неплотно в матерчатый мешочек.

Оба рассмотренных способа целесообразно применять для проращивания относительно большого количества семян. Для многих же учебных опытов достаточно прорастить всего несколько штук. С этой целью удобно использовать третий способ – проращивание семян в небольших (на 0,25–0,3 л) стеклянных баночках из-под продуктов питания.

Семена фасоли в количестве 15–20 штук помещают в центр смоченного водой лоскута ткани размером примерно 12 × 12 см и накрывают их краями лоскута так, чтобы получился сверток с одной многослойной стороной. Этой стороной сверток помещают на дно банки. Наливают в нее немного воды: если сверток сдвинуть в сторону, то слой свободной воды должен быть от 0,5 см (если семена проращивают при комнатной температуре) до 1 см (если банку помещают в более теплое место). Банку закрывают крышкой из 3–4 слоев газетной бумаги, укрепляют ее резиновым кольцом или нитками по желобку банки. Соблюдение всех указанных тонкостей методики избавит от какого-либо ухода за семенами. Данный способ больше других подходит для проращивания семян теплолюбивых растений (фасоль, томаты), так как небольшие банки с семенами удобно размещать у источников тепла в школе или дома: подвешивать с помощью шнура у батареи, размещать в шкафу, где теплее и т.п. Для контроля за темпе-

ратурой в банке легко ввести лабораторный термометр, проколов им бумажную крышку.

Нетребовательные к теплу объекты (горох, рожь, пшеница и др.) прорастают при обычной комнатной температуре на второй–третий день после замачивания. Для быстрого прорастания семян теплолюбивых растений необходима температура 22–25°C. При этом семена фасоли начинают прорастать через 2–3 дня, томатов – через 5–7 дней, в обратной зависимости от температуры. При низкой комнатной температуре прорастание семян может затянуться – у фасоли до 7 дней, у томатов – до двух недель.

Семена фасоли могут прорасти неравномерно, что зависит от их качества. Поэтому надо через 2–3 дня посмотреть и выбрать проросшие семена, в том числе наклюнувшиеся – те, у которых чуть вышел корешок. Эти семена либо высевают, либо помещают на время в небольшие влажные камеры. Если надо задержать дальнейшее прорастание семян, влажные камеры помещают в холодное место – с температурой не ниже 0°C.

### Выращивание растений на воде

Для опытов выращивают растения на воде в обычных (химических) пробирках или в стеклянных банках на 0,5–1 л.

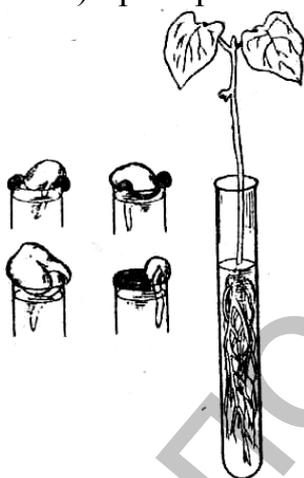


Рис. 1. Выращивание растений в пробирках.

При выращивании растений в пробирках необходимо приспособление для удерживания семени на краях пробирки – прикрепить к сухому стеклу перекладину из пластилина или частично закрыть им отверстие пробирки (рис. 1). Пробирки наполняют некипяченой водой и устанавливают вертикально в какую-либо подходящую банку, стакан из картонной коробки и т.п. На дно стеклянной банки надо положить лоскут ткани или несколько слоев бумаги, чтобы уменьшать возможность разбить дно пробирки при работе. Если банка-штатив из прозрачного стекла, ее надо обернуть несколькими слоями бумаги от света. Это обязательно при длительном выращивании растений.

Проросшие семена с корнем в 1–1,5 см помещают по одному на край пробирки и перекладину из пластилина, которую несколько прогибают вниз, чтобы корешок глубже опустился в воду, а положение семени было более устойчивым. Воду в пробирках можно не менять в течение 2–3 недель, если она остается прозрачной, а только доливать убывающую. В первые два дня доливать воду необходимо дважды в день, чтобы небольшие еще корни не оказались вне воды, позже – через день, но проростки надо опустить глубже в пробирку. При про-

должительном выращивании растений отверстие пробирки закрывают ватной пробкой, что избавляет от частого подливания воды и улучшает снабжение корней воздухом (он поступает в пробирку вместо поглощенной воды; за 2–3 дня воздух может занять 1/2–2/3 объема пробирки). Выращивание в пробирках особенно ценно для тех опытов, где необходимо иметь корни без каких-либо повреждений.

При выращивании растений в банках, к последним надо сделать крышки. Это может быть кусок картона с отверстиями для корешка семени и с прорезями, предназначенными для извлечения из банки выросших растений целиком, с корнем (рис. 2. 1). Через прорези можно и высаживать проростки, причем такие, у которых корень начал ветвиться, чего нельзя сделать при использовании иных крышек.

Можно затянуть отверстие банки полиэтиленовой пленкой от хозяйственных мешочков, прикрепив ее нитками или резиновым кольцом по желобку банки. В пленке прокалывают отверстия размером около 2 мм (для семян фасоли) на расстоянии одно от другого в 2–3 см. Одно отверстие у края банки делают большим – через него наливают воду (рис. 2. 2).

Банки наполняют некипяченой водой, не доливая до края на 1–2 мм (крышки из картона или пленки не должны касаться воды, иначе она будет «уходить»). Семена располагают на крышке так, чтобы корень (в 1–1,5 см) был опущен в отверстие возможно глубже. В первые 2–3 дня надо доливать воду в банки, чтобы молодые корешки находились постоянно в воде. В дальнейшем в течение всего срока выращивания растений, воду добавлять не обязательно, при этом значительная часть корней будет развиваться в воздухе над водой. В одной банке можно выращивать до 10 растений фасоли.

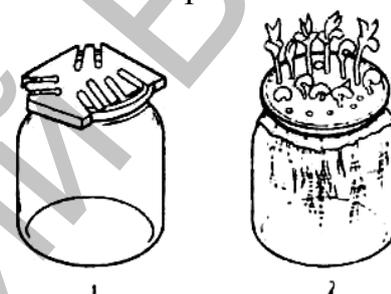


Рис. 2. Выращивание проростков в банках:  
1 – с картонной крышкой;  
2 – с полиэтиленовой пленкой.

### **Выращивание в почве растений для учебных опытов**

Для опытов желательно иметь растения, выращенные в небольших вазонах. Это могут быть обычные цветочные горшочки или иные – самодельные. Очень удобно выращивать растения для опытов в вазонах, изготовленных из высоких картонных коробок из-под молока, кефира. Используется нижняя часть коробки, высотой 8–9 см; в дне ее прокалывают несколько мелких отверстий для стока излишков воды. Так же можно изготовить вазоны из пластиковых бутылок подходящего размера.

Вазоны-отрезки от упомянутых коробок могут использоваться и как штативы для пробирок, экраны от света для банок, сосуды для воды.

В вазоны насыпают почву нормальной влажности частями (сначала на 1/3 высоты вазона, затем на 2/3, далее доверху), уплотняют ее только по стенкам; поверхность почвы должна быть ниже края вазона на 1–1,5 см.

Высевают семена в такие вазоны на небольшую глубину, фасоли – на глубину около 2 см, лучше проросшие, в этом случае корнем строго вниз. Посевы фасоли очень желательно поместить хотя бы на первое время в теплое место (20–25°C), можно и с плохим освещением. При недостатке тепла и избыточной влажности почвы в начале прорастания всходы фасоли могут оказаться больными, с бурыми пятнами на основании стебля. Для некоторых опытов такие растения нежелательны.

### Подготовка влажных камер

Для постановки ряда опытов по теме «Корень» необходимо иметь небольшие влажные камеры. В них можно проращивать семена, а также сохранять некоторое время проростки для опытов по разным темам.

Под влажную камеру лучше всего приспособить чашки Петри. Для этого надо на дно их поместить промокательную бумагу или лоскут ткани, вырезанные по размеру дна чашки. Если желательно, чтобы крышка камеры не запотевала, ее протирают изнутри ватным тампоном, пропитанным смесью глицерина с водой в отношении 1:1. Бумагу (ткань) заливают водой, затем всю свободную воду сливают. Влажная камера готова.

Можно делать влажные камеры из стеклянных хозяйственных банок на 0,25–0,3 л. Если влажная камера будет использоваться для временного хранения проростков или подращивания их, на дно ее кладут увлажненную ткань и закрывают крышкой из плотной бумаги, фольги или полиэтиленовой, которые продаются к таким баночкам.

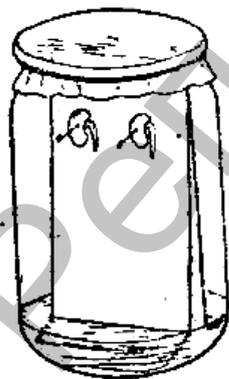


Рис. 3.  
Влажная камера,  
изготовленная  
из банки.

Для постановки некоторых опытов с корнями на дно банки вместо ткани наливают воду слоем 0,5–1 см, в банке устанавливают картонную стенку, лучше двухслойную. Высота ее – чуть ниже банки (стенка не должна касаться крышки), ширина – по диаметру отверстия банки (рис. 3). Нижний край стенки надо вырезать по форме выпуклого дна банки, чтобы он лучше смачивался водой. Желательно наложить на обе стороны картона промокательную бумагу, что улучшает смачиваемость его и повышает влажность воздуха в камере.

### Планирование работы по подготовке опытов к урокам

Важной особенностью большинства опытов с растениями является их относительно большая длительность (от нескольких дней до недель). В связи с этим необходимо заблаговременно спланировать работу по подготовке опытов к определенным урокам. Эта работа состоит из собственно постановки опыта на готовом объекте (комнатные растения, сельскохозяйственные растения, выращенные из семян) и из выращивания растений для опытов. Все опыты, рекомендуемые в настоящем пособии, могут быть поставлены на растениях, выращенных из семян в кабинете биологии, на окне классной комнаты. В табл. 1 указана продолжительность как самих опытов (на готовом объекте), так и всей работы – от начала выращивания растений для опыта до получения результата в нем. Приводимые в таблице данные ориентировочные, приблизительные. Более точные сведения, с учетом разных условий, приводятся в описании опытов.

Таблица 1

#### Ориентировочные сведения для планирования работы по эксперименту в 6–7 классах

Вид работы по конкретным опытам	Время от начала работы до получения результата
Выращивание растений для опытов по минеральному питанию растений: для опытов на естественном освещении для опытов на электроосвещении	6–7 недель 4–5 недель
Постановка опытов по теме «Клеточное строение растительного организма» Постановка опытов по минеральному питанию растений: на естественном освещении на электрическом освещении	От нескольких минут до 1 часа 3–4 недели 10–14 дней
Выращивание растений для опытов по дыханию корней Выращивание растений для опытов по поглощению веществ корнем 2.7. Проращивание семян для опыта по росту корня 2.5. Выращивание растений для опытов по поглощению веществ корнем 2.6.	18–22 дня 15–23 дня 16–18 дней 10–18 дней

<b>Вид работы по конкретным опытам</b>	<b>Время от начала работы до получения результата</b>
Проращивание семян для опытов по росту корня 2.2; 2.3; 2.4. Постановка опытов по росту корня: для опыта 2.5. для опытов 2.2; 2.3; 2.4. Постановка опытов по поглощению веществ корнем Постановка опытов по дыханию корней	5–10 дней 2 недели 2–5 дней 2–3 дня 2 дня
Выращивание растений для опытов по росту побега: для опыта 3.2. для опытов 3.1; 3.3. Постановка опытов по росту побега: для опыта 3.2. для опытов 3.1; 3.3. Выращивание растений для опытов по фотосинтезу Выращивание растений для опытов по дыханию листьев Выращивание растений для опытов по испарению воды листьями Постановка опытов по фотосинтезу: на естественном освещении зимой на электрическом освещении Постановка опытов по дыханию листьев Постановка опытов по испарению Выращивание растений для опытов по передвижению веществ по побегу Постановка опытов по передвижению веществ по побегу	20–35 дней 15–20 дней 10–20 дней 5–10 дней 18–22 дня 14–28 дней 21–23 дня 3–4 дня 8–12 часов 2–3 дня 1–3 дня 21–28 дней 1–2 дня
Постановка опытов по теме «Вегетативное размножение растений»	10–15 дней
Постановка опыта по росту и питанию проростков Постановка опыта по росту и питанию проростков Постановка опыта по влиянию температуры на прораствание семян Постановка опыта по условиям прораствания семян Постановка опытов по набуханию семян при прораствании Постановка опытов по дыханию семян	3–4 недели 2 недели 5–7 дней 2–3 дня 1–2 дня 4–5 дней

### III. ОПЫТЫ ПО РАЗДЕЛАМ «ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЮ», «БАКТЕРИИ. ПРОТИСТЫ. ГРИБЫ. ЛИШАЙНИКИ. РАСТЕНИЯ»

#### 1. ИЗУЧЕНИЕ КЛЕТОЧНОГО СТРОЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ

##### 1.1. Строение растительной клетки

###### 1.1.1. Приготовление препарата кожицы чешуи лука, рассмотрение его под микроскопом

*Цель* – показать строение клетки кожицы лука, ознакомить с важнейшими органоидами: оболочкой, ядром, вакуолью.

*Материалы и оборудование:* сочные чешуи лука репчатого, 1%-ный раствор йода в йодистом калии или 5%-ный спиртовой раствор йода, микроскопы, покровные и предметные стекла, кристаллизаторы с водой, пипетки, скальпели, препаровальные иглы, пинцеты.

###### *Постановка и проведение опыта*

Строение клетки кожицы лука следует рассматривать на временном препарате под микроскопом. Приготовление временного препарата:

- 1) на чистое предметное стекло в центр капнуть каплю воды;
- 2) с наружной стороны чешуи лука пинцетом снять кусочек кожицы (площадью около  $0,5 \text{ см}^2$ );
- 3) поместить кожицу в каплю воды и аккуратно расправить препаровальной иглой;
- 4) капнуть каплю раствора йода, размешать иглой;
- 5) большим и указательным пальцами правой руки взять покровное стекло, поднести его к краю капли, расположив под углом  $45^\circ$ . Осторожно опустить стекло, пока его центр не коснется центра капли. Вода растечется под покровным стеклом и равномерно окружит препарат. Если под стеклом окажутся пузырьки воздуха, следует слегка постучать по стеклу препаровальной иглой.

Рассматривание препарата осуществляется с использованием окуляра с 15-кратным и объектива с 8-кратным увеличением. Отмечают оболочку клетки, ядро, цитоплазму, вакуоль.

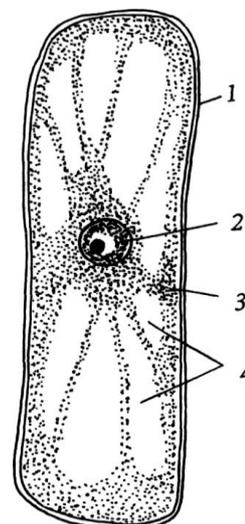


Рис. 4. Строение клетки кожицы лука:

- 1 – оболочка;
- 2 – ядро;
- 3 – цитоплазма;
- 4 – вакуоль.

### 1.1.2. Рассматривание под микроскопом пластид

*Цель* – приготовить временные препараты клеток, в которых можно увидеть хлоропласты и хромопласты, рассмотреть готовые препараты.

*Материалы и оборудование:* веточки элодеи, живые листья валлиснерии или высушенный и размоченный зеленый мох мниум, плоды рябины, микроскопы, предметные и покровные стекла, кристаллизаторы с водой, пипетки, препаровальные иглы.

#### *Постановка и проведение опыта*

**Хлоропласты элодеи.** Для приготовления препарата необходимо отделить пинцетом лист элодеи от стебля, положить его в каплю воды на предметное стекло и накрыть покровным стеклом.

Рассматривают отдельные клетки под большим увеличением микроскопа. Пластинка листа элодеи двухслойная и только в области жилок (сосудисто-волоконистых пучков) состоит из нескольких слоев клеток. В прямоугольных клетках листа элодеи хорошо заметны зеленые хлоропласты эллиптической формы.

#### **Хлоропласты мха мниума.**

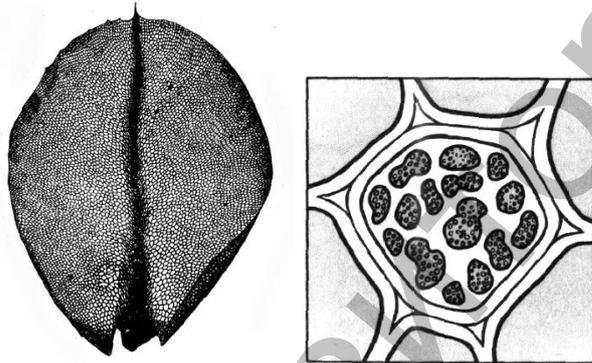


Рис. 5. Мниум: 1 – лист мниума; 2 – хлоропласты в клетках листа мниума.

Мох мниум растет в понижениях на переувлажненных лугах. У растения невысокий, около 5 см, тонкий прямостоячий стебель с густо расположенными очередными листьями. В центре листа даже невооруженным глазом видна жилка. Лист мниума – однослойный (за

исключением средней жилки), поэтому он является идеальным микроскопическим препаратом (рис. 5).

Чтобы приготовить препарат из листа мниума, необходимо предварительно высушить мниум между листами фильтровальной или газетной бумаги. Накануне лабораторных занятий сухой материал надо поместить в кристаллизатор и залить теплой водой. Через 10–15 мин листья можно использовать для работы. Следует отделить иглой от стебля целый лист, положить его на предметное стекло в каплю воды и накрыть покровным стеклом.

**Хромопласты рябины.** Для приготовления препарата клеток плодов рябины (или томата, шиповника, сладкого перца) в каплю воды на предметное стекло иглой переносят небольшой кусочек мякоти плода и кончиком иглы ее размельчают.

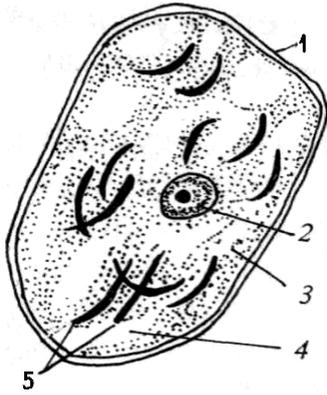


Рис. 6. Органоиды клеток мякоти плода рябины:

1 – оболочка; 2 – ядро; 3 – цитоплазма; 4 – вакуоль; 5 – хлоропласты.

Накрывают препарат покровным стеклом и рассматривают его под микроскопом сначала при малом, а затем при большом увеличении. В клетках видны нитевидные структуры – хлоропласты (рис. 6).

### 1.1.3. Движение цитоплазмы в клетках листа элодеи

*Цель* – познакомить с явлением движения цитоплазмы как подтверждением жизнедеятельности клетки, в результате чего осуществляется взаимосвязь между органеллами.

*Объекты и оборудование:* Веточка элодеи, стакан, предметные и покровные стекла, микроскоп, пинцет.

#### *Постановка и проведение опыта*

Для ускорения движения цитоплазмы веточку элодеи необходимо выдержать в течение 15–20 мин в теплой воде (не выше + 30°C) под настольной лампой (на расстоянии 20–30 см). Для приготовления препарата отделяют один лист с верхней части веточки элодеи и помещают его на предметное стекло в каплю воды. Накрывают сверху покровным стеклом. Рассматривают препарат под большим увеличением. Плавно передвигая препарат, находят клетки, в которых лучше заметно движение цитоплазмы. Цитоплазма движется, увлекая за собой хлоропласты. Их перемещение и заметно в клетках листа под микроскопом. Следует обратить внимание учащихся, что обычно цитоплазма движется медленно и незаметно для глаза.

Можно продолжить опыт, слегка подогреть препарат на спиртовке, а также добавив под покровное стекло спирт, и изучить, как влияют внешние факторы на движение цитоплазмы.

### 1.1.4. Рассматривание кожицы листа

*Цель* – ознакомиться со строением кожицы листа как тканью, обеспечивающей защиту хлорофиллоносной ткани листа и связь листа с внешней средой.

*Материалы и оборудование:* свежие листья герани зональной, капусты белокачанной, папоротника нефролеписа, очитка, микроскопы, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, пипетки, кристаллизаторы с водой.

*Подготовка и проведение опыта.* Чтобы детально рассмотреть строение кожицы, надо приготовить временный препарат и исследовать его с помощью микроскопа. Для приготовления препарата с нижней стороны листа при помощи препаровальной иглы или пинцета надо снять небольшой кусочек (площадью 2–3 мм<sup>2</sup>) кожицы без мякоти.

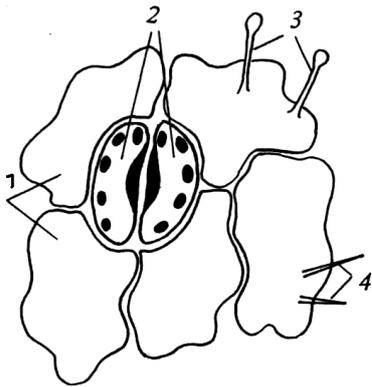


Рис. 7. Кожица листа герани:

- 1 – клетки кожицы;  
 2 – замыкающие клетки устьица с хлоропластами; 3 – железистые волоски; 4 – простые волоски.

Кожицу следует положить внутренней стороной в каплю воды, накрыть покровным стеклом и поместить препарат на предметный столик микроскопа.

При изучении объекта необходимо обратить внимание на очертания оболочки клеток кожицы, расположение и строение устьиц, форму замыкающих клеток устьиц, на то, что в замыкающих клетках устьиц находятся хлоропласты, т.е. замыкающие клетки устьиц принимают участие в процессе фотосинтеза. Сложные биохимические процессы, сопровождающие фотосинтез, обеспечивают активную работу устьиц, регулируют открывание и закрывание устьичной щели. Найти железистые и простые волоски, обеспечивающие защитные приспособления у растений (рис. 7).

Если есть возможность рассмотреть кожицу листа различных растений, следует обратить внимание на то, что форма клеток эпидермиса листа зависит от формы листовой пластинки. У круглых листьев клетки почти округлые, у вытянутых они длинные, со слабо извилистыми оболочками.

Если есть возможность рассмотреть кожицу листа различных растений, следует обратить внимание на то, что форма клеток эпидермиса листа зависит от формы листовой пластинки. У круглых листьев клетки почти округлые, у вытянутых они длинные, со слабо извилистыми оболочками.

**Контрольные вопросы.** 1. Какие специальные умения формируются у учащихся при проведении данных опытов и наблюдений? 2. Для чего используется раствор йода в опыте 1.1.1. 3. Почему мох мниум является удобным объектом изучения строения растительной клетки? 4. Как показать связь строения и функций растительных клеток при демонстрации опыта 1.1.4.

## 1.2. Строение бактериальной клетки

### 1.2.1. Получение культуры сенной палочки

Сенная палочка – спороносная бактерия семейства Bacillaceae. Широко распространена в природе (в почве, на растительном сырье, в воздушной пыли, на поверхности пищевых продуктов и т.п.). Палочковидные вегетативные клетки сенной палочки (длина 2–3 мкм, толщина – 0,4 мкм) грамположительны, размножаются делением, имеют на всей поверхности жгутики. Споры сенной палочки имеют овальную форму, расположены в центре клетки.

*Цель опыта* – получить культуру сенной палочки, рассмотреть бактериальные клетки в микроскоп.

*Материалы и оборудование:* сено, электрическая плитка, микроскопы, предметные и покровные стекла, пипетки.

#### *Подготовка и проведение опыта.*

Для выделения культуры сенной палочки настой сена подвергают кипячению в течение 15 мин. В результате другие микробы погибают, а устойчивые к высокой температуре споры сенной палочки остаются живыми и в дальнейшем прорастают. Далее настой помещают в темное теплое место, и через три дня на его поверхности образуется беловатая пленка культуры сенной палочки. Бациллы сенной палочки можно рассмотреть под микроскопом. Для этого каплю настоя сена вместе с кусочком поверхностной пленки помещают на предметное стекло, накрывают покровным и рассматривают под большим увеличением микроскопа.

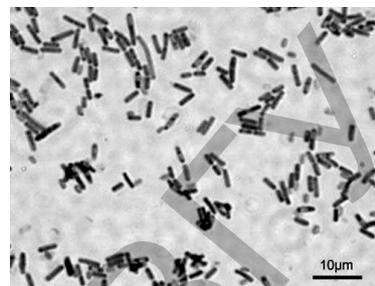


Рис. 8. Культура сенной палочки.

### 1.3. Опыты с простейшими

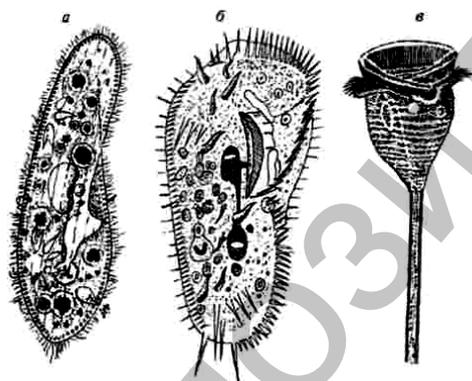


Рис. 9. Типичные представители инфузорий пресноводных: а – инфузория-туфелька; б – стилонихия; в – сувойка.

Опыты с простейшими доступны для выполнения в любое время года. Их можно ставить как на уроках, так и во внеурочное время. Наиболее удобным объектом для этого следует считать различных инфузорий: парамеций, бурсарий, стилонихий и др. (рис. 9). Их несложно получить в любое время года в школьных условиях. Другие объекты, например, различные амёбы и эвглёны, сложны в культивировании, слишком неподвижны или имеют малые размеры,

что затрудняет работу с ними. Разводить культуры простейших можно на разных субстратах (см. Приложение 3).

Инфузорий удобно рассматривать при малом увеличении микроскопа. Для замедления движения инфузорий можно оттягивать воду из-под покровного стекла с помощью полосок фильтровальной бумаги, и тогда туфельки, слегка придавленные покровным стеклом, останавливаются. При этом изменяется их форма тела и нарушается нормальный ход питания и выделения. Чтобы провести наблюдение за ес-

тественным состоянием инфузорий, следует останавливать их движение иным способом. В частности, можно положить на предметное стекло тонкий слой гигроскопической ваты – туфельки застревают в промежутках между волосками. Для замедления движения используется и клей, полученный при настаивании в воде вишневых косточек или семян айвы.

### **1.3.1. Реакции простейших на действие различных раздражителей**

*Цель* – выяснить ответные реакции простейших на действие света и химических раздражителей – поваренной соли и раствора уксусной кислоты.

*Объекты и оборудование:* культура простейших, предметные и покровные стекла; микроскоп; лупа; стеклянная трубка и пипетка; настольная лампа; пластилин, миллиметровая и фильтровальная бумага; светонепроницаемая бумага, поваренная соль и раствор уксусной кислоты.

*Проведение и демонстрация опыта.* На предметное стекло помещают каплю культуры инфузорий-туфелек и рядом с ней – каплю чистой воды. Обе капли соединяют между собой водяным мостиком. Затем к капле с инфузориями с противоположной ее стороны придвигают несколько кристалликов поваренной соли. Соль, растворяясь в воде, начинает действовать на инфузорий, которые устремляются по водяному мостику в каплю с чистой водой.

Наблюдать за движением инфузорий можно невооруженным глазом (объекты достаточно крупные, 0,1–0,3 мм), но лучше для этого воспользоваться четырехкратной лупой. Можно предложить учащимся измерить скорость передвижения инфузорий. С этой целью предварительно под предметное стекло, на котором нанесены две капли воды, подкладывают полоску миллиметровой бумаги и измеряют время, затраченное инфузориями на перемещение из одной капли в другую.

В другом варианте опыта можно выяснить ответную реакцию инфузорий-туфельки на действие раствора уксусной кислоты. Для этого предметное стекло с нанесенной на него каплей культуры накрывают покровным стеклом и помещают под микроскоп, осторожно пипеткой под покровное стекло прибавляют немного уксусной кислоты и рассматривают препарат при большом увеличении микроскопа, предварительно удалив излишек воды полоской фильтровальной бумаги. На препарате будут видны убитые инфузории и на периферии их клеток выброшенные трихоцисты – защитные нити, имеющие вид тонких коротких палочек.

Для ознакомления учащихся с реакциями простейших на действие света инфузорий-туфелек помещают в стеклянную трубку, оба конца которой заклеивают пластилином. Половину трубки оборачи-

вают светонепроницаемой бумагой (подойдут упаковочные из-под фотобумаги) и помещают ее под сильный источник света (настольная лампа с лампочкой 60–100 Вт). Через некоторое время инфузории переместятся из освещенной части трубки в затененную.

### **1.3.2. Поглощение веществ и образование пищеварительных вакуолей у простейших**

*Цель* – выяснить способность инфузорий-туфельек поглощать твердые мельчайшие частицы, взвешенные в воде, и образовывать пищеварительные вакуоли.

*Объекты и оборудование:* культура инфузорий-туфельек, краска акварельный кармин или разбавленная тушь, фильтровальная бумага; пипетка, предметные и покровные стекла, микроскоп.

*Проведение и демонстрация.* В этом демонстрационном опыте моделируется процесс питания простейших. В качестве твердых частиц используют густотертую краску акварельный кармин или разбавленную тушь (за неимением – толченый древесный уголь).

На предметное стекло помещают каплю с инфузориями. Накрывают ее покровным стеклом и полоской фильтровальной бумаги удаляют излишек воды. Затем пипеткой прибавляют к инфузориям немного краски и помещают препарат под микроскоп. Рассматривают препарат при большом увеличении. На препарате будет видно, как мельчайшие взвешенные частички с током воды, создаваемым движением окологротовых ресничек, вовлекаются в ротовое углубление, глотку и собираются в маленький пузырек на ее конце. Отшнуровываясь от глотки, пузырек превращается в пищеварительную вакуоль и начинает перемещаться по цитоплазме клетки инфузории. Через некоторое время можно наблюдать соприкосновение пищеварительной вакуоли со стенкой клетки и выбрасывание частичек краски наружу.

### **1.3.3. Влияние температуры воды на скорость размножения простейших**

*Цель опыта* – выяснить влияния температуры окружающей среды на скорость размножения инфузорий-туфельек.

*Объекты и оборудование:* культура инфузорий-туфельек; несколько пробирок с ватными пробками, водный термометр, пипетка.

*Постановка и проведение опыта.* Берут несколько пробирок с водой и прибавляют в них по капле культуры инфузорий так, чтобы их было не слишком много. Инфузорий необходимо снабдить пищей, для этого добавляют в каждую пробирку по капле сырого молока, разбавленного водой. Все пробирки закрывают ватными пробками и ставят в разные температурные условия, например, около батареи ото-

пления и между оконными рамами. Водным термометром измеряют температуру воды в пробирках. Разница должна составлять не менее 10°C, например 20–25°C и 10–15°C. Периодически проводят контроль кислотности среды, в которой происходит размножение инфузорий-туфельек (рН должен быть равен 7). Использовать для этого удобно универсальную индикаторную бумагу.

Через 1,5–2 недели подводят результаты эксперимента. Учащиеся увидят, что в пробирках, помещенных в теплые условия, туфельки размножаются быстрее (деление происходит каждые сутки) и их количество будет заметно больше, чем в пробирках с холодной водой. Оценка количества простейших проводится учащимися визуально.

Дополнительно можно рекомендовать учащимся выполнить задание на выяснение влияния кислотности окружающей среды на жизнедеятельность инфузорий-туфельек. С этой целью проводят следующий эксперимент. Берут две пробирки с культурой инфузорий-туфельек. В одной пробирке среда должна быть нейтральной (контроль), в другой – слабокислой (эксперимент) с рН равным 5 или 4. Нужная кислотность достигается прибавлением нескольких капель скисшего молока. В ходе данного эксперимента учащиеся выясняют, что кислая среда действует на инфузорий-туфельек угнетающе.

**Контрольные вопросы.** 1. Как реагирует инфузория-туфелька на действие химических раздражителей и света? 2. Какой характер носят эти ответные реакции? 3. Какое значение они имеют в жизни простейших? 4. Как происходит питание у инфузорий? 5. Какие факторы влияют на размножение инфузорий?

## **1.4. Клеточное строение грибов**

### **1.4.1. Рассматривание мукора под микроскопом**

*Цель* – ознакомиться с биологическими особенностями наиболее распространенного плесневого гриба – мукора.

*Материалы и оборудование:* фрукты, овощи или куски хлеба, покрытые плесенью, скальпели, препаровальные иглы, чашки Петри, кристаллизаторы, стеклянные колпак и пластинка, фильтровальная бумага, пинцеты, ручные лупы, микроскопы, пипетки.

*Подготовка и проведение опыта.* За 5–6 дней до урока следует поручить учащимся принести в школу фрукты, овощи или куски хлеба, покрытые белой плесенью с черными головками. Тогда же нужно приготовить питательную среду для разведения мукора. Для этого нарезать мелкими кусочками свежий хлеб, слегка увлажнить его и положить в чашку Петри. Затем снять пинцетом нити гриба с принесенного учащимися материала с наиболее развитыми головками и нанес-

ти споры на поверхность свеженарезанных кусочков хлеба. Чашку Петри поместить под стеклянный колпак с влажной фильтровальной бумагой или на дно кристаллизатора, предварительно налив в него немного воды. Закрывать кристаллизатор пластинкой и поставить в теплое место (24–28°C).

С помощью лупы рассмотреть на кусочках хлеба с мукомором нити плесени и головки со спорами. Определить, где расположен мицелий грибов. Взять пинцетом или препаровальной иглой несколько нитей (спорангиеносцев) с головками, положить на сухое предметное стекло и рассмотреть без покровного стекла при малом увеличении микроскопа. Найти спорангиеносцы и круглые темные шарики на их концах – спорангии, которые обычно покрыты тонкими шипиками из кристаллов щавелево-кислого кальция (рис. 10).

Нанести каплю воды на поверхность препарата, накрыть его покровным стеклом и рассмотреть сначала при малом, потом при большом увеличении микроскопа. Понаблюдать, как изменяются размеры головки в результате поглощения воды, разрушается оболочка спорангия и выходят в воду споры. Обратит внимание на утолщенный вырост спорангиеносца – колонку, имеющую у грибов различных видов разную форму (совокупность спорангиеносцев и образует обычно тот налет серого или белого цвета с бурыми или черными головками на концах, который заметен на субстрате в виде плесени).

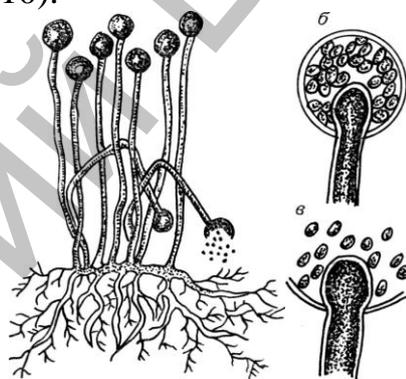


Рис. 10. **Мукомор:**

- а – грибница со спорангиеносцами и спорангиями;
- б – спорангии со спорами;
- в – колонка и споры.

#### 1.4.2. Рассматривание пеницилла под микроскопом

*Цель* – ознакомиться с биологическими особенностями плесневого гриба – пеницилла.

*Материалы и оборудование:* настой чая с налетом плесени, препаровальные иглы, фильтровальная бумага, пинцеты, микроскопы, пипетки.

*Подготовка и проведение опыта.* За 5–6 дней до занятия необходимо вырастить мицелий пеницилла. Для этого настой чая с небольшим количеством чайных листьев наливают в стеклянную банку слоем 2–3 см и оставляют открытой в течение 2–3 дней. Затем накрывают банку стеклом или блюдечком и помещают в теплое место. Через несколько дней на поверхности настоя чая появится зеленый налет гриба пеницилла (рис. 11).

Среди сине-зеленой плесени находят снежно-белые бугорочки – грибницу пеницилла. Переносят препаровальной иглой часть такого бугорка в каплю воды с глицерином, накрывают покровным стеклом и рассматривают препарат в микроскоп. Отмечают особенности строения мицелия пеницилла.

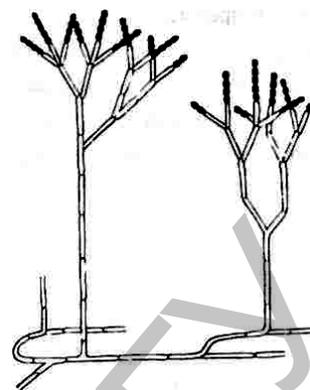


Рис. 11. Пеницилл.

### 1.4.3. Рассматривание дрожжей под микроскопом

*Цель* – ознакомиться с биологическими особенностями дрожжей.

*Материалы и оборудование:* культура дрожжей, микроскопы, пипетки.

*Подготовка и проведение опыта.* Для приготовления препарата дрожжей нужно взять щепотку сухих или кусочек свежих пекарских дрожжей, растереть их с водой и нанести на несколько предметных стекол по капельке мутно-молочной суспензии.



Рис. 12. Почкование хлебных дрожжей.

Предварительно можно дрожжи подрастить при температуре 25–30°C в подслащенной воде (10–20%-ный раствор) в течение нескольких часов: будут различимы как отдельные одноядерные клетки, так и комплексы почкующихся клеток на разных стадиях почкования (рис. 12).

**Контрольные вопросы.** 1. Какие условия необходимы для культивирования плесневых и дрожжевых грибов? 2. Какие особенности строения грибов можно рассмотреть в световой микроскоп?

## 2. ИЗУЧЕНИЕ КОРНЯ

### 2.1. Рассматривание корневых волосков и чехлика под микроскопом

*Цель* – раскрыть особенности строения корня в связи с выполняемыми функциями.

*Материалы и оборудование:* 3–5-суточные проростки злаков (рожь, пшеница, ячмень), 5%-ный спиртовой раствор йода, микроскопы, препаровальные иглы, предметные стекла, пипетки, кристаллизаторы с водой.

*Подготовка и проведение опыта*

Чтобы детально ознакомиться со строением корня, надо приго-

товить временный препарат и рассмотреть его с помощью микроскопа. Для этого следует осторожно отделить молодой корешок от проростка и поместить его в каплю воды. Чтобы не повредить корневой чехлик и не раздавить корешок, препарат нельзя накрывать покровным стеклом.

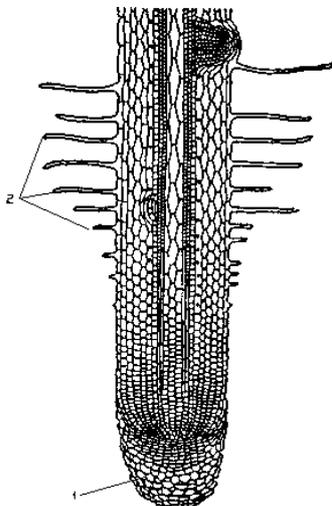


Рис. 13. Строение корня:  
1 – корневой чехлик; 2 –  
корневые волоски.

Так как с помощью микроскопа получается увеличенное перевернутое изображение, препарат необходимо помещать на предметный столик корневым чехликом от себя. Чтобы увеличить четкость изображения, препарат можно подкрасить, добавив в каплю воды немного раствора йода и тщательно перемешав жидкость препаровальной иглой. Весь корешок должен быть окружен жидкостью. Йод окрашивает ядра клеток в бурый цвет.

Передвигая объект, можно увидеть корневой чехлик, зону роста и зону всасывания. Следует обратить внимание, что корневые волоски – это специфические выросты клеток покровной ткани корня (эпидермы). Волосок не отделен от самой клетки перегородкой, он имеет тонкую оболочку, ядро, цитоплазму и способен активно поглощать из почвы воду с растворенными в ней минеральными веществами (рис. 13).

## 2.2. Рост корня в длину

*Цель опыта* – выяснить, как и какой частью корень растет в длину.

*Объекты и оборудование:* проросшие семена гороха или фасоли, бобов с корнем около 2 см, влажная камера, приготовленная из чашки Петри, блюда или банки, тушь черная, лучше предварительно налитая в блюдце и загустевшая в результате частичного высыхания, миллиметровая линейка, небольшие палочки (спички), лезвие бритвы, фильтровальная (промокательная) бумага, пластилин, канцелярские булавки – для влажной камеры, приготовленной из банки.

*Постановка опыта.* Для опыта отбирают 3–4 семени с более или менее прямым корнем, без признаков повреждения и начала образования боковых корней. Семена кладут во влажную камеру, из которой прежде сливают всю свободную воду. Поверхность корня должна быть не влажной. Если корни оказались мокрыми, их можно осторожно обсушить фильтровальной бумагой, но лучше сделать иначе – предварительно выдержать 1–2 ч эти семена во влажной камере, в которой нет свободной воды.

Остро и тонко заточенной спичкой по всей длине корня наносят (по одной стороне) метки тушью в виде небольших, но хорошо заметных точек или коротких черточек на расстоянии одна от другой в 1,5–2 мм. Семя при этом надо держать за семядоли, прикосновение к корню коном спички должно быть очень легким, особенно у кончика, а пребывание корней на воздухе вне влажной камеры – как можно меньшим. Начинать разметку лучше с основания корня.

Семя с размеченным корнем помещают во влажную камеру так, чтобы кончик корня непременно касался влажной бумаги, а сторона с метками не касалась ее. Лучше семя положить у стенки камеры, желательно фиксировать его кусочком пластилина. Если используется влажная камера, приготовленная из банки, семя прикрепляется булавкой к картонной стойке корнем вниз и так, чтобы он касался влажного картона на высоте 5–6 см над водой. Булавкой прокалываются обе семядоли (по центру) и картон (см. рис. 3).

Убедительный результат опыта получается через 1–2 дня (в зависимости от температуры в помещении) – метки заметно расходятся только у кончика корня. В дальнейшем корни значительно вырастают в длину, при этом метки становятся плохо заметными.

Можно делать метки фломастером темного цвета, а также пастой для шариковых ручек или масляной краской. Последние не смываются водой и сохраняются лучше, чем метки тушью, однако надо предварительно проверить пригодность этих веществ, так как некоторые виды их оказывают неблагоприятное воздействие на корень.

### **2.3. Влияние на рост корня удаление кончика его**

*Цель опыта* – выяснить, как влияет на рост корня удаление участка роста его в длину.

*Объекты и оборудование:* проросшие семена гороха или фасоли, бобов с корнем в 2–3 см, 2–3 влажные камеры, приготовленные из чашек Петри, миллиметровая линейка, лезвие бритвы.

*Постановка опыта.* Для опыта отбирают 2–3 пары семян с одинаковыми (в паре) по размеру и форме корнями, без признаков каких-либо повреждений. Каждую пару семян помещают в отдельную влажную камеру. Брать семена следует только за семядоли, нельзя долго держать их вне камеры. У корня одного семени в каждой паре отрезают кончик примерно в 0,5 см. Длину корня у опытного (с обрезкой) и контрольного (целого) семени измеряют и записывают. Продолжительность опыта 4–5 дней. За это время фильтровальную бумагу влажной камеры, приготовленной из чашки Петри или блюдца, необходимо смачивать по мере подсыхания (через 1–2 дня).

В конце опыта измеряют длину главного корня у опытного и контрольного проростков, отмечают количество и сравнительный размер боковых корней (где их больше и где они крупнее). В первые дни можно видеть, что главный корень растет только у контрольного семени, а боковые корни появляются раньше у опытного – с обрезанным кончиком корня. Позже боковые корни образуются у обоих проростков, но их больше и они крупнее у опытного, у которого был удален участок роста главного корня. Удаление кончика корня способствует образованию и росту боковых корней.

#### 2.4. Рост корня при различной температуре

*Цель опыта* – установить, влияет ли температура на скорость роста корня.

*Объекты и оборудование:* проросшие семена гороха или фасоли с корнем в 0,5–2 см, 2–3 влажные камеры той или иной конструкции (см. 1.2) или 6–9 химических пробирок с пробками из ваты; промокательная бумага; ножницы, пинцет (или палочка); банки или штативы для пробирок; линейка; термометр; булавки канцелярские – для постановки опыта во влажных камерах, приготовленных из банок.

*Постановка опыта.* Для опыта отбирают 6–12 семян без каких-либо признаков заболевания или повреждения корня, желательно более крупных, и делят их на 2–3 равные группы (по числу используемых влажных камер) так, чтобы в каждой оказались аналогичные семена (если они разные по размеру). Каждую группу (3–4 семени) помещают в отдельную влажную камеру, предварительно замерив и записав длину корня – наименьшего и наибольшего в группе (от ... до ...). Семена надо держать только за семядоли, линейкой к корням не прикасаться.

Если используются влажные камеры, приготовленные из банок, то семена прикрепляют булавкой к верхней части картонной перегородки камеры так, чтобы корешок касался влажного картона и был направлен вниз. Камеры должны быть закрыты крышкой и иметь на дне слой воды в 1–2 см (рис. 3).

Если опыт ставится в пробирках, то в каждую из них (сухую) надо ввести полоску промокательной бумаги шириной 2–3 см (для стандартных пробирок диаметром до 1,5 см) и длиной по высоте пробирки. Она должна выстилать пробирку изнутри на 1/2– 2/3 поверхности. В каждую пробирку наливают воды около 2 см по высоте, смочив бумагу. Верхний конец полоски бумаги длиной в 2–3 см сдвигают (пинцетом или палочкой) вниз по стенке так, чтобы получилась площадка из скомканной бумаги с отверстием у стенки. На эту площадку кладут семя, опустив корень в отверстие. Лучше если он будет касать-

ся влажной бумаги. Пробирки закрывают рыхлыми пробками из ваты (пробка не должна касаться семени и бумаги) и ставят в штативы или банки.

Влажные камеры (или группы из 2–3 пробирок) помещают в места с разной температурой, при которой рост корня происходит заметно различно. Для гороха – это 6–8, 10–12, 16–18°C; для фасоли соответственно 10–12, 16–18, 24–26°C. Температура 6–8 и 10–12°C может быть в осеннее время на улице или между рамами окна; в подвале, на окне (10–12°C), в холодильнике (6–8°C). Температура 16–18°C – комнатная; повышенная температура (24–26°C) может быть в тепличке, у батареи отопления, под электрической лампой.

Продолжительность опыта 2–3 дня. Прирост главного корня за сутки – в прямой зависимости от температуры – от 0,5 до 2 см у гороха и до 3 см у фасоли. Начало образования боковых корней (на 3–4-й день) снижает наглядность опыта. В конце опыта надо измерить и записать длину корня у всех семян группы, за исключением тех, у которых рост корня резко отрицательно отличается от других в данной температурной группе (из-за преждевременного образования боковых корней, повреждения корня).

*Демонстрация опыта.* Сравнивают по каждой группе семян, находившейся при определенной температуре, исходный размер корней (от и до) и длину их в конце опыта (от и до), делают вывод о влиянии температуры на скорость роста корня, выясняют значение этого явления для жизни растения.

Если опыт проводят учащиеся, то удобнее ставить его в пробирках. Это позволит легко вести наблюдения за ростом корня по дням: суточный прирост отмечают фломастером (или тушью) на стекле снаружи.

Опыт по выяснению влияния температуры на рост корневой системы в целом может быть поставлен на растениях фасоли, выращиваемых в пробирках с водой в течение 7–14 дней.

## **2.5. Рост корней при различном доступе воздуха к ним**

*Цель опыта* – выяснить, влияет ли на рост корней доступ воздуха к ним.

*Объекты и оборудование:* проросшие семена гороха (4–5 штук) с корнем в 1–2 см или наклюнувшиеся семена редиса (15–20 штук); стеклянная банка на 0,25–0,3 л (из-под майонеза, соков и т.п.); картон; ножницы; мелкий песок; вата; бумага оберточная (газетная).

*Постановка опыта.* В начале опыта изготавливают из картона вертикальную перегородку для банки, чтобы отделить в ней небольшую воздушную камеру. В перегородке прокалывают многочислен-

ные отверстия и устанавливают ее в банке так, чтобы вертикальные края плотно прилегали к стенкам, а расстояние между стенкой и картоном было примерно 2 см. Большее пространство банки заполняют влажным песком, уплотняя его. В песок высевают семена гороха или редиса. Глубина заделки семян не должна превышать 2 см. Меньшее пространство (воздушную камеру) закрывают сверху кусочком ваты, а всю банку обертывают бумагой, тщательно закрывая от света. Песок регулярно поливают, особенно после появления всходов, не допуская его пересыхания (при поливке вода должна смочить весь песок и выступить на дне воздушной камеры).

Через две недели можно наблюдать результат опыта: все корни или основная масса их располагаются в слое песка, прилегающем к картонной стенке воздушной камеры; в песке, прилегающем к стеклу, встречаются лишь единичные корни.

## 2.6. Поглощение корнем минеральных веществ

*Цель опыта* – показать, что корни поглощают минеральные вещества.

*Объекты и оборудование:* два 1–2-недельных растения фасоли или гороха, выращиваемых в пробирках с водой, 0,1%-ный раствор медного купороса  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ , приготовленный на дистиллированной воде, 5%-ный раствор желтой кровяной соли ( $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \times 3\text{H}_2\text{O}$ ); два стаканчика или банки из прозрачного стекла – для раствора реактива и для чистой воды.

*Постановка опыта.* За 3–20 ч до демонстрации опыта на уроке воду в одной пробирке заменяют, не вынимая растения, раствором  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ; второе растение оставляют в воде в качестве контрольного.

*Демонстрация опыта.* Целесообразно сначала показать учащимся, что будет, если смешать оба вещества, используемые в данном опыте: появится осадок красноватого цвета. Следует подчеркнуть, что таким образом с помощью одного вещества можно обнаружить другое (сравнить с действием йода на крахмал, углекислого газа – на известковую воду, если учащиеся знакомы с этим). Учащиеся объясняют, как был поставлен опыт, а затем обнаруживают поглощенное вещество в корне. Для этого опытное растение извлекают из пробирки, споласкивают корни в чистой воде и помещают в раствор желтой кровяной соли на 2–3 мин. В результате взаимодействия реактива с солью, накопившейся в корне за время опыта, происходит яркое красноватое окрашивание корней. То же проделывают с контрольным растением. При рассматривании результата опыта корни обоих растений надо поместить в чистую воду.

Помимо описанных опытов, интересной для учащихся может быть демонстрация способности корней «собирать» растворенные в

воде вещества из очень слабых растворов: метиленовой сини – от разведения 0,2%-ного раствора в 1:1000, чернил – «следы». Опыт ставится на 5–10-дневных растениях фасоли и гороха, растущих в пробирках с водой. Воду для 1–2 растений заменяют раствором краски, таким же раствором наполняют пустую (без растения) контрольную пробирку. Уже на следующий день будет хорошо заметно окрашивание корней, более сильное, чем раствора, а через 2–3 дня раствор в пробирке с растением станет совершенно чистым от краски, что заметно при рассмотрении на белом фоне обеих пробирок, помещенных рядом. Особенно убедительно это выглядит, если смотреть на пробирки сверху.

## **2.7. Поглощение корнем воды и передвижение ее в стебель (опыт, демонстрирующий корневое давление)**

*Цель опыта* – показать, что корни не только поглощают воду, но и обеспечивают передвижение ее в стебель (корневое давление).

*Объекты и оборудование:* несколько 1–2-недельных растений фасоли, комнатные растения с неветвящимся основанием стебля толщиной 4–7 мм – колеус, пеларгония, бальзамин, фуксия и др.; лезвие, пластилин или резиновые баллончики от глазных пипеток, ножницы, стеклянные трубочки с оплавленными краями – от глазных пипеток или в виде отрезков в 5–6 см трубки с внутренним диаметром 4–5 мм (для опытов на фасоли), тонкие с просветом 1–3 мм, длиной 20–30 см, короткие, примерно 2 см, с отверстием несколько большим, чем толщина основания стебля (для опытов с комнатными растениями).

*Постановка опыта. Первый вариант* – с креплением трубки пластилином. В начале опыта тщательно разминают пластилин и скалывают из него «колбаску» толщиной 6–8 мм, длиной 4–5 см (тоньше и короче ее делают для фасоли, крупнее – для комнатных растений). Стебель растения на высоте 2–3 см от почвы охватывают пластилином в виде замкнутого кольца, слегка прижимая пластилин к стеблю. Затем часть пластилина осторожно смазывают с кольца на стебель вверх и вниз так, чтобы обеспечить прочное и абсолютно герметичное присоединение пластилина к стеблю – сделать конусовидную муфту для крепления трубки (рис. 14, 2). Это удобно делать легкими, скользящими движениями пальца, при этом другой рукой стебель надо придерживать с противоположной стороны. Верхний край муфты должен гладко и незаметно (без щели и т.п.) переходить на стебель по всей его окружности. Желательно, чтобы верхняя конусовидная часть муфты была не более 1 см. Острой бритвой растение срезают на пенек над самым краем муфты (но не по пластилину, чтобы не замазать им срез стебля), надевают на пенек стеклянную трубку. Можно слегка вонзить трубку в пластилин, придерживая муфту снизу. Часть пластилина с муфты осторожно смазывают на трубку, герметично закрывая место

их соединения (рис. 14, 2). Короткие трубки сами хорошо держатся на растении, длинные надо укрепить в строго вертикальном положении, подвязав к палочке или проволоке, воткнутой в почву вазона.

При всех операциях пластилин, поверхность стебля, руки, трубки должны быть сухими (от воды), иначе не получится герметичное соединение, а следовательно и опыт.

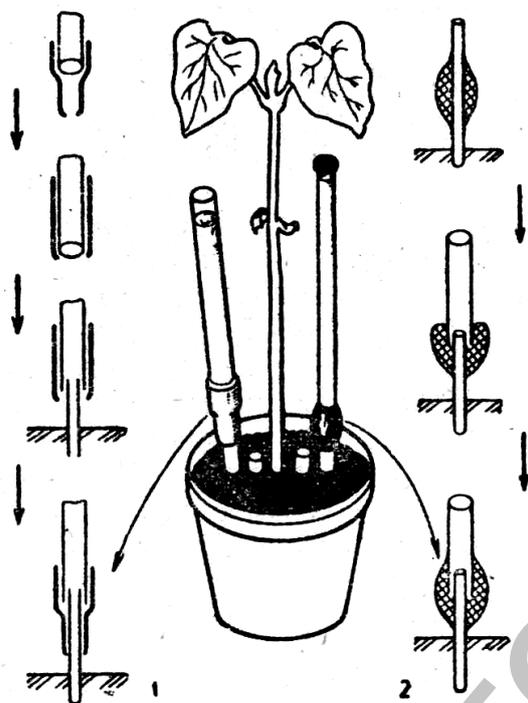


Рис. 14. Постановка опыта с корневым давлением: в центре – общий вид опыта на растениях фасоли; 1, 2 – последовательные этапы прикрепления трубочки к растению: 1 – посредством резинового наконечника, 2 – с помощью пластилина.

Для комнатных растений, имеющих относительно толстый стебель, к пластилиновой муфте сначала крепится короткая переходная трубка подходящего диаметра, а уже в нее вставляется тонкая длинная трубка. В этом случае желательно ввести в короткую трубку воду (пипеткой, чтобы не замочить стенок трубки), покрыть ею срез пенька. Тонкая трубка укрепляется герметично в короткой с помощью пластилина: им заполняется щель между трубками и промазывается по сухому место соединения.

*Второй вариант* постановки опыта – с креплением трубки посредством резинового баллончика от глазных пипеток. От баллончика отрезают закрытый конец длиной 1,5–2,0 см – для опытов с фасолью или 2–3 см – для опытов с комнатными растениями. В центре закрытого конца

баллончика вырезают круглое отверстие диаметром 1–2 мм. Для этого надо сложить продольно дважды конец – дно баллончика – и срезать ножницами небольшую, самую крайнюю часть его. Получится трубочка с разными отверстиями на концах, с помощью которой к растению герметично присоединяется стеклянная трубка.

Чтобы надеть резиновую трубочку на пенек стебля фасоли, не повредив его, надо вставить в большее отверстие ее смоченный водой конец стеклянной трубки (от той же глазной пипетки или в виде отрезка диаметром около 0,5 см) и вдвигать стеклянную трубку, вращая, в резиновую до тех пор, пока малое отверстие у последней не растянется настолько, что можно будет надеть трубку на пенек растения (рис. 14, 1). Делать это надо быстро, иначе трубки могут «присохнуть»

друг к другу. Если это произошло (и резиновая трубка не скользит по стеклянной), надо сделать все заново, предварительно вновь смочив конец стеклянной трубки (для этого достаточно опустить его в воду).

Растение срезают на пенек высотой в 2–3 см, быстро вставляют стеклянную трубку в резиновую, как описано выше, надевают на пенек и закрепляют на нем. Для этого удерживают одной рукой резиновую трубку, другой – вывинчивают из нее вверх стеклянную до тех пор, пока резиновая трубка не охватит плотно стебель (см. рис. 14, 1). Если при этом стеклянная трубка выйдет целиком из резиновой, ее легко вставить вновь, не снимая резиновую трубку с растения. Небольшие отрезки и трубочки от глазных пипеток легко удерживаются на фасоли без дополнительного укрепления.

На комнатные растения с относительно жестким стеблем толщиной более 4 мм резиновая трубочка крепится иначе: ее предварительно смачивают изнутри водой и осторожно натягивают на пенек широким отверстием. Затем в узкое отверстие вставляют тонкую стеклянную трубку, конец которой предварительно смачивают водой. Длинную трубку подвязывают к палочке или проволоке, воткнутой в почву вазона.

После постановки трубки на растение тем или иным способом обильно поливают почву теплой водой (комнатной температуры или слегка подогретой) и помещают вазоны в более теплое место комнаты. Если в трубке имеется вода, надо отметить уровень ее (фломастером, кусочком пластилина). Верхнее отверстие трубки лучше прикрыть кусочком пластилина или ватой – для уменьшения испарения. В течение всего опыта необходимо поддерживать нормальную влажность почвы. Подъем жидкости в трубке при благоприятных условиях (температуры, влажности почвы, состояния растения) будет заметен через несколько часов, а через 1–2 дня он даст убедительный результат опыта. Чем тоньше трубка, тем больше высота подъема при всех равных условиях. Жидкость поднимается и удерживается в трубке до 7 дней и более – у крупных комнатных растений.

## **2.8. Поглощение кислорода при дыхании корней (опыт с лучинкой)**

*Цель опыта* – доказать, что корни поглощают из воздуха кислород, т.е. дышат.

*Объекты и оборудование:* корни от 10–14-дневных растений ржи (пшеницы, ячменя) или фасоли, выращенных на воде или в песке, из расчета: на каждые 100 см<sup>3</sup> объема используемых сосудов – 25 растений ржи (пшеницы) или 4 растения фасоли; два одинаковых сосуда из прозрачного стекла на 100–300 см<sup>3</sup> – колбы, бутылочки или пузырьки с входным отверстием (горловиной) диаметром не менее 12 мм; пробки к сосудам – резиновые, пластиковые или изготовленные из пластилина; лучинки; спиртовка, спички, вода комнатной температуры.

*Постановка опыта.* Один сосуд наполняют водой. В него помещают необходимое количество корней, опуская их в воду и вращая при необходимости. Корни злаков лучше предварительно собрать в пучок, укладывая их верхушками в одну сторону. Воду из сосуда выливают, оставляя 1–2 мл. Это небольшое количество воды необходимо для того, чтобы при рассматривании результата опыта с ее помощью ликвидировать запотевание стенок сосуда изнутри (наклоняя и вращая сосуд), что позволит лучше видеть корни и поведение пламени лучинки. Желательно распределить корни равномерно по дну сосуда, что можно сделать с помощью палочки или посредством встряхивания сосуда с небольшим количеством воды.

В контрольный сосуд – без корней – наливают воды столько, сколько было оставлено в опытном сосуде. Оба сосуда закрывают плотно пробками и ставят рядом в темное (или слабо освещаемое) место с комнатной температурой на два дня – до момента демонстрации опыта.

*Демонстрация опыта.* Сначала зажечь спиртовку, чтобы пламя было постоянно под рукой, затем вынуть не полностью пробку из опытного сосуда, так, чтобы можно было снять ее позже одной рукой. При этом надо как можно меньше нагревать сосуд рукой, чтобы из него не вышел воздух. Лучинку поджигают от пламени спиртовки, снимают пробку и опускают ее спокойно, не торопясь, в опытный сосуд. Как только лучинка погаснет, надо вынуть ее, а сосуд прикрыть пробкой. Если пламя гаснет в самом верху сосуда, то демонстрацию можно повторить. То же самое проделывают с контрольным сосудом – без корней. Если отверстие в нем небольшое – около 12 мм в диаметре, надо быстро провести через него пламя и опустить лучинку глубже, где она будет хорошо гореть некоторое время. Не дожидаясь, когда лучинка погаснет в результате использования кислорода в контрольном сосуде, ее надо вынуть быстро, чтобы пламя не погасло на выходе из сосуда. Это особенно важно при постановке опыта в небольших пучках, объемом около 100 см<sup>3</sup>.

## **2.9. Выделение углекислого газа при дыхании корней (опыт с известковой водой)**

*Цель опыта* – доказать, что корни при дыхании выделяют углекислый газ.

*Объекты и оборудование:* корни от 3–4 растений ржи (пшеницы, ячменя) или от одного растения фасоли, выращенных на воде или в песке в течение 10–14 дней; две одинаковые химические пробирки; пробки к пробиркам – резиновые или из пластилина, нитки, кипяченая вода, известковая вода.

*Постановка опыта.* Обе пробирки наполняют кипяченой водой. Корни подвязывают к нитке длиной 15–20 см и опускают их в одну

пробирку, оставив конец нитки снаружи. Затем сливают всю воду из пробирок и закрывают их плотно пробками. Это лучше проводить не в комнате, а за окном, чтобы пробирки наполнились воздухом, в котором углекислого газа меньше, чем в помещении. Обе пробирки кладут рядом, горизонтально или с небольшим наклоном ко дну, в темное место с комнатной температурой. Продолжительность опыта два дня.

*Демонстрация опыта.* Открывают опытную пробирку, держа ее вертикально, дном вниз, и, прикрыв пальцем ее отверстие, осторожно извлекают корни за нитку, стараясь не вытеснить воздух из пробирки, закрывают последнюю пробкой на время (можно извлекать корни из пробирки и под водой, держа пробирку дном вверх). В обе пробирки наливают примерно поровну немного известковой воды (1,5–2 см по высоте пробирки), закупоривают и встряхивают их одновременно несколько раз. Как только известковая вода хорошо помутнеет, образуя «молоко», встряхивание надо прекратить, иначе (при избытке углекислого газа) помутнение может ослабнуть из-за перехода нерастворимого в воде вещества ( $\text{CaCO}_3$ ) в растворимое ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ).

**Контрольные вопросы.** 1. Почему в опыте 22 нужно наносить метки тушью по всему корню, а не по части его? В какой части корня метки стали бледнее и почему? 2. Каких участков лишается корень при удалении его кончика? 3. Что доказывает опыт с трубкой, укрепленной на пеньке срезанного растения? Что доказывает опыт с лучинкой и опыт с известковой водой?

### 3. ИЗУЧЕНИЕ ПОБЕГА

#### 3.1. Рост молодого побега в длину

*Цель опыта* – выяснить, как и какой частью растет молодой побег в длину.

*Объекты и оборудование:* молодые проростки гороха или бобов, выращиваемые в почве или на воде, или 1–2-недельные растения фасоли, или ветки деревьев и кустарников в воде, у которых начался рост побегов (что происходит через 2–3 недели после постановки в воду); тушь черная, спички, нож или лезвие бритвы, миллиметровая линейка.

*Постановка опыта.* Остро и тонко заточенной спичкой наносят метки тушью (в виде небольших, но хорошо заметных точек или коротких черточек, на расстоянии одна от другой 1,5–2 мм) по всей длине верхнего междоузлия побега – по одной стороне его – и нижележащего (у фасоли это подсемядольное колено). Опыт повторяется 2–3 раза.

Растения помещают в темное или слабо освещаемое место, желательнее более теплое – для усиления роста побегов. Растения, выращиваемые в почве, регулярно поливают. Продолжительность опыта от дня нанесения меток – 3–7 дней. Опыт показывает, что молодой побег растет по всей длине верхнего междоузлия, но больше – в верхней его части.

### **3.2. Влияние на рост побега удаления верхушечной почки**

*Цель опыта* – выяснить, как влияет на рост побега удаление верхушечной почки его.

*Объекты и оборудование:* 4–6 всходов гороха (3–5-дневных) или фасоли (10–14-дневных), выращиваемых в почве или на воде, или комнатные растения (пеларгония, герань, колеус, фуксия), если ко времени постановки опыта у них происходит заметный рост побегов; лезвие безопасной бритвы.

*Постановка опыта.* Все растения делят на две группы. Одну оставляют в качестве контроля. У растений другой группы срезают самую верхнюю часть стебля с почкой, у фасоли при этом должны остаться семядоли. Все растения помещают рядом в слабо освещаемое теплое место, почву в вазонах регулярно поливают. Продолжительность опыта 10–20 дней. Результат опыта позволяет сделать следующие выводы: рост побега происходит за счет верхушечной почки, при удалении ее рост побега в длину прекращается и начинается рост побегов из других почек.

### **3.3. Рост побега при различных внешних условиях**

*Цель опыта* – показать, что рост побега в длину зависит от внешних условий – от освещенности и температуры.

*Объекты и оборудование:* 2–3 всхода фасоли (гороха, бобов) или картофеля, высаженного в почву, или небольших комнатных растений (герань, пеларгония, колеус), желательнее с одним неветвящимся стеблем; линейка.

*Постановка опыта.* Измеряют и записывают общую высоту каждого растения (от уровня почвы до верхушечной почки) и длину самого верхнего междоузлия. Одно растение ставят на солнечное окно или под электролампу, другое – в темное или слабо освещаемое место в комнате, третье – помещают в холодное место (между рамами окна или в холодильник). В ходе опыта поддерживают нормальную влажность почвы во всех вазонах. Через 5–10 дней измеряют общую высоту растений и длину верхнего междоузлия, определяют прирост побега за время опыта. На основе опыта можно сделать два вывода: 1) внешние условия – освещенность, температура – оказывают влия-

ние на рост побегов; 2) рост побега в условиях очень слабого освещения или в темноте происходит быстрее, чем на свету, но при длительном пребывании в темноте (или при очень слабом освещении) побеги вырастают тонкие, бледные (этиолированные) и непрочные; для нормального роста побега необходим свет.

### **3.4. Изучение транспирации у растений (хлоркобальтовый метод)**

Для определения интенсивности транспирации можно использовать хлоркобальтовый метод. Он основан на том, что сухая хлоркобальтовая бумага имеет синюю окраску, а при увлажнении изменяет цвет на розовый в связи с образованием кристаллогидрата. Об интенсивности транспирации листа судят по скорости порозовения бумаги.

*Цель* – научиться обнаруживать водяной пар, выделяемый растением, показать различие в скорости устьичной и кутикулярной транспирации.

*Материалы и оборудование:* растения примулы, гортензии, традесканции, фильтровальная бумага, 5%-ный раствор хлористого кобальта  $\text{CoCl}_2$ , предметные стекла, бечевка, электрическая плитка.

*Подготовка и проведение опыта.* Полоски фильтровальной бумаги длиной 2–3 см пропитывают 5%-ным раствором  $\text{CoCl}_2$ . Порозовевшую бумагу осторожно высушивают над электрической плитой. Она приобретет синий цвет. Кладут лист растения между кусочками хлоркобальтовой бумаги и для защиты от водяных паров воздуха помещают между двумя предметными стеклами, связывают их бечевкой (или зажимают прищепкой для белья). Определяют интенсивность транспирации.

После этого берут лист растения, имеющего устьица только на нижней стороне листа, и выясняют интенсивность устьичной (на нижней стороне листа) и кутикулярной (на верхней стороне листа) транспирации. Делают вывод о причинах разной скорости испарения воды.

### **3.5. Обнаружение испаряемой листом воды (опыт с конденсацией паров)**

*Цель опыта* – показать, что листья испаряют воду.

*Объекты и оборудование:* 2–3-недельные растения фасоли, выращенные в почве или в пробирках с водой, либо комнатные растения, пеларгония, бегония и др.; электролампа, подвешенная на штативе. Для первого варианта опыта: колба на 125–300 мл; пластилин или вата и пинцет; штатив лабораторный или широкогорлая стеклянная банка на 0,35–0,5 л (или вазон с почвой); картонный стакан (вазон) – подставка для пробирок. Для второго варианта опыта: небольшой неповрежденный полиэтиленовый пакет; нитки.

*Постановка опыта.* Для первого варианта выбирают лист подходящего размера без признаков отмирания пластинки или повреждения черешка. У фасоли удаляют все листья, кроме одного – опытного. Не отделяя лист от растения, свертывают его трубкой (продольно по отношению к центральной жилке) и осторожно вводят в сухую колбу вместе с черешком, а для фасоли – со стеблем. Колбу укрепляют в лапке штатива или помещают на банку (рис. 15), на вазон с почвой.

Колба должна располагаться так, чтобы собирающаяся в ней вода не могла вытекать. Пробирку с растением закрепляют в лапке штатива или устанавливают в картонный вазон-стакан (из-под молока и т.п.), в котором делают вырезы для пробирок на разной высоте. В опыте на растениях фасоли, выращенных в почве, вазон

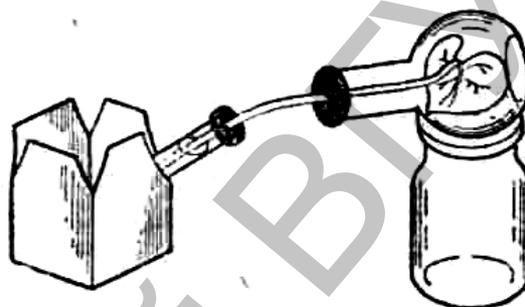


Рис. 15. **Постановка опыта «Испарение воды листом с колбой.**

удобно поставить наклонно или положить боком на стол. Отверстие колбы запечатывают пластилином или плотно закрывают ватной пробкой, вводя ее осторожно (чтобы не надломить черешок или стебель) в горловину колбы с помощью пинцета. Почву в вазоне обильно поливают водой комнатной температуры или слегка подогретой.

Электролампу размещают над колбой на высоте 20–30 см (при мощности лампы накаливания – 75 Вт). Если в помещении жарко, а форточка далеко, можно усилить охлаждение колбы, положив ее на влажную почву в вазоне или на воду, налитую в банку-подставку, на блюде с водой. В солнечную погоду опыт лучше ставить на окне (на солнце) под открытой форточкой. Хорошие результаты – появление капель, а затем и лужицы воды в колбе – под лампой или на солнце получаются за 2–4 ч. На несолнечном окне продолжительность опыта 1–3 дня, при этом может быть получено лишь запотевание стенки колбы (без свободной воды) и только в случае запечатывания колбы пластилином. Результаты опыта, проведенного под лампой или на солнце, хорошо сохраняются несколько дней, если сосуд запечатан пластилином, а вся установка хранится на окне. Растения, выращиваемые в почве, при этом регулярно поливают.

*Второй вариант.* Листья вводят в пакет из прозрачной полиэтиленовой пленки, края пакета аккуратно собирают и прикрепляют нитками к прочному черешку комнатного растения или к стеблю фасоли (рис. 16). Растение помещают у лампы или на окно с прямым солнечным освещением (на солнце). В этих условиях стенки пакета покрываются капельками воды через 2–4 ч, а типичное запотевание можно наблюдать в течение урока, если опыт поставлен вблизи открытой

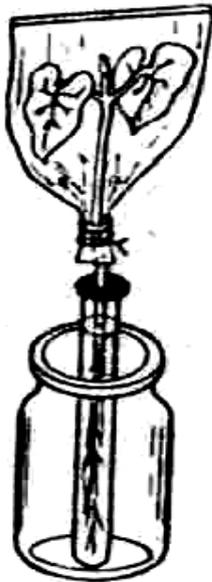


Рис. 16. Постановка опыта «Испарение воды листом» с использованием пакета.

форточки. На несолнечном окне получается только запотевание пакета – за 1 день. Опыт во втором варианте технически проще, в пакете лучше, чем в колбах, сохраняется испарина. Но опыт в первом варианте нагляднее тем, что в нем образуется лужица от испаренной листом воды.

Если опыт ставится на фасоли, выращенной в пробирках с водой, то можно плотно закрыть отверстие пробирки пластилином и отметить уровень воды в ней на начало опыта. Это позволит установить не только испарение воды листом, но и убыль ее в пробирке в результате испарения, что повысит дидактическую ценность учебного эксперимента. Так же можно поставить опыт со срезанным листом комнатного растения, помещенным черешком в пробирку с водой. Желательно поставить и дополнительный опыт: налить воду в чашку Петри с сухой изнутри крышкой, поставить чашку на окно или под лампу. Запотевание крышки, появление на ней капелек (спустя 1–2 ч) покажет учащимся явление конденсации паров.

### 3.6. Присасывающее действие листьев

*Цель опыта* – показать, что испарение является одним из двух «двигателей», обеспечивающих поднятие воды в растении (другим «двигателем» служит корневое давление).

*Объекты и оборудование:* 2–3-недельные растения фасоли или листья комнатных растений с относительно тонким черешком (например, пеларгонии); длинная тонкая (с просветом 2–3 мм) трубка, стеклянная или из прозрачного пластика; пластилин; блюдце; лезвие бритвы; кипяченая вода; штатив лабораторный или картонный стакан-вазон. Желательно иметь электролампу, подвешенную на штативе. Дополнительное оборудование – только для одного из технических вариантов опыта: отрезок стеклянной трубки с оплавленными краями длиной 3–4 см, диаметром 4–5 мм, резиновый баллончик к нему (от аптечной пипетки), ножницы, аптечная пипетка.

*Постановка опыта.* На один конец длинной сухой трубки наносят хорошо размятый пластилин в виде небольшого колечка, края его смазывают на стекло – вниз по трубке – на конус, обеспечивая тем самым абсолютную герметичность соединения. Срезают один лист с черешком или верхушку стебля фасоли с первой парой листьев. Конец черешка (или стебля) отрезают под водой (1 см и более). Стебель фасоли должен быть коротким (2–4 см), так как в более старых частях его имеется по-

лость с воздухом, который в ходе опыта может образовать воздушную пробку (пузырь), из-за чего прекратится поступление воды в стебель. Удаляют воду со стебля (черешка) тканью, бумагой и примазывают к нему плотно (тщательно, но осторожно) пластилин в виде муфты так, как это рекомендовалось по опыту с корневым давлением (см. опыт 2 7, рис. 14, 2). Еще раз подрезают под водой конец черешка (стебля), выступающий из муфты, временно сохраняют все в блюде с водой.

Опустив трубку концом с пластилином в кипяченую воду, засасывают ее ртом до полного заполнения трубки, закрывают последнюю пальцем под водой, достают из воды, держа вертикально. Закрывают верхний конец трубки шариком-пробкой из пластилина, переворачивают трубку и вставляют в нее конец муфты с листом или стеблем; слегка надвигают муфту на трубку, чтобы прилепить ее к пластилину на трубке. Снимают шарик-пробку и плотно соединяют муфту с трубкой. Затем обсушивают пластилин тканью (бумагой) и тщательно смазывают его так, чтобы не осталось щели в месте соединения. Если в трубке под срезом стебля оказался воздух, надо разъединить муфту и снова провести наполнение трубки водой.

По *второму техническому варианту* тонкую трубку присоединяют к отрезку стеклянной трубки диаметром 4–5 мм с помощью резинового баллончика так, как это рекомендовалось по опыту с корневым давлением (см. опыт 2.7, рис. 14, 1), или примазывают пластилином. На свободный сухой конец короткой трубки намазывают пластилин, наполняют составленную трубку кипяченой водой, укрепляют стебель или лист в короткой трубке так, как описано выше. В этом варианте проще перезаряжать полученный прибор (так называемый потометр): достаточно вынуть из баллончика тонкую трубку, а затем, наполнив ее водой, вновь вставить, ввинчивая в отверстие баллончика. Если в последнем или в короткой трубке оказался воздух, его выпускают, сжимая баллончик, и замещают водой (с помощью аптечной пипетки).

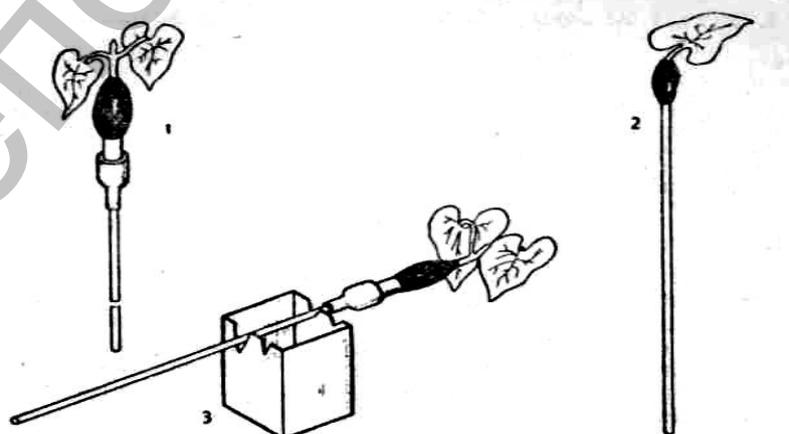


Рис. 17. Установки для демонстрации присасывающего действия листьев с разными способами присоединения листа к трубке (1, 2); 3 – рабочее положение прибора.

Трубку (прибор) подвешивают вертикально или кладут в наклонном положении – вниз концом без листьев. Для этого удобно использовать картонный вазон-стакан, сделав в нем для трубки вырезки соответствующей глубины (рис. 17).

Продолжительность опыта при постановке под лампой или на солнце 1–2 дня, в обычных комнатных условиях – 3–4; она зависит и от диаметра тонкой трубки, и от количества, и размера листьев. В результате опыта вода поднимается на высоту 30 см – по всей длине трубки стандартного размера. Если опыт идет медленно, на трубке отмечают (фломастером, пластилином) подъем воды за каждый день.

**Контрольные вопросы.** 1. Как доказать верхушечный рост побегов? 2. Для чего в опытах 3.1–3.3 нужны контрольные растения? 3. Какими способами можно обнаружить транспирацию у растений?

#### **4. ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ**

Опыты по вегетативному размножению растений, обычно проводимые в школе, освещают лишь одну сторону вопроса – различные способы вегетативного размножения. Вопрос же о том, какие условия необходимы для окоренения черенков, не выясняется. Между тем экспериментальное установление учащимися необходимости для окоренения черенков определенных внешних условий и влияния отдельных факторов на корнеобразование имеет большое познавательное и практическое значение.

Опыты, освещающие условия окоренения черенков, целесообразно ставить одновременно и демонстрировать на уроке все вместе. Это позволит сделать общий вывод из трех опытов о том, что для окоренения черенков необходимо наличие одновременно трех внешних условий: воды (влажной среды), тепла и доступа воздуха к черенкам. *Цель отдельных опытов* ясна из темы – показать необходимость для окоренения черенков одного из внешних условий.

##### **4.1. Необходимость воды (влажной среды) для образования корней у черенков**

*Объекты и оборудование:* 4–6 стеблевых одностебельных черенков (8–10 см длиной) легко укореняющихся комнатных растений одного вида (герань, традесканция, колеус и т.п.) или томата; четыре одинаковые стеклянные банки на 0,25–0,5 л; хорошо промытый песок; клейкая лента.

*Постановка опыта.* У каждого черенка отрезают 3/4 листовой пластинки верхнего крупного листа, остальные листья (кроме

верхушечного мелкого, если он имеется) удаляют целиком. Высаживают черенки поровну в две банки, наполненные сухим песком. В одной банке песок оставляют сухим, в другой – немного смачивают водой. Обе банки накрывают такими же банками и прикрепляют клейкой лентой (рис. 18). Опыт не следует ставить на солнечном окне. Образование корней у черенков происходит через 10–15 дней (в зависимости от температуры помещения).

*Демонстрация опыта.* Черенки извлекают из банок и сравнивают опытные растения с контрольными, пронося их по классу. Следует обратить внимание учащихся на то, что неполитые черенки за время опыта остались живыми – не высохли без воды, однако корни у них не образовались. Это убеждает учащихся в том, что развитие корней не произошло у опытных черенков из-за недостатка воды, а не в результате высыхания и гибели растений.

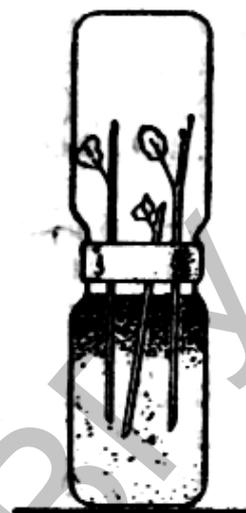


Рис. 18. Постановка опыта «Необходимость воды для образования корней у черенков».

#### 4.2. Необходимость доступа воздуха для образования корней у черенков

*Объекты и оборудование:* 6–8 недревесневших одностебельных черенков (8–10 см длиной) растений одного вида, имеющих шероховатую поверхность стебля (томат, колеус, герань, пеларгония); вазелин; две одинаковые стеклянные банки.

*Постановка опыта.* У всех черенков оставляют по 1–2 верхушечных листа, у крупных листьев срезают часть листовой пластинки. Опытные и контрольные черенки (по 3–4 штуки) ставят отдельно в банки, в которые затем наливают некипяченой воды несколько больше половины банки. У опытных черенков до помещения их в воду тщательно обмазывают вазелином всю поверхность стебля за исключением верхней трети или четверти черенка, не замазывая при этом срез стебля, через который в черенок будет поступать вода (рис. 19). За время опыта (10–15 дней) при комнатной температуре 18–20°C корни образуются только у контрольных растений.



Рис. 19. Результат опыта «Необходимость доступа воздуха для образования корней у черенков»: 1 – опытные растения; 2 – контрольные растения.

При *демонстрации опыта* следует сказать учащимся, что черенки многих растений не могут окореняться в воде, потому что для них недостаточно небольшого количества воздуха, растворенного в воде. В данном же опыте мы использовали такие растения, для окоренения черенков которых требуется мало воздуха, но если доступа его не будет совсем, корни не образуются, как это наблюдается у черенков, смазанных вазелином в нашем опыте.

### 4.3. Необходимость тепла для окоренения черенков

*Объекты и оборудование:* 6–8 стеблевых черенков (8–10 см длиной) легко укореняющихся в воде комнатных растений одного вида (колеус, герань, традесканция, бегония и др.) или томата; две одинаковые стеклянные банки с водой; термометр.

*Постановка опыта.* Все черенки надо подготовить как в предыдущем опыте. Затем их делят на две равные группы и ставят в банки с водой. Одну банку оставляют при комнатной температуре (18–20°C), другую – сохраняют при 5–6°C – при температуре, недостаточной для образования корней за время опыта (помещают в погреб, холодильник, между рамами окна и т.п.). Воду в банках меняют через каждые два дня.

*Демонстрацию опыта* можно проводить, когда начнут образовываться корни у черенков, находившихся при комнатной (благоприятной) температуре (через 10–15 дней). Сравнивая черенки обеих групп, учащиеся должны сделать вывод, что тепло является необходимым условием для окоренения черенков; если тепла недостаточно, то черенки не укореняются, несмотря на наличие других необходимых внешних условий – воды и воздуха.

Данный опыт можно поставить на черенках двух видов комнатных растений, отличающихся отношением к теплу при окоренении (например, бегонии и пеларгонии). Это позволит показать учащимся, что тепло – необходимое условие для окоренения черенков, но для разных растений потребность в тепле при этом различна.

**Контрольные вопросы.** 1. С какой целью черенки, помещенные в сухой песок, накрывают банкой? 2. С какой целью черенки замазывают вазелином?

## 5. ИЗУЧЕНИЕ СЕМЯН И ПРОРОСТКОВ

### 5.1. Опыты по изучению прорастания семян

#### 5.1.1. Набухание семян при прорастании

*Цель опыта* – показать поглощение воды семенами при набухании их.

*Объекты и оборудование:* семена фасоли или гороха; две одинаковые стеклянные банки на 0,2–0,3 л; полиэтиленовые крышки к банкам или пленка; нитки или резиновые кольца для крепления пленки.

*Постановка опыта.* В одной банке 10–15 семян заливают водой примерно до половины их высоты («по пояс»), в другой – столько же семян оставляют сухими – для сравнения в конце опыта. Обе банки закрывают крышками или пленкой, закрепляя последнюю нитками или резиновым кольцом. Продолжительность опыта один день. При демонстрации опыта на уроке отмечают большое увеличение размера набухших семян и поглощение ими всей воды, имевшейся в банке.

#### 5.1.2. Набухание семян в почве

*Цель опыта* – показать, что семена при набухании отнимают воду из почвы.

*Объекты и оборудование:* те же, что для предыдущего опыта, и дополнительно: почва; предмет, удобный для уплотнения почвы в банках.

*Постановка опыта.* На дно двух банок насыпают почву нормальной влажности слоем 1–1,5 см. В одной банке в почву зарывают 10–15 сухих семян. В обеих банках почву уплотняют и банки плотно закрывают полиэтиленовыми крышками или пленкой. Результат наблюдается через 1–2 дня.

При демонстрации опыта на уроке обращают внимание учащихся на то, что почва в банке с семенами разрыхлена и заметно иссушена (по сравнению с почвой в контрольной банке без семян), а семена набухли.

#### 5.1.3. Сила, развиваемая семенами при набухании

*Цель опыта* – показать, насколько велика механическая сила, создаваемая набухающими семенами.

*Объекты и оборудование:* семена гороха; небольшой стеклянный пузырек с пробкой; мелкий песок; пипетка аптечная; две деревянные планки; шпагат; полиэтиленовый мешочек.

*Постановка опыта.* Пузырек наполняют сухими семенами гороха и песком, добиваясь заполнения последним всех пустот среди семян. Это делают для того, чтобы разбухающие семена не могли за-

полнять пустоты, что уменьшило бы давление семян на стенки пузырька. Затем в пузырек пипеткой вливают воду до полного смачивания песка и, если потребуется, досыпают еще песок. Пузырек закрывают пробкой и зажимают его сверху и снизу деревянными планками, концы которых туго стягивают шпагатом (рис. 20), чтобы семена не вытолкнули пробку и не откололи дно пузырька, что снизило бы эффект. Всю установку помещают в полиэтиленовый мешочек. Через сутки пузырек оказывается расколотым.

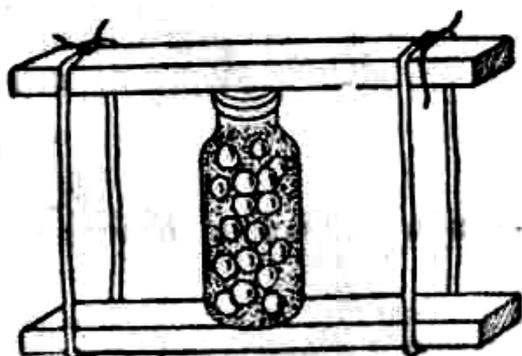


Рис. 20. Постановка опыта, демонстрирующего силу набухания семян.

#### 5.1.4. Необходимость для прорастания семян воды, тепла и доступа воздуха

*Цель опыта* – показать, что для прорастания семян необходимо наличие одновременно трех внешних условий – воды, тепла, воздуха.

*Объекты и оборудование:* семена гороха или фасоли, пшеницы, ржи; четыре одинаковые небольшие стеклянные банки или колбы, пузырьки; крышки или пробки к сосудам; кипяченая вода.

*Постановка опыта.* На каждую банку наклеивают этикетку с записью условий, создаваемых семенам: для банки № 1 – «Есть: вода, воздух, тепло», для банки № 2 – «Есть: воздух, тепло; нет воды», для банки № 3 – «Есть: вода, тепло; нет воздуха», для банки № 4 – «Есть: вода, воздух; нет тепла».

В каждую банку помещают 10–15 семян. В банки № 1 и № 4 наливают воду «по пояс» семенам, т.е. примерно до половины их высоты, у этих семян есть вода и доступ воздуха к ним. В банку № 3 наливают воду более чем на половину ее высоты, надежно лишая семена доступа воздуха. Все банки закрывают и ставят рядом в комнате, кроме банки № 4, которую помещают в холодное место (в холодильник, между рамами окна или вне помещения). Продолжительность опыта 2–3 дня (для фасоли – лишь при температуре выше 18°C, при более низкой – 5–7 дней).

*Демонстрация опыта.* На уроке отмечают, что семена проросли в банке № 1, где у них были вода, тепло и доступ воздуха, и не проросли в других банках, в каждой из которых не было какого-либо одного условия из имеющихся у проросших семян. Для этого сравнивают банку № 1 (условия в ней и результат опыта) поочередно с банками № 2, 3, 4. Обращают внимание учащихся на то, что только при та-

ком сравнении (варианта опыта, где получен ожидаемый результат, с вариантом, отличающимся от первого лишь одним условием) можно сделать неопровержимый вывод из опыта о необходимости того или иного условия для прорастания семян. Затем сравнивают (анализируют) все варианты опыта между собой, что позволяет сделать вывод о необходимости для прорастания семян одновременного наличия воды, тепла и воздуха вместе.

### **5.1.5. Проращивание семян при различной температуре**

*Цель опыта* – показать влияние температуры на прорастание семян.

*Объекты и оборудование:* семена теплолюбивых растений (фасоли, помидоров, кукурузы) и нетребовательных к теплу культур (гороха или ржи, пшеницы); 6–8 одинаковых банок из прозрачного стекла (из-под майонеза, горчицы) или чашек Петри; лоскуты ткани или промокательная бумага; газетная бумага (для изготовления крышек к банкам); нитки или резиновые кольца к банкам; шпагат; термометр.

*Постановка опыта.* Дно банок выстилают лоскутом ткани или промокательной бумагой, сложенной в несколько слоев. В 3–4 банки помещают по 10–15 семян теплолюбивых растений одного вида, в другие 3–4 – по столько же семян нетребовательной к теплу культуры. В каждые 3–4 банки наливают воды поровну и столько, чтобы она не покрывала семена «с головой». Закрывают банки крышками из нескольких слоев газетной бумаги и помещают их в условия с различной температурой: 2–6°C (в холодильник, подвал), 10–15°C (между рамами, вне помещения), 18–20, 24–26°C (у батареи отопления, в комнатной тепличке). Для расположения банок у батареи отопления их удобно подвешивать на шпагате на той высоте, где имеется необходимая температура. Продолжительность опыта 5–7 дней.

## **5.2. Опыты по изучению дыхания семян**

### **5.2.1. Поглощение кислорода при дыхании прорастающих семян (опыт с лучинкой)**

*Цель опыта* – показать, что прорастающие семена дышат, поглощая кислород из воздуха, как корни, листья и другие органы растения.

*Объекты и оборудование:* зерна ржи (пшеницы, ячменя) или семена гороха, фасоли из расчета одно зерно (семя) на каждые 2–3 см<sup>3</sup> объема используемых сосудов; две одинаковые колбы, бутылочки из прозрачного стекла объемом от 100 см<sup>3</sup> и более с диаметром отверстия не менее 12 мм; пробки к сосудам – резиновые или изготовленные из пластилина; лучинки; спиртовка.

*Подготовка опыта.* Семена замачивают в воде (см. раздел II). Через 1–2 дня набухшие или наклюнувшиеся семена помещают в один сосуд. Второй сосуд (контрольный) оставляют без семян, предвари-

тельно сполоснув его водой. Оба сосуда закрывают плотно пробками и ставят рядом в темное или слабо освещаемое место (чтобы появляющиеся ростки не позеленели). Продолжительность опыта для набухших семян – 2–3 дня, для наклонувшихся – 1–2 дня.

При *демонстрации опыта* в обоих сосудах проверяют наличие кислорода с помощью зажженной лучинки. Как это сделать лучше, объясняется в описании опыта по дыханию корней (см. опыт 2 8).

### **5.2.2. Выделение углекислого газа при дыхании прорастающих семян (опыт с известковой водой)**

*Цель опыта* – показать, что прорастающие семена выделяют углекислый газ при дыхании, как корни, листья и другие органы растения.

*Объекты и оборудование:* объекты те же, как для предыдущего опыта, но во вдвое меньшем количестве; химические пробирки с пробками (резиновыми или из пластилина); лоскут бинта (марли); нитки; известковая вода.

*Постановка опыта.* Семена замачивают в воде. Через два дня, когда они наклонутся, две порции их – по 5–6 зерен или по 1–2 семени на пробирку объемом около 20 см<sup>3</sup> – завертывают в два маленьких мешочка из бинта, подвязав каждый мешочек к нитке длиной 20–25 см. Мешочки смачивают водой и помещают каждый в свою пробирку (мешочек должен свободно входить в нее). Семя фасоли или гороха можно подвесить к нитке (вместо помещения в мешочек), проколов иглой семядолю. Вторая пробирка с семенами служит для повторности – на случай неудачи с первой. Третью пробирку (контрольную) споласкивают и оставляют без семян. Все пробирки закрывают плотно пробками, оставляя конец нитки снаружи, и кладут рядом. Продолжительность опыта 1–2 дня.

*Демонстрация опыта.* На уроке семена осторожно (чтобы не вытеснить весь воздух из пробирки) извлекают за нитку из пробирки. Это можно сделать на воздухе, держа пробирку дном вниз, но лучше – под водой, опустив пробирку отверстием в кипяченую воду (как в опыте по дыханию листьев). Затем в эту пробирку и в контрольную наливают поровну известковую воду – 1–2 см по высоте пробирки, закрывают их и встряхивают одновременно до тех пор, пока не появится явное помутнение известковой воды.

**Контрольные вопросы.** 1. Почему в опыте 5.1.1 семена заливают водой только наполовину? 2. Для чего в опыте 5.1.3 в банку с горохом насыпают песок? 3. Какие банки нужно сравнивать между собой, чтобы сделать вывод о необходимости того или иного условия для прорастания семян в опыте 5.1.4?

### 5.3. Опыты по изучению проростков

#### 5.3.1. Рост и дыхание проростков

*Цель опыта* – показать, что дыхание необходимо для роста проростков.

*Объекты и оборудование:* объекты – такие же, как для предыдущего опыта; две (четыре) пробирки с пробками; прибор для получения углекислого газа; кристаллизатор или тазик с водой.

*Постановка опыта.* В две (четыре) предварительно смоченные водой пробирки помещают по одному проросшему семени, отмечают (записывают) длину корня и ростка. В одной (двух) пробирке оставляют атмосферный воздух, а в остальных заменяют его на углекислый газ (способом вытеснения воды), исключая тем самым возможность дыхания семян в этих пробирках. Все пробирки закрывают плотно пробками и кладут рядом. Продолжительность опыта 2 дня. У контрольных растений (дышащих) наблюдается прирост, а у опытных – нет.

#### 5.3.2. Изменение запасных веществ в семени при росте проростков

*Цель опыта* – показать, что запасные вещества семени расходуются по мере роста проростков на их рост.

*Объекты и оборудование:* семена гороха или фасоли, злаков; банка или пробирки с водой, подготовленные для выращивания растений, или вазоны с песком; фильтровальная или промокательная бумага; аптечная настойка йода; пинцет; металлическая пластинка (крышка от банки).

*Постановка опыта.* Несколько (10–20) семян одной культуры замачивают в воде. На следующий день определяют крахмал у набухших семян, а еще через день – у наклюнувшихся, т.е. начавших прорастать. Затем оставшиеся семена высевают в песок или высаживают на воду, когда корни достигнут длины 1,5–2 см. Выращивать растения лучше в затененном месте. Следующие определения крахмала в семядолях (или в эндосперме) проводят, когда появятся проростки, и далее через каждые 3–4 дня – до полного истощения запасов в семени.

Крахмал определяют слабым раствором аптечной настойки йода в воде. Содержимое эндосперма или часть семядоли тщательно растирают с каплей воды (это удобно делать ручкой пинцета на металлической пластинке (крышке) и переносят в виде мазка на промокательную бумагу. Ткани растения осторожно удаляют с бумаги, а на остаток мазка капают раствор йода. О количестве крахмала судят по степени окрашивания мазка (от черно-синего до бледно-серого цвета). На бумажке пишут дату и состояние (фазу роста) растения. К концу опыта набирается 5–6 бумажек-проб.

При демонстрации опыта на уроке вновь действуют йодом на все бумажки (пробы) и сравнивают их.

### **5.3.3. Рост проростков с различным количеством питательных веществ в семени**

*Цель опыта* – доказать, что рост проростков происходит за счет запасных веществ семени.

*Объекты и оборудование:* проросшие семена фасоли или гороха с корнем длиной 1–2 см; банка для выращивания растений на воде или четыре (восемь) одинаковые пробирки, установленные в штативе или в банке; пластилин; лезвие безопасной бритвы; линейка.

*Постановка опыта.* Подбирают четыре семени примерно одинаковых по величине семядолей и длине корешка. У одного семени срезают обе семядоли, у другого – полторы, у третьего – одну семядолю, четвертое семя оставляют целым. Целесообразно продублировать опыт – поставить его повторно (на восьми семенах). Все семена высаживают в банку с водой или по одному в пробирки, укрепляя их с помощью пластилина (см. раздел II). Можно высеять семена в песок, но опыт на воде нагляднее, так как хорошо видны рост и размеры не только побега, но и корневой системы.

Растения помещают в слабо освещаемое место, чтобы исключить рост за счет фотосинтеза. Продолжительность опыта 2–3 недели. Если растения выращивают в одной банке, то по окончании опыта их извлекают и располагают в определенном порядке на листе картона.

*Демонстрация опыта.* На уроке обращают внимание не только на высоту проростков, но и на толщину стебля, и размер листовой пластинки листьев, от которых зависит питание проростков за счет фотосинтеза в дальнейшем.

**Контрольные вопросы.** 1. Что доказывает опыт 5.3.1? 2. Почему в опытах 5.3.2, 5.3.3 проростки помещают в слабоосвещенное место, а не на солнце?

## IV. ОПЫТЫ ПО РАЗДЕЛУ «ЖИВОТНЫЕ»

### 1. ОПЫТЫ С БЕСПОЗВОНОЧНЫМИ ЖИВОТНЫМИ

#### 1.1. Изучение реакций дождевого червя на действие различных раздражителей

*Цель* – изучить реакции дождевых червей на свет и влагу.

*Объекты и оборудование:* дождевые черви (см. Приложение 4); самодельный стеклянный садок, лампа мощностью 100 Вт, светонепроницаемая бумага, стиральный порошок.

*Постановка и проведение опыта.* Необходимо изготовить специальный садок. Для этого два небольших куска стекла с помощью реек и проволоки скрепляют так, чтобы получился садок с расстоянием между стенками не более 1 см.

Для выяснения реакции на свет в садок насыпают перегнойной земли и помещают 5–10 дождевых червей. Червей надо класть на поверхность почвы, здоровые черви обязательно уйдут в землю, а больные останутся. Почву в садке необходимо увлажнить и поддерживать в таком состоянии на протяжении опыта. Одну часть садка закрывают светонепроницаемой бумагой и освещают мощной лампой. Через некоторое время увидим, как все черви переместятся в затененную часть садка. Этот опыт демонстрирует отрицательную реакцию червей на действие света.

Реакцию червей на уменьшение влаги в почве можно наблюдать, если перестать увлажнять почву в садке и довести ее до полного иссушения. В этом случае черви соберутся вместе в один плотный клубок (в клубке легче поддерживать влажность). Смочив почву водой, понаблюдаем, как черви снова расползутся по всему садку.

#### 1.2. Изучение роли дождевых червей в перемешивании почв

*Цель* – доказать роль дождевых червей в перемешивании почвы.

*Объекты и оборудование:* 5–10 дождевых червей), 2–3-литровая банка или садок (см. предыдущий опыт); перегнойная земля, песок.

*Постановка и проведение.* В банку или садок на  $\frac{2}{3}$  насыпают перегнойную землю, затем сверху – 2–3 см песка. Землю и песок увлажняют и поддерживают влажность в течение всего опыта. Помещают в банку или садок 5–10 дождевых червей и ставят в темное место. Червей необходимо периодически подкармливать вареным картофелем, листьями чая, оставшимися после заварки, тертой морковью. По ходу опыта садок или банку осматривают, записывают наблюдаемые

изменения, отмечая, когда черви начали выносить наружу частицы земли, пропущенные через кишечник. Постепенно граница, разделяющая слой песка и земли, делается все менее различимой и через месяц исчезает совсем. Результаты, полученные в ходе опыта, учащиеся оформляют в таблицы и делают сообщения на уроке.

Таблица 2

### **Перемешивание почвы дождевыми червями**

<b>Наблюдаемые явления</b>	<b>Дата наблюдения</b>
1. Появление первых комочков земли на песке	
2. Начало исчезновения границы «песок – земля»	
3. Полное исчезновение границы «песок – земля»	

### **1.3. Изучение роли дождевых червей в повышении плодородия**

*Цель* – выяснить способность дождевых червей образовывать в почве плодородный перегнойный слой.

*Объекты и оборудование:* 5–10 дождевых червей; 2–3-литровая банка или садок; промытый песок; корм для червей.

*Постановка и проведение.* В банку или садок насыпают промытого песка (без примесей глины) и земли. Помещают 5–10 дождевых червей и кормят их вареным картофелем, опавшими листьями, хлебом, смоченным в молоке. Корм не надо зарывать в песок, а следует располагать на его поверхности. Здоровые черви тащат кусочки пищи в свои норки.

Через 1,5–2 месяца учащимся дается задание измерить толщину образованного червями перегнойного слоя и ответить на вопрос: «Какое значение для растений и для животных, обитающих в почве, имеет деятельность дождевых червей по образованию перегнойного слоя?».

### **1.4. Изучение ответных реакций моллюсков на действие химических раздражителей**

*Цель* – изучить ответные реакции моллюсков на действие химических раздражителей.

*Объекты и оборудование:* наземные моллюски; стекло размером 20×30 см; листья алоэ или пеларгонии; корка апельсина или мандарина; раствор разбавленной уксусной кислоты (на выбор), листья огурцов или салата.

*Проведение и демонстрация опыта.* В качестве объектов опыта удобно использовать крупных наземных брюхоногих моллюсков – виноградную улитку или улитку ахатину. Моллюсков выпускают на кусок стекла и ждут, когда они начнут ползать. Затем перед ними по стеклу проводят черту срезом листа алоэ или пеларгонии (можно ис-

пользовать корку апельсина или мандарина). Учащиеся наблюдают, как моллюски, доползая до черты, останавливаются, а затем поворачивают в сторону. Опыт доказывает наличие у моллюсков хорошо развитого обоняния и наглядно демонстрирует их отрицательную реакцию на едкий сок алоэ или эфирные масла, содержащиеся в корках цитрусовых. В качестве химического раздражителя с успехом можно использовать раствор разбавленной уксусной кислоты.

Можно усложнить опыт. Для этого очертим на стекле соком алоэ окружность вокруг улитки. Улитка будет двигаться по замкнутому кругу, не найдя свободного выхода из него, изгибая тело дугой и не касаясь черты, переступит через препятствие и продолжит движение.

Улиток привлекает запах листьев некоторых растений, например, улитка ахатина положительно реагирует на запах листьев огурцов или салата. Если провести по стеклу дорожку соком этих растений, то улитка будет двигаться по ней, не сворачивая в стороны. Так можно «заставить» улитку следовать в нужном направлении. В конце опыта учащиеся делают вывод о способности некоторых наземных брюхоногих моллюсков воспринимать запахи и реагировать на них.

### **1.5. Выяснение способности водных улиток переносить высыхание водоема**

*Цель* – доказать способность некоторых брюхоногих моллюсков временно переносить полное высыхание водоема.

*Объекты и оборудование:* большой прудовик и роговая катушка; стеклянная банка или аквариум; вода; эксикатор; хлористый кальций.

*Проведение опыта.* Чрезвычайно хорошо развита способность у большого прудовика и роговой катушки, которых можно найти практически в любом водоеме, сильно заросшем водными растениями. Пойманных моллюсков выпускают в банку или аквариум с водой и постепенно понижают уровень воды в нем. Когда воды не останется совсем, большого прудовика можно поместить в эксикатор с хлористым кальцием для поглощения влаги). Прудовик выделит плотную пленку, заклеивающую отверстие раковины, и в таком состоянии может находиться до одного месяца.

Роговая катушка в отличие от прудовика приклеивается устьем раковины к различным предметам или стеклу аквариума и переносит отсутствие воды до трех месяцев. При этом тело моллюска постепенно усыхает и в конечном итоге занимает 1/3 части раковины, что хорошо заметно через полупрозрачные ее стенки. Если аквариум или банку вновь наполнить водой, то защитная пленка растворится, и катушка начнет передвигаться и питаться.

## **1.6. Выяснение способности беззубки к фильтрации воды в аквариуме**

*Цель* – доказать способность беззубки к фильтрации воды.

*Объекты и оборудование.* Беззубка в аквариуме или банке с водой с песчаным грунтом.

*Проведение опыта.* Литровую банку с водой ставят за две недели до опыта на яркий солнечный свет. На ее стенках вскоре появится налет зеленых водорослей. Налет водорослей соскабливают со стенок банки и взбалтывают воду до однородного состояния. Затем насыпают в банку 2–3 см хорошо промытого речного песка и помещают в нее беззубку. В дневник опыта записывают точное время его начала. Периодически отмечают изменения состояния воды в банке. Беззубка, питаясь зелеными водорослями, взвешенными в воде, прогоняет воду много раз через вводной и выводной сифоны. Приблизительно через 2–3 суток вода в банке станет прозрачной. Точно зная объем отфильтрованной во время опыта, можно высчитать скорость фильтрации беззубки. Вместо банки беззубку можно поместить в аквариум с «зацветшей» водой. Беззубка довольно быстро очистит воду от зеленых водорослей.

## **1.7. Выяснение способности дафний к фильтрации воды**

*Цель* – доказать способность дафний к фильтрации воды.

*Объекты и оборудование.* Банка емкостью 1 л, дафнии, щепотка сухих дрожжей, марля.

*Проведение опыта.* В данном опыте, проводимом во внеурочное время, учащиеся по заданию учителя выясняют способности дафний к фильтрации определенного объема воды. Дафний отлавливают из неглубоких водоемов – луж, канав, заполненных водой, сачком из капрона. Несколько десятков крупных дафний помещают в банку. Затем берут немного сухих дрожжей, заворачивают их в марлевый мешочек и разбалтывают в банке с водой до появления слегка заметной мути. Банку ставят около окна и наблюдают за изменением состояния воды. Дафнии питаются дрожжами и, пропуская воду через свой кишечник, очищают ее от мути. Примерно через неделю вода в банке станет прозрачной.

## **1.8. Выяснение роли мух как переносчиков инфекций**

*Цель* – выяснить возможность переноса мухами инфекций.

*Объекты и оборудование:* живые мухи, три банки, пробирки, клубень картофеля, хлеб с плесенью, немного муки.

*Проведение опыта*

*Вариант I.* На дно одной банки насыпают немного муки и помещают в нее несколько мух. Мухи начнут летать в банке, быстро испачкаются в муке и упадут на дно. Все их попытки забраться на стен-

ки банки завершатся неудачей. Причина этого – мука, прилипшая к щетинкам и присоскам лапок. В другой банке, в которой муки не было, мухи беспрепятственно ползают по ее стенкам, не сваливаясь на дно. Из эксперимента учащиеся делают вывод, что удерживают мух на гладкой вертикальной поверхности присоски с клейкой жидкостью на лапках. В третью банку помещают наклонно кусочек крупной наждачной бумаги и пересаживают туда мух, испачканных в муке. Мухи довольно быстро очистят свои лапки и тело от прилипших частиц, и следы останутся на бумаге в виде светлых пятен. Из опыта учащиеся делают вывод о переносе мухами на лапках пылевых частиц, которые могут содержать болезнетворных бактерий.

*Вариант II.* В три пробирки помещают кусочки клубня картофеля, заливают их водой и кипятят до получения однородной густой массы. Закрывают пробирки ватными пробками (ватные пробки проносят в пламени газовой или спиртовой горелки). В первую пробирку впускают муху, которая перед этим сидела на хлебе с плесенью. Во вторую пробирку вносят кусочки плесени, взятой с того же куска хлеба. Третью пробирку оставляют в качестве контрольной. По мере опыта учащиеся отмечают развитие плесени в первой и второй пробирках и ее отсутствие в третьей и делают вывод о роли мух как переносчиков спор плесневых грибов на пищевые продукты.

**Контрольные вопросы.** 1. Какое значение в жизни дождевых червей имеет отрицательная реакция на свет? 2. Какое значение для роста растений имеет деятельность дождевых червей по перемешиванию почвы? 3. Какие особенности строения водных моллюсков позволяют им переносить временное отсутствие воды?

## 2. ОПЫТЫ С ПОЗВОНОЧНЫМИ ЖИВОТНЫМИ

### 2.1. Влияние окраски грунта на изменение окраски тела рыбы

*Цель* – выяснить, как влияет окраска грунта на изменение окраски тела рыб.

*Объекты и оборудование:* аквариум с грунтом из светлого песка или светлой гальки и аквариум с грунтом из темной гальки, 4–6 бычков ротанов-головешек, черная и белая бумага.

*Проведение опыта.* Заранее оборудуют два аквариума со светлым и темным грунтом (мелкие светлые и темные камешки нужно набрать летом на отмелях реки). В каждый из них помещают одинаковых по окраске 2–3 ротана. Для получения большей разницы в окраске

рыб нижнюю часть аквариумов (до половины) закрывают соответственно белой и черной бумагой.

Изменения в окраске тела рыбы происходят вследствие расширения и сужения пигментных клеток, находящихся в ее чешуе; сигналы об изменении окраски окружающей среды поступают через органы зрения.

После изменения окраски можно поместить рыб в один аквариум и проследить, не исчезнут ли приобретенные различия в окраске.

В процессе проведения опыта учащиеся приходят к выводу о том, что на темном грунте рыбы становятся темнее, а на светлом – светлее по сравнению с контрольными рыбами; при помещении рыб (разных по интенсивности окраски тела) в контрольный аквариум происходит исчезновение различий между ними.

Длительность проведения опыта может быть разной, так как у одних рыб различия в окраске появляются через 3–5 дней, у других – через несколько недель.

## **2.2. Влияние температуры воды на окраску тела рыбы**

*Цель* – выяснить, будет ли изменяться окраска тела рыбы в зависимости от изменения температуры воды грунта.

*Объекты и оборудование:* два аквариума; электрический подогреватель с терморегулятором; 4–6 одновозрастных макроподов или других рыб (ротаны-головешки, караси, гурами, лялиусы).

*Проведение опыта* предлагают нескольким учащимся. Для опыта оборудуют два небольших аквариума. Воду в одном из них подогревают электрическим подогревателем с терморегулятором. Когда вода в каждом из аквариумов достигнет заданной температуры (комнатной и температуры, превышающей ее на 10°C), в них помещают по 2–3 рыбки одного вида и одинаковой окраски и наблюдают, будут ли появляться различия между ними, через какое время это произойдет.

При проведении опыта учащиеся делают вывод о том, что при температуре воды 17–20°C окраска рыб менее выражена, чем при температуре 22–24°C. Окраска рыб изменяется быстро – в течение часа.

## **2.3. Выработка условных рефлексов на действие различных раздражителей**

*Цель* – выработать условные рефлексы у рыб на звуковой и световой раздражители.

*Оборудование и объекты.* Аквариум с несколькими рыбами одного или разных видов; фонарик; лампочки с рефлекторами; синий и красный красители.

*Проведение опыта.* 1. Перед проведением опыта по выработке условного рефлекса на звук рыб нужно на несколько дней оставить без корма. Затем перед каждым кормлением следует стучать по стенке аквариума монетой или другим металлическим предметом и, наблюдая за поведением рыб, давать им понемногу корма. Опыт проводится ежедневно. После того как рыбы съедят корм, им дается еще небольшая порция при постукивании о стенку аквариума.

Кормить рыб следует в одном и том же месте. Время между действием условного раздражителя и его подкреплением с каждым кормлением нужно постепенно увеличивать. Условный рефлекс считается выработанным, когда рыбы после сигнала собираются у места кормления при отсутствии там корма.

2. Примерно так же, как и на звук, проводится выработка условного рефлекса на свет. Снаружи стенки аквариума укрепляют лампочку от карманного фонаря. Чтобы свет не распространялся во все стороны, можно сделать небольшой рефлектор – конус из кусочка фольги, наклеенного на плотную бумагу. Лампочка проводками соединяется с батареей.

Перед опытом рыб не кормят 1–2 дня. Учащимся предлагается включить свет, наблюдать, как будут вести себя рыбы, а затем дать им немного корма. Опыт повторяется несколько раз в день. При этом отмечается, как меняется поведение рыб, через сколько дней они сразу же после светового сигнала будут приплывать к месту кормления.

#### **2.4. Обнаружение пор в скорлупе куриного яйца**

*Цель* – выяснить наличие пор в скорлупе и их примерное количество на тупой и острой ее частях.

*Объекты и оборудование:* два вареных куриных яйца; чайная ложка; черная тушь.

*Проведение опыта.* Учащимся рекомендуется взять два вареных яйца. Одно из них нужно надбить с острой стороны и, увеличив отверстие, чайной ложкой извлечь содержимое. Второе яйцо надбивается с тупой стороны, и его содержимое тоже извлекается чайной ложкой. Теперь в скорлупу от первого и второго яиц нужно налить до половины черной туши, вдвое разбавленной водой, поставить скорлупу в маленькие стаканчики так, чтобы содержимое не вылилось, и наблюдать, появятся ли снаружи черные точки, а если появятся, то в какой части скорлупы их больше – в тупой или острой.

Выполняя опыт, школьники убеждаются в том, что в скорлупе куриного яйца имеется большое количество пор, и устанавливают, что в тупой части скорлупы они размещены гуще, чем в острой.

## 2.5. Выработка условных рефлексов у птиц на звуковые сигналы

*Цель* – выработать условные рефлексы у птиц на звуковые сигналы.

*Объекты и оборудование:* волнистые попугайчики или другие птицы в клетке.

*Проведение опыта.* Выработку условных рефлексов можно проводить у любых птиц, содержащихся в уголке живой природы. В качестве условных раздражителей используют различные звуковые сигналы, в том числе произносимые экспериментатором слова. Схема проведения опытов по выработке условных рефлексов примерно одинакова. Например, дают прирученной птице лакомый корм и в это время произносят ее кличку. Корм дают незначительными порциями с руки или в выдвижную кормушку. Кличку произносят несколько раз при выдаче каждой порции корма. Опыт проводят ежедневно. При этом наблюдают, через сколько дней птица начнет реагировать на кличку, в чем будет проявляться ее поведение.

При проведении описанного опыта учащиеся убеждаются в том, что птицы могут хорошо реагировать на различные звуки и что у них вырабатываются условные рефлексы на слова, произносимые экспериментатором. Реакция птиц на кличку, подкрепляемую кормлением, выражается в том, что они, услышав ее, сразу же слетают к месту кормления, положительно реагируют на экспериментатора.

## 2.6. Выработка условного рефлекса у птиц на время кормления

*Цель* – выработать условный рефлекс у птиц на время кормления.

*Объекты и оборудование:* кормушка для подкормки птиц, установленная недалеко от окна наблюдателя.

*Проведение опыта.* Учащимся можно предложить выработать у воробьев, синиц или уличных голубей условный рефлекс на время кормления. Прежде всего, нужно сделать кормовой столик или подвесную кормушку с крышей и бортиками, повесить ее в удобном для наблюдений месте и регулярно подкармливать птиц. После того как птицы привыкнут к кормушке, можно начать проводить опыт. Кормление птиц нужно проводить в строго определенное время (или утром, до ухода в школу, или после окончания занятий). Корма давать столько, чтобы птицы съели его за 15–20 мин. Остатки корма из кормушки следует удалять. Задача опыта – выяснить, будут ли птицы собираться у кормушки ко времени кормления и через сколько дней это произойдет.

Корм в кормушки кладут в зависимости от того, каких птиц решено подкармливать. Для синиц нужно заготовить арбузные и тыквенные семена, для снегирей и свиристелей – плоды рябины.

У птиц, живущих около жилья человека, интересно выработать рефлекс на звонок. Перед тем как насыпать корм в кормушку, нужно позвонить в колокольчик и наблюдать, какие птицы и как отреагируют на него. В то время, когда они начнут потреблять корм, позвонить еще раз. В последующие дни опыт повторяется. Учащимся рекомендуется выяснить, сколько времени потребуется на это.

В процессе проведения опыта учащиеся делают вывод о том, что птицы могут собираться у кормушки ко времени кормления или прилетать к ней, услышав звуковой сигнал.

## **2.7. Выяснение условий размножения волнистых попугайчиков**

Волнистые попугайчики – стайные птицы, дуплогнездники. Инстинкт размножения у них проявляется в декабре, так как в это время на их родине наступает весна. Эти обстоятельства следует учитывать при содержании попугайчиков в неволе и проведении опытов над ними.

*Цель* – выяснить условия размножения волнистых попугайчиков.

*Объекты и оборудование:* клетка с волнистыми попугайчиками; 2 зеркала; кусок картона с нарисованным и закрашенным черной тушью летком (по размеру летка дуплянки); дуплянка.

*Проведение опыта.* Пара попугайчиков (самец и самка), достигших полового возраста, обычно не приступает к размножению в отсутствие других сородичей. В связи с этим можно предложить учащимся провести следующий опыт. К двум стенкам снаружи подвесить зеркала и наблюдать, изменится ли поведение птиц. Затем с наружной стенки клетки нужно поместить картонку с изображением летка дуплянки и выяснить, как подопытные животные будут вести себя теперь. Если у птиц будет проявляться инстинкт размножения, в клетку или снаружи ее нужно подвесить дуплянку так, чтобы птицы могли в нее залетать.

Задания по проведению описанных опытов даются учащимся как внеурочные в конце ноября. В процессе их выполнения они делают выводы о том, что птицы, в частности волнистые попугайчики, приступают к размножению при действии определенных сигналов. Такими сигналами для волнистых попугайчиков служат вид дупла, наличие других особей вида, определенное время года. О результатах опытов они могут рассказать при изучении размножения птиц.

## **2.8. Выработка у белых мышей (хомяков, белых крыс) рефлекса на звуковой сигнал**

*Цель* – выработать условный рефлекс на звуковой сигнал.

*Объекты и оборудование:* клетка с белыми мышами или другими мелкими зверьками; кормовой столик или полочка; лесенка из деревянных планочек, поставленная к столику или полочке.

*Проведение опыта.* В клетке с белыми мышами делают столик или подвешивают полочку и приставляют к ним деревянную лесенку. Два дня мышам не дают корм, а на третий кладут на полочку немного вареного картофеля или кусочек хлеба и звонят в колокольчик. Когда мыши соберутся на столике и начнут есть корм, звонить продолжают. Как только мыши съедят корм (его нужно класть немного), снова звонят в колокольчик, на столик кладут еще одну порцию.

Опыт продолжают вести до тех пор, пока мыши не будут бежать на полочку или столик при отсутствии на них корма сразу же после того, как зазвучит колокольчик. Учащимся предлагается выяснить, через сколько сеансов (сочетаний кормления со звоном колокольчика) у мышей выработается стойкий условный рефлекс.

## **2.9. Выработка у морских свинок условного рефлекса на вид бумажных пакетиков**

*Цель* – выработать условный рефлекс на вид бумажных пакетиков.

*Объекты и оборудование:* морская свинка; коробочка из тонкой жести (6×4×2 см); морковь.

*Проведение опыта.* В жестяную коробочку плотно друг к другу ставят бумажные пакетики, подобные тем, в которых в аптеках продаются порошки. Коробочку подносят к морской свинке и следят за ее поведением. Если свинка вытаскивает один или несколько пакетиков, то ей дают тоненький ломтик моркови.

В случае если морская свинка не будет реагировать на пакетики, то между ними помещают тоненькие ломтики моркови и снова к ней подносят коробочку. При каждом вытаскивании свинкой пакетиков ей дают дополнительно ломтик моркови.

Опыт повторяют несколько раз в течение 2–3 дней. В последующие дни количество ломтиков моркови уменьшают, а затем не кладут их, а только натирают ими пакетики. Вскоре все пакетики в коробочке заменяют на чистые, без морковного запаха, и выясняют, будет ли морская свинка вытаскивать их.

Опыт считается законченным в случае, если морская свинка будет вытаскивать из коробочки свежие пакетики и получать за это пищевое вознаграждение.

Дрессированную морскую свинку можно продемонстрировать в классе, а затем – на каком-либо школьном вечере. При этом для большего интереса внутри пакетиков можно написать различные шуточные пожелания, а перед выступлением сказать, что свинка обладает способностью предсказывать предстоящие перемены в их жизни.

**Контрольные вопросы.** 1. Какое значение для жизни в естественных водоемах имеет способность рыб изменять интенсивность окраски в зависимости от окраски грунта? 2. Почему условные рефлексы образуются при условии одновременного действия безусловного рефлекса?

## **V. ОПЫТЫ ПО РАЗДЕЛУ «ЧЕЛОВЕК И ЕГО ЗДОРОВЬЕ»**

### **1. ОПЫТЫ ПО ТЕМАМ «НЕРВНАЯ СИСТЕМА», «ОРГАНЫ ЧУВСТВ»**

#### **1.1. Получение коленного рефлекса**

*Цель опыта* – показать особенности рефлексов спинного мозга: их врожденную, анатомически закрепленную связь между определенным рецептором и исполнительным органом.

*Проведение опыта.* Испытуемый садится на стул и кладет ногу на ногу (рис. 21). Мышцы исследуемой конечности должны быть расслаблены. Резиновым молоточком отрывисто ударяют по сухожилию чуть ниже коленной чашечки. Нога в коленном суставе резко разгибается. Если рефлекс слабо выражен, предлагают испытуемому сцепить пальцы обеих рук и растягивать. Коленный рефлекс усилится.

**Выводы.** Коленный рефлекс проявляется лишь в том случае, если растягивается сухожилие четырехглавой мышцы. Тогда в рецепторах возникают нервные импульсы, которые по чувствительным нейронам поступают в спинной мозг, а затем по двигательным нейронам приходят к четырехглавой мышце.



Рис. 21. Коленный рефлекс человека.

## 1.2. Изучение глотательного рефлекса продолговатого мозга

Глотательный рефлекс относится к разряду вегетативных рефлексов. Он вызывается раздражением корня языка. Раздражителем может быть пища, вода, наконец, слюна. Без раздражения корня языка рефлекс не проявляется.

*Цель опыта* – выяснить причину глотательного рефлекса.

*Проведение опыта.* Испытуемым предлагают 4–5 раз сделать подряд глотательные движения. Когда в ротовой полости не остается слюны, воспроизвести рефлекс невозможно.

*Вывод.* Для воспроизведения глотательного рефлекса необходим раздражитель.

## 1.3. Мигательный и зрачковый рефлексы у человека

*Цель* – продемонстрировать безусловные рефлексы у человека.

*Оборудование:* резиновый молоточек, стул, штатив с дугообразной подставкой для фиксации головы, баллон с резиновой трубкой.

*Проведение опытов.*

**Мигательный рефлекс.** Испытуемый садится за стол, на котором установлен штатив с укрепленной дугообразной подставкой, и помещает подбородок на подставку.

Конец резиновой трубки, проводящей воздух из баллона, закрепляют на штативе на уровне глаза, в 5–10 см от него. Подбирают такую силу воздушной струи, которая вызовет безусловный защитный рефлекс мигания. Мигательный рефлекс глаза, не раздраженного струей воздуха, запаздывает.

**Зрачковый рефлекс.** Испытуемый садится лицом к свету (окну). Ему закрывают один глаз рукой и наблюдают за изменением зрачка открытого глаза. Зрачок расширяется. Отнимают руку – зрачок сужается.

*Вывод.* Зрачки способны рефлекторно сужаться и расширяться, обеспечивая оптимальную освещенность сетчатки при достаточном уровне освещения предметов.

## 1.4. Изучение рефлексов положения (позных рефлексов)

Рефлексы положения направлены на длительное поддержание сокращения групп мышц, определяющих данную позу. Нарушение позы вызывает действия, направленные на ее восстановление. Как и большинство сложных рефлексов, они осуществляются не одним ка-

ким-то отделом мозга, а многочисленными нервными центрами, находящимися на разных этажах центральной нервной системы. Для демонстрации позных и тонических рефлексов может быть использована поза Ромберга.

*Проведение опыта.* Учитель вызывает испытуемого к доске и предлагает ему одну ногу поставить перед другой так, чтобы носок ноги, стоящей сзади, прикасался к пятке передней ноги. Обе ступни располагаются на одной линии. Руки складываются в «замок», предплечья сближаются, глаза закрыты. Человек застывает в неудобной позе.

Рефлексы среднего мозга заключаются в том, что тонус мышц испытуемого непрерывно меняется: нарушение равновесия и отклонение в сторону вызывают рефлексы, которые восстанавливают устойчивость тела. Вначале эти движения для постороннего глаза незаметны, но хорошо ощущаются испытуемым по постоянному изменению мышечного тонуса. В конце опыта при потере равновесия испытуемый начинает балансировать руками либо отводит ногу в сторону.

**Вывод.** Всякое изменение тела в пространстве вызывает рефлекторную деятельность, направленную на поддержание прежнего положения. Если же восстановить прежнюю позу не удастся, проявляются рефлексы, которые предохраняют человека от падения.

### **1.5. Изучение функций мозжечка на примере пальценосовой пробы**

*Цель опыта* – разъяснить, как осуществляется координация работы мышц при выполнении целенаправленного движения.

*Проведение опыта.* Учитель предлагает испытуемому по команде закрыть глаза, вытянуть вперед руку, согнуть кисть в кулак, разогнуть указательный палец, а затем кончиком указательного пальца дотронуться до кончика носа.

После того как это проделано, учитель сообщает, что в этом нехитром движении участвовало более 30 мышц и 11 костей. Все они должны были двигаться так, чтобы выполнить определенную траекторию и попасть в цель.

**Вывод.** Мозжечок принимает участие в координации движений. Он контролирует очередность и порядок работы нервных центров спинного мозга, управляющих мышцами, направляя их деятельность таким образом, чтобы была достигнута цель. Благодаря координационной функции мозжечка каждая группа мышц вовремя включается в работу, развивает необходимое усилие и вовремя выходит из работы.

## 1.6. Выявление функций хрусталика

*Цель* – выяснить функции хрусталика.

*Оборудование:* лист белой бумаги 7×7 см с отверстием посередине. Вокруг отверстия по периметру пишутся буквы или цифры. Надпись на доске или настенная таблица.

*Проведение опыта.* Учитель предлагает взять белый листок бумаги и расположить его так, чтобы буквы, находящиеся по периметру отверстия, были хорошо видны. Затем учащимся предлагают закрыть один глаз, а вторым через отверстие в бумаге посмотреть на текст на доске или настенную таблицу. Буквы, написанные на листе бумаги, кажутся размытыми, теряют резкость. Они как бы находятся не в фокусе. Затем учащимся предлагают перевести взгляд на буквы, написанные на бумаге. Тогда нечеткой становится надпись на доске и изображение на настенной таблице.

*Вывод.* Хрусталик меняет кривизну в зависимости от расстояния предметов. Благодаря этому мы можем четко видеть интересные нас объекты на различном расстоянии.

## 1.7. Выявление функций периферического зрения (роль колбочек и палочек в восприятии цвета)

*Цель опыта* – показать, что расположенные на периферии сетчатки палочки способны различать форму и движение предмета, но не могут воспринимать цвет.

*Оборудование:* карандаши или ручки, окрашенные в разные цвета: красный, желтый, синий и др.

*Проведение опыта.* К доске вызывают испытуемого. Он фиксирует взгляд на точке, находящейся перед ним. Отводить глаза в сторону не разрешается. Затем берут красный предмет (ручку, карандаш), быстро показывают его испытуемому так, чтобы предмет был виден сбоку короткое время, и убирают его. Показывать надо так, чтобы изображение попадало на боковую поверхность сетчатки. Испытуемого спрашивают, что за предмет он видел, откуда он появился и куда исчез, какой формы он был, можно ли назвать этот предмет. Обычно на эти вопросы испытуемый отвечает верно. Затем задают вопрос: «Какого цвета был показанный предмет?». Нередко испытуемый ошибается, поскольку боковые участки сетчатки состоят из палочек, а колбочек, воспринимающих цвет, там мало. Если же испытуемый ответил на этот вопрос правильно, опыт надо повторить с предметом другого цвета и по возможности установить ошибку в проведении опыта. Обычно неудача происходит оттого, что предмет показывается

неправильно: либо слишком далеко заносится вперед, либо его держали очень долго и испытуемый успел соскочить на него глаза. Опыт получается лучше, когда испытуемый сидит на стуле, а экспериментатор находится несколько сзади и сбоку.

**Контрольные вопросы.** 1. Как осуществляются соматические и вегетативные рефлексy? 2. Почему зрачки обоих глаз реагируют на свет одинаково? 3. Почему при рассмотрении объекта периферическим зрением, плохо воспринимается цвет предмета?

## 2. ОПЫТЫ ПО ТЕМЕ «ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА»

### 2.1. Свойства декальцированной и прокаленной кости

Опыт ставят для того, чтобы учащиеся вспомнили признаки органического вещества и убедились, что удалить их можно выжиганием, второй опыт – чтобы показать, каким образом были удалены минеральные вещества для того, чтобы потом изучить свойства органических.

*Цель опыта* – изучить состав и свойства кости.

*Материалы и оборудование:* рыбья кость; куриная трубчатая кость; 5%-ный раствор HCl; набор прокаленных и вымоченных в соляной кислоте костей для лабораторной работы.

*Проведение 1-го опыта.* Рыбью кость помещают в пламя горелки, она обугливается. Это доказывает, что в состав кости входят органические вещества. После сгорания остается минеральный остаток. Следовательно, чтобы изучить минеральные вещества и определить их свойства, надо выжечь органические вещества кости.

*Проведение 2-го опыта.* На глазах школьников вываренную куриную кость помещают в 5%-ный раствор соляной кислоты. На доске записывают уравнения реакций:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2$ ;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{HCl} = 3\text{CaCl}_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4$ . После записи на доске классу демонстрируют кость в кислоте, на поверхности которой образовались пузырьки углекислого газа. Они свидетельствуют, что реакция началась. Затем школьникам показывают вымоченную заранее другую куриную кость (продолжительность вымачивания – 2–3 дня). Она должна быть подсушенной. Вымоченную в кислоте кость можно изгибать во всех направлениях и даже завязать в узел.

**Вывод.** Минеральное вещество твердое, но не обладает эластичностью, а поэтому крошится; органическое вещество эластично, легко гнется, но не обладает достаточной твердостью. Сочетание твердого и эластичного компонента придает костям прочность.

## 2.2. Изучение свойств трубчатой кости (выполняется на модели)

*Цель опыта* – показать, что трубка более прочна на сгиб и излом, чем равная ей по массе пластинка или стержень.

*Оборудование:* два химических штатива с кольцами; два одинаковых листа бумаги; разновесы; чашка от аптекарских весов; нитки.

*Подготовка и проведение опыта.* Для демонстрации данного опыта берут два химических штатива, к каждому прикрепляют кольцо, расположенное вертикально, и ставят штативы так, чтобы на кольца можно было положить исследуемый предмет для определения его прочности на сгиб, палочку или трубку. Чашка аптекарских весов прикрепляется в месте, равноудаленном от каждого из колец, т.е. по середине трубки или стержня (рис. 22).

К доске вызывают двух учащихся и каждому выдают по одинаковому листу бумаги. Первый учащийся делает из нее бумажный стержень, последовательно накручивая полоски бумаги шириной 0,5 см друг на друга, слой на слой. К середине стержня прикрепляют чашку аптекарских весов и испытывают его на прочность. Кольца следует отрегулировать так, чтобы стержень не сломался сразу. Для этого кольца надо приблизить друг к другу, сблизив химические штативы, затем на чашку весов накладывают груз до момента, пока стержень не согнется и не упадет. Второй учащийся делает из листа трубку диаметром от 0,5 до 1 см. К трубке прикрепляет чашку аптекарских весов вместе с грузом, который сломал бумажный стержень, а уж затем ставит дополнительные разновесы, пока трубка не согнется и не выпадет. Дополнительный груз бывает довольно большим.

**Вывод.** Трубка значительно прочнее, чем стержень такой же массы. Следовательно, трубчатое строение длинных костей обеспечивает сочетание большей легкости с высокой прочностью при наименьшей затрате материала.

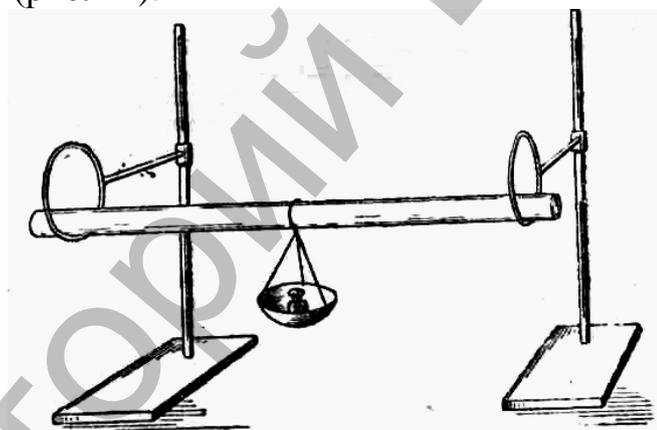


Рис. 22. Модельный опыт, показывающий, что бумажная трубка может выдержать большую нагрузку, чем бумажная полоска той же массы.

### 2.3. Определение времени наступления утомления при статической и динамической работе

*Цель опыта* – показать, что статическая работа более утомительна, чем динамическая, и изучить признаки утомления.

*Оборудование:* мел и 3–5-килограммовые гантели (последние можно заменить любым другим грузом, например, портфелем), секундомер.

*Проведение 1-го опыта.* Учитель вызывает в качестве испытуемого одного из учащихся к доске, предлагает ему взять в руку груз и держать его в отведенной в сторону руке. Поставить испытуемого надо близко к доске с таким расчетом, чтобы меловой линией отметить уровень, на котором будет удерживаться груз. После того как приготовления окончены, испытуемому надо по команде учителя отвести руку с грузом в сторону и закрыть глаза. Задача опыта состоит в том, чтобы измерить, сколько секунд испытуемый может продержать груз в руке, отведенной в сторону.

Секундомер включают в момент начала опыта и останавливают, когда испытуемый опустит руку. Во время опыта фиксируют признаки утомления. Внимание школьников обращают на то, что вначале колебания руки настолько незначительны, что их не удастся обнаружить. Однако по мере развития утомления они нарастают, рука опускается под тяжестью груза, а затем рывком возвращается на место, часто занимая положение выше меловой отметки. Покраснение лица, дрожь, снижение координации движений, из-за чего груз может выпасть из рук – все это признаки утомления.

После окончания опыта время удержания груза записывают на доске, испытуемому дают отдохнуть 5–10 мин, а затем приступают ко второму опыту.

*Проведение 2-го опыта.* Испытуемому предлагают той же рукой поднимать тот же груз до меловой отметки и опускать его в удобном для него ритме. Учащимся напоминают, что испытуемый устал и что после полноценного отдыха он мог бы проделать большую работу. По сигналу преподавателя включают секундомер, и испытуемый начинает работу. Однако дожидаться предельного утомления не следует: как только испытуемый превысит на 10–15 с результат, достигнутый при статической работе, опыт прекращают.

**Контрольные вопросы.** 1. Что является результатом, и что является выводом в опыте 2.1? 2. Почему статическая работа более утомительна, чем динамическая?

### 3. ОПЫТЫ ПО ТЕМЕ «СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА»

#### 3.1. Измерение скорости движения крови в капиллярах ногтевого ложа

*Цель опыта* – показать, что в капиллярах кровь движется значительно медленнее, чем в артериях и венах, что благоприятствует тканевому обмену.

*Оборудование:* сантиметровая линейка; часы с секундной стрелкой или секундомер.

*Проведение опыта.* Учащимся предлагают измерить длину от основания ногтя большого пальца до начала его прозрачной верхушки, которую обычно срезают. Потом предлагают сдвинуть ноготь большого пальца указательным с таким расчетом, чтобы выжать кровь из капилляров ногтевого ложа. При этом ноготь становится белым. После этого учитель предлагает определить время кровенаполнения. Учащиеся освобождают ноготь и тут же включают секундомер. Счет ведут до тех пор, пока ноготь не восстановит свою прежнюю розовую окраску. После подсчитывают скорость кровенаполнения. Для простоты расчетов будем считать, что длина капилляров равна длине ногтя. Разделив длину пути на время кровенаполнения, получим скорость крови. Примерно она равна 0,005 м/с. Скорость крови в аорте около 0,5 м/с, а в полых венах – 0,25 м/с.

Следует пояснить, что на самом деле скорость крови в капиллярах еще ниже, поскольку в опыте кровь двигалась не только по капиллярам, но и по мелким артериям (артериолам), скорость крови в которых несколько выше, чем в капиллярах.

**Вывод.** Кровь в капиллярах движется значительно медленнее, чем в артериях и венах.

#### 3.2. Исследование зависимости частоты пульса от физических нагрузок

*Цель* – определить частоту пульса в покое и при физической нагрузке.

*Оборудование:* секундомер.

*Проведение опыта.* В начале опыта ученики должны найти у себя пульс на лучевой или сонной артерии. Далее подсчитывают пульс в состоянии покоя и после 15 приседаний. В состоянии покоя пульс можно считать в течение 10, 15, 30 или 60-секундных интервалов. Затем делают 15 приседаний. Быстро садятся на стулья и подсчи-

тывают число пульсовых ударов за 10 секунд сразу после нагрузки, затем спустя 30, 60, 90, 120, 150, 180 секунд. Результаты эксперимента заносят в таблицу.

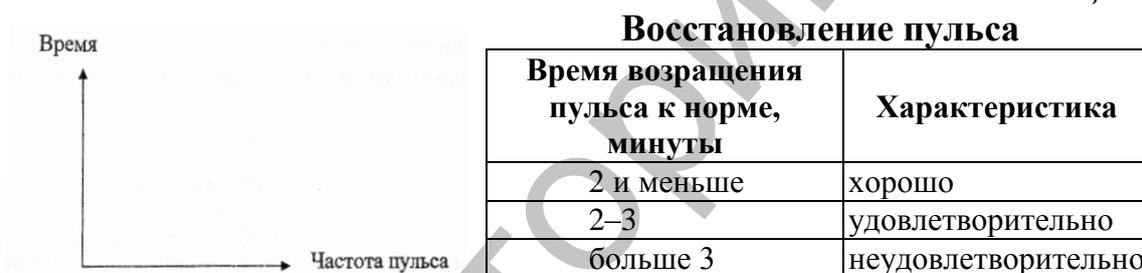
Таблица 3

### Динамика восстановления пульса

Значение пульса в покое, ударов/минуту	Значение пульса сразу после работы, ударов/минуту	Значение пульса через интервалы времени, ударов/минуту					
		0	0	0	20	50	80

На основании данных таблицы строят график. Определяют по графику, за сколько времени произошло восстановление пульса. Сравнивают полученные результаты с нормой (таблица 4.) Делают выводы.

Таблица 4



**Контрольные вопросы.** 1. Какое значение имеет медленное движение крови в капиллярах? 2. Почему учащается пульс при физических нагрузках?

## 4. ОПЫТЫ ПО ТЕМЕ «ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА»

### 4.1. Определение жизненной емкости легких

*Цель опыта* – показать методику определения жизненной емкости легких.

*Оборудование:* сухой спирометр, спирт, вата.

*Проведение опыта.* Перед опытом нулевое деление шкалы устанавливают против стрелки указателя. К доске вызывают испытуемого. Учитель дезинфицирует заранее вымытый мундштук в марганцовке, предлагает испытуемому сделать глубокий вдох и весь воздух выдохнуть в прибор. Нос лучше зажать. Испытуемый делает 2–3 замера, из которых берется самый высокий результат.

Оценка результатов. Каждому учащемуся предлагают определить должную величину жизненной емкости легких, воспользовавшись одной из следующих формул. Для мальчиков, рост которых от 1 м до 1,65 м:

$$\text{ЖЕЛ (л)} = 4,53 \times \text{рост (м)} - 3,9.$$

Для мальчиков, рост которых выше 1,65 м, надо применить другую формулу:

$$\text{ЖЕЛ (л)} = 10 \times \text{рост (м)} - 12,85.$$

Девочки вычисляют жизненную емкость по единой формуле:

$$\text{ЖЕЛ (л)} = 3,75 \times \text{рост (м)} - 3,15.$$

Если известна масса, то можно использовать формулы, связывающие жизненную емкость легких с ростом и массой тела.

Для мальчиков:

$$\text{ЖЕЛ (мл)} = 40 \times \text{рост (см)} + 30 \times \text{массу тела (кг)} - 4400.$$

Для девочек:

$$\text{ЖЕЛ (мл)} = 40 \times \text{рост (см)} + 10 \times \text{массу тела (кг)} - 3800.$$

Отклонение от нормативных результатов на 15% считается нормальным.

#### 4.2. Обнаружение углекислого газа в выдыхаемом воздухе

*Цель опыта* – сравнить содержание углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе.

*Оборудование:* прибор «дыхательные клапаны», спирт для дезинфекции мундштука прибора, известковая вода.

*Подготовка опыта.* Учащимся напоминают, что реактивом на углекислый газ является известковая вода  $\text{Ca(OH)}_2$ . Известковая вода мутнеет в присутствии углекислого газа, карбонат кальция выпадает в осадок:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Полезно напомнить также, что при длительном пропускании углекислого газа осадок может раствориться из-за образования  $\text{Ca(HCO}_3)_2$  – кислого карбоната, легко растворимого в воде.

Устройство прибора для сравнения содержания углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе основано на разделении воздуха, входящего и выходящего из легких. Прибор состоит из двух цилиндров, в каждый из которых опущены короткая и длинная трубочки (рис. 23). Мундштук, в который дышит испытуемый через тройник, соединяется с короткой трубочкой левого цилиндра и длинной трубочкой правого. Поскольку воздух может проходить только через длинную трубку, погруженную в раствор, где создается большее давление воздуха из-за того, что площадь поперечного сечения трубки

небольшая, при вдохе воздух проходит через левый цилиндр, а при выдохе – через правый.

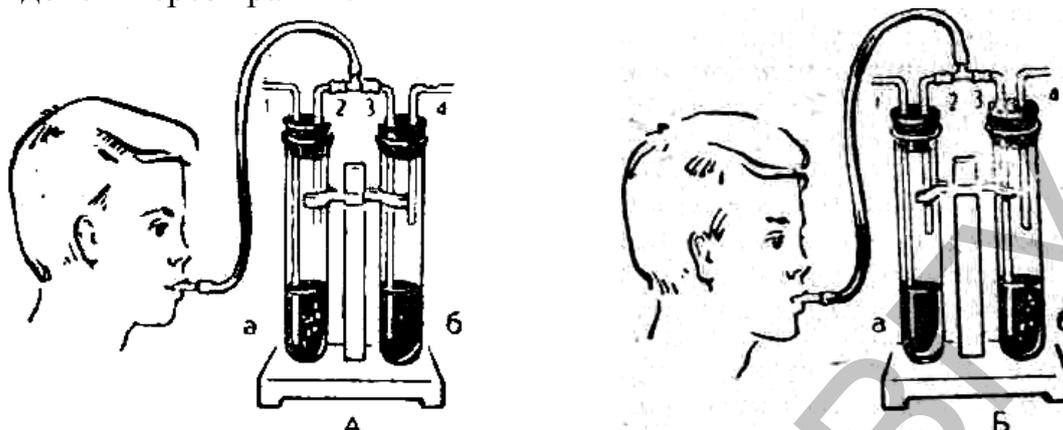


Рис. 23. Схема действия прибора для сравнения содержания углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе при вдохе – А и при выдохе – Б: а – левый цилиндр; б – правый цилиндр; 1, 2, 3, 4 – трубки прибора.

*Проведение опыта.* К доске вызывают испытуемого. Мундштук протирают спиртом для дезинфекции. Чтобы результат получился скорее, испытуемый медленно насасывает воздух, затем оставляет мундштук, делает спокойный выдох, а остаток воздуха пропускает через прибор. Дуть в мундштук надо медленно, чтобы не выплескивался раствор из цилиндра, который не должен работать. Обычно через 2–3 цикла появляется белый осадок в том цилиндре, через который проходил выдыхаемый воздух. В другом цилиндре, где исследовалась проба атмосферного воздуха, либо осадка нет совсем, либо он незначительный.

**Вывод.** Содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе более высокое, чем во вдыхаемом.

### 4.3. Изучение механизмов вдоха и выдоха на модели

*Цель* – рассмотреть механизмы вдоха и выдоха на модели легких.

*Оборудование:* модель Дондерса или материал для ее изготовления: большая воронка с короткой выводной трубкой; нитки или резиновые кольца; пружина от шариковой авторучки или тонкая стеклянная трубка, которую можно вставить в выводную трубку воронки; два резиновых шарика; прозрачная липкая лента или лейкопластырь.

*Сборка модели.*

1. Протолкнуть клапан шарика в трубку воронки так, чтобы шарик оказался внутри нее; утолщенную часть клапана можно срезать, если она не проходит в трубку воронки (рис. 24).

2. Вывести клапан наружу, вывернуть наизнанку и с наружной стороны закрепить либо ниткой, либо резиновым кольцом, несколько раз перевернув его восьмеркой.

3. У второго шарика отрезать часть резины у клапана и остав-

шуюся часть натянуть на горловину воронки так, чтобы получилось резиновое дно. Чтобы оно держалось прочнее, наружные края этого шарика целесообразно скатать валиком и с наружной стороны прикрепить его к стеклу липкой лентой. Чтобы воздух мог свободно проходить в первый шарик, в выводную трубку воронки надо вставить тонкую стеклянную трубочку, пружинку от шариковой ручки. Полость шара, изображающего легкие, должна сообщаться с наружным воздухом.

На этом сборка модели заканчивается: воронка изображает грудную клетку, резиновое дно – диафрагму, вставленная трубка – трахею и другие верхние дыхательные пути, шарик, находящийся внутри воронки, – легкое.

Учащимся надо напомнить, что на модели показано одно легкое, а у человека их два, но это не меняет существа дела, потому что каждое легкое находится в герметически закрытом пространстве. Если в результате травмы или лечебных мероприятий будет разгерметизирована, например, правая плевральная полость, правое легкое спадется и не будет участвовать в дыхании, левое же легкое будет работать нормально.

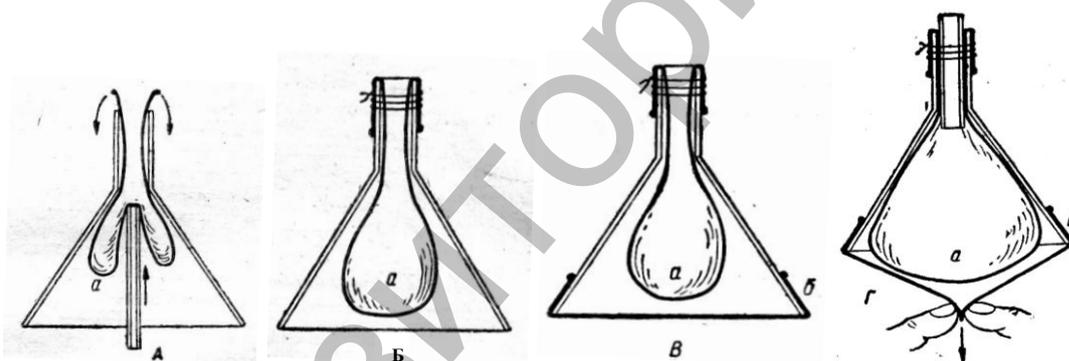


Рис. 24. Изготовление модели, демонстрирующей механизм вдоха и выдоха, из прозрачной воронки и двух резиновых шариков: а и б – резиновые шарики. А – проталкивание шарика а через выводное отверстие воронки наружу; Б – закрепление выведенного клапана шарика а на наружной поверхности выводной трубки воронки; В – затягивание широкой части воронки шариком б, у которого отрезан клапан; Г – модель со вставленной в горловину воронки трубкой или пружинкой для авторучки в действии.

*Проведение опыта.* Для того чтобы показать вдох, оттягиваем резиновое дно диафрагмы вниз. Это вызывает падение давления в пространстве между стенками воронки и шариком, изображающим легкие (т.е. в плевральной полости). Шарик, изображающий легкое, раздувается, в него втягивается атмосферный воздух. Происходит вдох. После этого учитель предлагает отпустить резиновое дно, а еще лучше вдавить его внутрь воронки. Давление в «плевральной полости» поднимается, шарик спадается, и находящийся там воздух выталкивается. Происходит выдох.

Вывод. Поступление воздуха во время вдоха в легкие и выталкивание воздуха из легких при выдохе являются физическими процессами. Доказать это положение мы можем тем, что нам удалось смоделировать этот процесс на неживом объекте. Следовательно, законы физики едины для органического и неорганического мира, но в живых организмах они находятся под контролем биологических процессов.

**Контрольные вопросы.** 1. Будут ли работать легкие, если нарушится герметичность грудной клетки? Результаты подтвердите на модели. 2. Как можно увеличить жизненную емкость легких и мощность дыхательных мышц?

## **5. ОПЫТЫ ПО ТЕМАМ «ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА», «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ»**

### **5.1. Действие слюны на крахмал**

*Цель* – показать способность слюны расщеплять углеводы, выяснить условия действия ферментов слюны.

Опыт может быть поставлен в пробирочном и беспробирочном варианте.

*Пробирочный вариант опыта.*

*Материалы и оборудование:* крахмальный клейстер (1%-ный водный раствор), 5%-ный спиртовой раствор йода или раствор Люголя (0,1 г кристаллического йода + 0,15 г йодида калия, 150 мл дистиллированной воды), 2%-ная соляная кислота, четыре пробирки, штатив для пробирок, водяная баня, спиртовка, воронка, пипетка.

*Проведение опыта.* Собирают в пробирку небольшое количество слюны и разбавляют ее водой в соотношении 1:2. В каждую из четырех пронумерованных пробирок (№ 1–4) наливают по 1 мл слюны. Причем слюну в пробирке № 2 предварительно нагревают на спиртовке до кипения и охлаждают, в пробирке № 3 – подкисляют, добавляя 1–2 капли 2%-ного раствора соляной кислоты. Затем в пробирки наливают по 2 мл крахмального клейстера.

После многократного встряхивания пробирки № 1–3 помещают на водяную баню (37°C), а пробирку № 4 – в стакан со льдом. Через 5–10 мин к содержимому всех пробирок добавляют по 1–2 капли раствора йода. Отмечают, какие изменения произошли в пробирках.

*Беспробирочный вариант*

*Оборудование:* накрахмаленные картофельным крахмалом бинты, спички, вата, йодная вода, ножницы, блюдца.

*Подготовка опыта.* Готовят крахмальный бинт. Для этого берут четверть ложки крахмала, разводят его в небольшом количестве холодной воды и вливают в кипящую воду. Кипят при помешивании 10–15 мин. После этого бинты помещают в крахмальную воду, вынимают, расправляют и высушивают. Затем бинт разрезают на куски длиной по 10 см.

*Проведение опыта.* Испытуемый наматывает ватный тампон на спичку, смачивает его слюной и пишет на куске бинта первую букву своей фамилии. Затем он зажимает бинт в руках и выдерживает его в тепле около минуты. После этого расправляет бинт и опускает в блюдце с йодной водой. На синем фоне появляется белая буква. Для контроля берут другую спичку с ватным тампоном, макают его в воду и то же самое проделывают с другим куском бинта. После обработки этого куска йодной водой получается однотонное синее окрашивание.

**Выводы.** Ферменты слюны расщепляют крахмал. Они действуют при определенных температурных границах, при кипячении теряют активность.

## **5.2. Проба с задержкой дыхания**

Проба с задержкой дыхания используется для определения обеспеченности организма кислородом и характеристики общего уровня тренированности человека.

Демонстрацию пробы следует проводить в трех вариантах: с задержкой дыхания на вдохе, задержкой дыхания на выдохе без нагрузки и после нагрузки. Уровень тренированности оценивается по продолжительности времени задержки дыхания в секундах:

*на вдохе:* менее 39 с – неудовлетворительный, 40–49 с – удовлетворительный, с выше 50 с – хороший;

*на выдохе без нагрузки:* менее 34 с – неудовлетворительный, 35–39 с – удовлетворительный, выше 40 с – хороший;

*на выдохе после нагрузки:* до 24 с – неудовлетворительный, 25–29 с – удовлетворительный, 30 и более – хороший.

**Цель** – познакомить с функциональной пробой, характеризующей обеспеченность организма кислородом и общий уровень тренированности человека.

**Оборудование:** секундомер, зажим.

*Проведение опыта.* Проводят пробу с задержкой дыхания на вдохе. Для этого зажимают нос пальцами или надевают на него зажим. После трех глубоких дыхательных движений задерживают ды-

хание на максимальном вдохе. Время задержки дыхания определить по секундомеру. Оценивают результаты.

Проводят пробу с задержкой дыхания на выдохе также после трех глубоких дыхательных движений. Оценивают результаты.

Проводят пробу с задержкой дыхания на выдохе после 20 глубоких приседаний, выполненных на протяжении 30 с. Оценивают результаты.

**Контрольные вопросы.** 1. Какие достоинства имеет беспробирочный вариант проведения опыта по изучению действия ферментов слюны? 2. Можно ли беспробирочным методом исследовать остальные условия работы фермента? 3. Почему дыхание произвольно возобновляется после задержки?

## VI. ОПЫТЫ ПО РАЗДЕЛУ «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ»

### 1. ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КЛЕТКИ

#### 1.1. Качественные реакции на белки

*Цель опытов* – выявить наличие белков в клетках растений и животных.

*Объекты и оборудование:* пробирки, фильтровальная бумага, яичный белок, мясная вытяжка, желатина, картофель, пшеничная мука, концентрированная азотная кислота, раствор едкого натра или аммиака (нашатырный спирт), раствор медного купороса, раствор сульфата аммония.

При изучении белков можно провести две цветные реакции – биуретовую и ксантопротеиновую.

**Биуретовую реакцию** дают все белки, так как в результате образуется комплекс меди с пептидной связью в молекуле белка. С помощью этой реакции идентифицируются белки.

*Проведение опыта.* К 2 мл исследуемого белка приливают столько же 20%-го раствора щелочи и по каплям – медный купорос. После каждой капли пробирка тщательно встряхивается. Появление фиолетового окрашивания говорит о присутствии белка.

Биуретовую реакцию можно провести с мясной вытяжкой, яичным белком и желатиной в сравнении. Во всех случаях результат будет одинаков, что говорит о сходстве в строении белковых молекул.

**Ксантопротеиновая реакция** – это еще одна из цветных реакций на белки, но, в отличие от биуретовой реакции, ее дают не все белки, а лишь те, которые содержат ароматические аминокислоты,

часть которых является незаменимыми для человека. *Цель* этого опыта показать различие в аминокислотном составе белков и определить степень их полноценности для питания. Опыт проводится на тех же белках, что и биуретовая реакция.

*Постановка и проведение опыта.* К раствору яичного белка добавить концентрированной азотной кислоты. Жидкость в пробирке нагреть – осадок окрашивается в желтый цвет и растворяется. После охлаждения осторожно добавить раствор аммиака или едкого натра – окраска становится оранжевой.

Реакция обусловлена образованием нитросоединений из ароматических аминокислот. Такую же пробу проводят с белком соединительной ткани – желатиной. Пищевую желатину промывают холодной водой для удаления примесей других белков. Желатина разбухает, ее отжимают между листами фильтровальной бумаги.

Небольшое количество растворяют в пробирке с водой при нагревании и прodelьывают ксантопротеиновую реакцию, как описано выше. Реакция отрицательна, так как желатина не содержит ароматических или циклических аминокислот. Появление иногда слабой окраски может быть обусловлено наличием примесей других белков. На основании опыта можно сделать вывод о различной полноценности белков по аминокислотному составу.

Биуретовую и ксантопротеиновую реакции можно провести с белками, полученными из растительных тканей.

*Получение раствора белков из растительных тканей.*

Очищенный клубень картофеля измельчают на терке. Полученную массу заливают 20 мл воды и растирают в кашеобразную массу, добавляют 100 мл воды и оставляют на один час при комнатной температуре. Затем раствор фильтруют. Фильтрат содержит водорастворимые белки.

Можно извлечь белки и из пшеничной муки. Для этого в небольшую колбочку помещают 5 г пшеничной муки и заливают 20–30 мл 10-процентного раствора сульфата аммония ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ ). Через 30 минут раствор фильтруют, смочив предварительно фильтр раствором сульфата аммония. Если фильтрат очень мутен, то фильтруют повторно. В фильтрате содержится белок.

## 1.2. Денатурация белков

*Цель опыта* состоит в исследовании причин, вызывающих денатурацию белков.

*Объекты и оборудование:* растворы яичного белка, сульфата меди, сульфата аммония, концентрированная азотная кислота, пробирки, штатив, химические стаканы.

Денатурация – это потеря белком его нативных свойств. Механизм денатурации в каждом отдельном случае различен. Чаще всего он связан с потерей белками гидратной оболочки, поддерживающей стабильность вторичной и третичной структуры. Такая денатурация обратима, и при снятии фактора, ее вызывающего, белки восстанавливают свою структуру. Однако при действии концентрированных кислот, щелочей, солей тяжелых металлов или высоких температур денатурация необратима. В этом случае изменению подвергается первичная структура белка, поэтому восстановление структур белка невозможно.

*Проведение опыта.* В три стакана наливают по 20 мл раствора яичного белка. В первый стакан добавляют насыщенный раствор сульфата аммония (или порошок). Жидкость слегка перемешивают. Появляется муть от выпавшего в осадок белка. При добавлении воды осадок вновь растворяется. Процесс осаждения белков обратим.

Во второй стакан добавляют несколько капель раствора сульфата меди. Выпадает голубой хлопьевидный осадок белка, не растворяющийся в избытке воды. В данном случае происходит необратимая денатурация белка.

В третий стакан добавляют 10 мл концентрированной азотной кислоты. Образуется белый аморфный осадок белка. Концентрированные кислоты вызывают также необратимую денатурацию.

В пробирку наливают 10–15 мл белка и нагревают в пламени горелки. Осадок белка появляется еще до того, как жидкость закипит. Белки свертываются – процесс денатурации необратим.

### **1.3. Обнаружение крахмала и гликогена в тканях организмов**

Опыт проводится с целью сравнить качественные реакции с йодом на крахмал и гликоген и на основании результатов опыта объяснить отличие двух полисахаридов по строению. Показать зависимость свойств и функций органических веществ от строения.

*Объекты и оборудование:* пивные дрожжи, сахар, крахмал, картофель, 10%-ный раствор трихлоруксусной кислоты, зеленое яблоко, семена пшеницы, бобы, лед, кварцевый песок, раствор  $I_2$  в KI, кристаллизатор, стаканы, воронка Бюхнера (или обычная воронка), фильтр, марля, колба на 100 мл, пробирки, штатив, спиртовка.

*Подготовка и проведение опыта.* Предварительно выделяют гликоген из дрожжей. Для этого 10 г пивных дрожжей отмывают от суслу, отфильтровывают и размешивают в 200 мл 20%-ного раствора сахара. Смесь оставляют на 3 ч при 25°C. Начинается интенсивное брожение, в результате чего в клетках дрожжей накапливается гликоген. Смесь фильтруют на воронке Бюхнера или через марлевый фильтр, остаток растирают с 25 мл 10%-ного раствора трихлоруксус-

ной кислоты при 0°C (охлаждение в морозильной камере, а затем в кристаллизаторе со льдом) с добавлением кварцевого песка (5 г). Смесь вновь фильтруют, фильтрат сливают в колбу. При высокой концентрации гликогена раствор опалесцирует. Трихлоруксусная кислота способствует осаждению белков.

Готовят крахмальный клейстер (негустой), срезы картофеля, зеленого яблока, бобов, семян пшеницы.

При демонстрации опыта в две пробирки наливают по 10 мл раствора гликогена и крахмала. Добавляют 2–3 капли раствора I<sub>2</sub> в KI. В пробирке с гликогеном появляется красно-бурое окрашивание, а с крахмалом – сине-фиолетовое.

Крахмал и гликоген относятся к полисахаридам и являются запасными питательными веществами в организмах.

После этого йодом обрабатывают срезы картофеля, яблока, семян пшеницы, бобов.

Далее пробирку с раствором крахмала нагревают в пламени спиртовки. Сине-фиолетовая окраска исчезает. Изменение окраски связано с изменением структуры цепей крахмала при нагревании. Разрушаются комплексы разветвленных структур амилопектина с йодом. При охлаждении окраска восстанавливается.

На основании опытов учащиеся делают вывод о различных структурах полисахаридов животного и растительного происхождения, об их биологических функциях.

## **1.4. Реакции на липиды**

*Цель опытов* – выявить наличие липидов в растительных и животных тканях.

*Объекты и оборудование:* семена льна, подсолнечника, кедровой сосны, растительное масло, кусочки жирного мяса, пробирки, штатив, стакан, предметное или часовое стекло, скальпель (лезвие), спирт, судан III.

### **1.4.1. Обнаружение жиров в семенах**

Для обнаружения жиров можно взять семя кедровой сосны и плод подсолнечника, снять с семени кожуру и раздавите ядро семени на чистой бумаге. На бумаге останется характерное жирное пятно.

### **1.4.2. Проба с суданом III**

Судан III – красный краситель. Он является качественным реактивом на жиры (окрашивает их в красный цвет) и позволяет идентифицировать его наличие в тканях животных и растительных организмов.

*Подготовка и проведение опыта.*

Добавляем 2 мл масла к 2 мл воды, налитой в пробирку. Затем несколько капель судана III и встряхиваем.

Окрасившийся в красный цвет слой масла располагается поверх воды. Вода остается неокрашенной.

Жировые глобулы окрашиваются в красный цвет и всплывают, потому что их плотность ниже плотности воды.

С помощью судана III можно обнаружить наличие липидов и в семенах льна, подсолнечника, жирном мясе.

Для этого, приготовленные заранее срезы семян подсолнечника, льна и жирного мяса помещают на предметное стекло и капают 2–3 капли раствора судана III. При соприкосновении семян с реактивом развивается красное окрашивание.

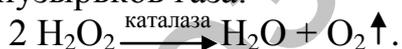
Срезы семян можно слегка раздавить, препаровальной иглой нарушить целостность тканей.

### 1.4.3. Эмульсионная проба

Добавляют 2 мл жира или масла в пробирку, содержащую 2 мл абсолютного спирта. Пробирку сильно встряхивают для растворения липида. Далее добавляют равное количество холодной воды. В результате образуется мутная белая суспензия. Это объясняется тем, что липиды с водой не смешиваются. При добавлении воды к спиртовому раствору липида образуется эмульсия: мельчайшие липидные капельки, взвешенных в воде, отражают свет, вследствие чего эмульсия кажется белой и опалесцирует.

## 1.5. Выявление активности каталазы

Каталаза – это фермент, катализирующий разложение пероксида водорода с образованием молекулярного кислорода, выделяющегося в виде пузырьков газа:



Пероксид водорода образуется в некоторых растительных и животных клетках в качестве побочного продукта окислительно-восстановительных реакций. Соединение это токсично для клеток, и каталаза обеспечивает эффективное его удаление. Каталаза – один из наиболее быстро работающих ферментов: одна молекула каталазы разлагает в 1 секунду до 200 тысяч молекул пероксида водорода. Локализуется каталаза в мембранных пузырьках клеток – микротельцах и пероксисомах.

*Цель опыта* – обнаружить действие фермента каталазы в растительных и животных клетках, сравнить ферментативную активность натуральных и поврежденных кипячением клеток.

*Объекты и оборудование:* 3%-ный раствор пероксида водорода, кусочки сырого и отварного картофеля и мяса (печени, легких), пробирки.

*Проведение опыта.* Необходимо взять 4 чистые пробирки и поместить в первую из них небольшое количество мелко натертого картофеля, во вторую – немного отварного картофеля, в третью – мелко измельченные кусочки мяса (печени, легкого), в четвертую – немного измельченного отварного мяса. В каждую пробирку добавляют по 3–4 мл 3%-ного раствора пероксида водорода. Наблюдается выделение пузырьков газа (кислорода) в первой и третьей пробирках.

### **1.6. Выявление активности амилазы**

Амилаза – фермент, гидролизующий крахмал и гликоген до мальтозы и других олигосахаридов. Амилаза содержится в клетках растений, животных и других организмов. Особенно много амилазы в слюне, клетках прорастающих семян.

*Цель опыта* – выявить действие фермента амилазы, содержащегося в семенах ячменя.

*Объекты и оборудование:* размельченные проросшие и непроросшие зерновки ячменя, глицерин, 0,2%-ный крахмальный клейстер, раствор йода, пробирки, пипетки.

*Подготовка опыта.* Перед уроком необходимо приготовить вытяжку фермента. Для этого берут по 2 г размельченных проросших и непроросших зерновок ячменя, помещают их порознь в два стаканчика, заливают 10 мл теплой воды (30–40°C), смешанной с 1–2 каплями глицерина, встряхивают содержимое и настаивают 30 минут. Смесь фильтруют в две пробирки через складчатый фильтр.

*Проведение опыта.* В штатив ставят два ряда пробирок по 8 штук и в первые с левой стороны каждого ряда наливают по 10 мл 0,2%-ного крахмального клейстера, в остальные – по 5 мл раствора йода.

Затем по 1 мл вытяжки фермента из проросших и непроросших зерновок ячменя вносят в пробирки с крахмальным клейстером, перемешивают, встряхивают и полученную реакцию смесь переносят по 0,5 мл пипеткой во вторую пробирку с йодом в каждом ряду (пипетки оставляют в пробирках с реакционной смесью).

Через 3 минуты вносят по 0,5 мл реакционной смеси в следующие пробирки с йодом в обоих рядах и т.д.

Степень гидролиза крахмала зависит от продолжительности действия на него фермента и от активности амилазы в проросших и непроросших зерновках ячменя, поэтому получаются различные продукты расщепления крахмала, что видно по окраске содержимого одинаковых по счету пробирок в каждом ряду.

При недостатке лабораторной посуды опыт можно упростить, взяв вместо восьми пробирок четыре. При этом, выдержав реакционную смесь с раствором йода в течение 20–25 минут, можно наблюдать полный гидролиз крахмала.

**Контрольные вопросы.** 1. Каким образом можно обнаружить белки, жиры и углеводы в тканях растений и животных? 2. Почему не происходит реакция при обработке отварного картофеля перекисью водорода? 3. Почему окраска реакционных смесей в опыте 1.6 различна?

## **2. ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИЙ КЛЕТКИ**

### **2.1. Опыты по изучению поступления веществ в растительную клетку**

Знакомство учащихся с важнейшими функциями растительной клетки можно провести на опытах с моделями клетки – так называемым целлофановым мешочком, и «клеточкой Траубе». Такие опыты позволяют показать учащимся сам факт существования полупроницаемых материалов (моделирующих живую оболочку клетки) и возможность поступления веществ в клетку, определяемую свойствами оболочки и содержимого клетки.

#### **2.1.1. Поступление воды в клетку (целлофановый мешочек)**

*Цель опыта* – показать явление поступления воды в клетку и создания в результате этого давления, обеспечивающего тургор, напряжение (упругость) клеток.

*Оборудование:* целлофановый мешочек – прибор с пробкой (осмометр), заполненный раствором сахара и укрепленный в штативе или на банке с помощью проволоки, или сухой мешочек с трубкой либо без нее (см. Приложение 2); пипетка; банка с водой; линейка; фломастер или тушь черная, пластилин; нитки; резиновое кольцо; игла – для опыта с сухим мешочком без трубки.

*Постановка опыта.* Опыт в мешочке-приборе ставится в начале урока или в ходе его. Убедительный результат может быть получен через 15–20 мин. Сняв трубку, мешочек погружают в воду до места обвязки его, укрепляют в таком положении. Уровень раствора при этом понижается, его доливают пипеткой, оставляя место только для пробки. Затем вставляют в прибор пробку с трубкой. Если раствор сахара вышел наружу, мешочек надо сполоснуть и перенести в чистую воду. Через несколько минут можно наблюдать подъем жидкости в трубке, т.е. поступление воды в модель клетки под давлением. Отмечают время начала наблюдения подъема и соответствующий исход-

ный уровень раствора в трубке. Отметку делают на трубке фломастером или тушью, кусочком пластилина.

Опыт с сухим мешочком на трубочке ставится за 1–2 ч до урока. Мешочек ставят на дно банки (стакана) с небольшим количеством воды – уровень ее не должен быть выше места обвязки мешочка (см. Приложение 2, рис. 5,5). Когда мешочек сам наполнится раствором и несколько набухнет (через 1–2 ч – в зависимости от объема мешочка), его извлекают из воды и сохраняют в закрытой банке. При демонстрации опыта на уроке мешочек вновь опускают в воду, как раньше, и вскоре наблюдают подъем жидкости в трубочке.

При постановке опыта с мешочком без трубки («искусственной клеткой») его подвязывают к нитке, опускают в воду до места обвязки и закрепляют на стакане в таком положении с помощью резинового кольца (см. Приложение 2). Набухание «клетки» происходит за 2–5 мин. О поступлении воды и создании напряжения (тургора) судят по виду (мешочек раздувается, округляется); если его проколоть иглой – брызнет струйка. Для большей наглядности желательно иметь вторую «клетку»-мешочек – сухую или с раствором, т.е. подготовленную к опыту, такого же размера (контрольную).

### **2.1.2. Поступление растворенных в воде веществ в клетку**

*Цель опыта* – показать возможность поступления растворенных в воде веществ в клетку и явление полупроницаемости оболочки клетки (на модели).

*Оборудование:* целлофановый мешочек-модель клетки, заполненный 2%-ным раствором крахмального клейстера и укрепленный как в предыдущем опыте, или сухой мешочек без трубки («искусственная клетка»), заполненный смесью сахара с крахмалом (10:1) (см. Приложение 2); нитки; резиновое кольцо; банка с водным раствором йода (10–20 капель 5%-ного раствора йода на стакан воды).

*Постановка опыта.* Сухой мешочек предварительно за 1–2 ч до урока выдерживают в воде до набухания (см. опыт 2.1.1).

При демонстрации опыта на уроке тот или иной мешочек опускают (как в предыдущем опыте) в воду с йодом. Через несколько минут наблюдается окрашивание содержимого целлофанового мешочка (крахмала в нем) от йода. Вместе с тем не происходит окрашивания воды, окружающей мешочек, что свидетельствует о том, что крахмал не может выйти из него и, следовательно, оболочка модели клетки полупроницаема.

### **2.1.3. Поступление воды и растворенных в ней веществ в клетку**

*Цель опыта* – показать на модели одновременное протекание двух важнейших процессов жизнедеятельности клетки: поступления веществ и создания напряжения (тургора).

*Оборудование:* такое же, как для опыта «Поступление воды в клетку», и дополнительно – водный раствор йода, как для предыдущего опыта, с той лишь разницей, что мешочек-прибор заполняется смесью, составленной из 1–2 частей сахарного раствора указанной ранее крепости и одной части 2%-ного раствора крахмального клейстера, а сухие мешочки готовят из смеси сахарного песка и крахмала в отношении примерно 10:1.

*Постановка опыта.* Мешочки подготавливают к уроку как в опыте «Поступление воды в клетку», а при демонстрации на уроке их опускают в воду, содержащую йод. Окрашивание содержимого мешочков от йода происходит очень быстро, а спустя 5–10 мин наблюдается подъем жидкости в трубке.

#### **2.1.4. Свойство полупроницаемой пленки в искусственной клеточке Траубе**

Искусственная клеточка Траубе – модельная система, позволяющая изучить тургор и сосущую силу клеток растений. Она представляет собой каплю, ограниченную от окружающего раствора полупроницаемой пленкой железистосинеродистой меди, образующейся в ходе реакции:



Образующаяся полупроницаемая перепонка гексацианоферрата (II) меди проницаема для воды, но непроницаема для солей.

Поэтому выравнивание концентраций происходит только путем одностороннего тока воды через «мембрану» (т.е. осадочную перепонку) в сторону раствора с более высокой концентрацией (в данном случае внутри клеточки Траубе). За счет поглощения воды из прилегающего к клеточке слоя в нем повышается концентрация медного купороса, и пристеночная, более концентрированная часть раствора, как более тяжелая, струйками опускается на дно сосуда. Давление, которое необходимо приложить к раствору, чтобы противодействовать поступлению в него растворителя через разделяющую их полупроницаемую мембрану, называют осмотическим давлением. По мере проникновения растворителя в клетку возрастает давление содержимого на оболочку – тургорное давление. Разность между осмотическим и тургорным давлением называется сосущей силой.

*Цель опыта* – познакомить на примере искусственной модели клеточки Траубе со свойствами полупроницаемой пленки, сосущей силой, тургорным и осмотическим давлением.

*Оборудование и реактивы:* 0,5 М раствор сульфата меди, кристаллический гексацианоферрат (II) калия (желтая кровяная соль)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , стакан, штатив, нитка.

*Проведение опыта.* В стакан наливают на 3/4 объема 0,5 М раствор сульфата меди. На дно стакана опускают укрепленный на нитке кристаллик желтой кровяной соли. На поверхности кристалла образуется пленка из гексацианоферрата (II) меди. Возникает искусственная клеточка Траубе.

Как же клеточку Траубе можно получить, если по стенке сосуда пипеткой ввести несколько миллилитров 1 н. раствора калия железистосинеродистого так, чтобы он был в одной капле. Вокруг этой капли образуется пленка из гексацианоферрата (II) меди.

В процессе демонстрации опыта учащимся предлагают проследить за особенностями роста клеточки. Учитель поясняет, что на границе жидкости и кристалла за счет реакции образуется осадочная перепонка из гексацианоферрата (II) меди.

В результате того, что концентрация желтой кровяной соли внутри пленки выше, чем снаружи, внутрь клеточки Траубе будет поступать вода. Размеры клеточки будут все время увеличиваться, давая выросты. Увеличение в объеме идет неравномерно, толчками, так как полупроницаемая оболочка разрывается за счет тургорного давления, на месте разрыва вновь идет реакция желтой кровяной соли с сульфатом меди и снова образуется пленка.

### **2.1.5. Изучение свойств цитоплазмы (плазмолиз и деплазмолиз в клетках эпидермиса лука)**

*Цель* – выявить свойство полупроницаемости цитоплазматической мембраны и некоторые свойства цитоплазмы (способность пропускать воду в обоих направлениях, эластичность, движение).

*Материалы и оборудование:* луковица репчатого лука (синих сортов), 5–10%-ный раствор  $KNO_3$  (можно использовать 8–10%-ный раствор  $NaCl$  или 30%-ный раствор сахарозы), микроскопы, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, лезвия безопасной бритвы, полоски фильтровальной бумаги.

Плазмолиз – отделение пристеночного слоя цитоплазмы от твердой оболочки растительной клетки вследствие утраты ею воды. Данный процесс обратим. Увеличение объема цитоплазмы до исходного уровня называют деплазмолизом. Для плазмолиза используют гипертонический раствор физиологически безвредного вещества. Для деплазмолиза необходимо заменить гипертонический раствор на гипотонический или воду.

*Подготовка и проведение опыта.* С нижней стороны чешуи лука в местах с наиболее сильной антоциановой окраской препаровальной иглой снимают кусочек эпидермиса или делают срез лезвием и помещают его на предметное стекло в каплю воды. Накрыв препарат покровным стеклом, рассматривают его при малом увеличении микроскопа. Срезы, сделанные лезвием, должны содержать не менее двух

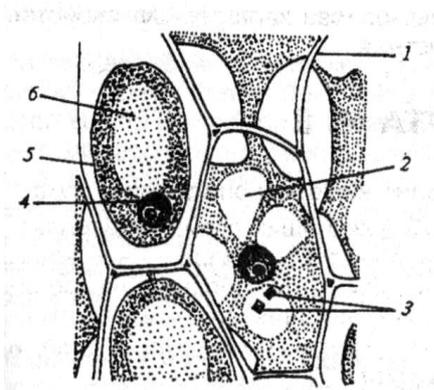


Рис. 25. Плазмолиз в клетках кожицы лука репчатого: 1 – клеточная стенка; 2 – вакуоль; 3 – кристаллы оксалата кальция; 4 – ядро; 5 – цитоплазматическая мембрана; 6 – цитоплазма.

слоев клеток, чтобы можно было наблюдать за неповрежденными клетками. В кусочках эпидермиса, снятых препаровальной иглой, нужно, наоборот, найти участки довольно тонкие, без мякоти.

С одной стороны от покровного стекла капают рядом с ним 1–2 капли раствора  $KNO_3$ , а с другой стороны прикладывают полоску фильтровальной бумаги, чтобы оттянуть воду из-под покровного стекла и заместить ее раствором соли. Наблюдают процесс плазмолиза.

Способом, описанным выше, заменяют соляной раствор на воду и наблюдают процесс деплазмолиза (рис. 25).

## 2.2. Изучение клеточной оболочки

### 2.2.1. Пробы на целлюлозу, лигнин и суберин в клеточных оболочках

*Цель* – выявить целлюлозу, лигнин и суберин в клеточных оболочках.

*Материалы и оборудование:* вата, сосновая или еловая лучинка, плоды рябины или груши, пробка, хлор-цинк-йод, флюороглюцин, концентрированная соляная кислота, судан III.

*Проведение опытов.*

#### Определение целлюлозы в волосках семян хлопчатника

Целлюлоза, клетчатка – главный строительный материал растительного мира, образующий клеточные стенки деревьев и других высших растений. Самая чистая природная форма целлюлозы – волоски семян хлопчатника.

При демонстрации опыта несколько волосков семян хлопчатника (вата) помещают на предметное стекло и действуют на них хлор-цинк-йодом (см. Приложение 1). Наблюдается синее или фиолетовое окрашивание.

#### Проба на лигнин

Лигнин (от лат. *lignum* – дерево, древесина) – природный полимер; входит в состав почти всех наземных растений. Содержание лигнина в древесине хвойных и лиственных пород соответственно 23–38 и 14–25% по массе. Лигнин расположен в клеточных стенках и межклеточном пространстве растений и скрепляет целлюлозные волокна. Вместе с гемицеллюлозами он определяет механическую прочность

стволов и стеблей. Кроме того, лигнин снижает проницаемость клеточных стенок для воды и питательных веществ.

Лигнин хорошо определяется в древесине хвойных пород, а также в каменистых клетках плодов некоторых растений при действии на них флороглюцином (см. Приложение 1).

Так на сосновую лучинку с помощью стеклянной палочки наносят флороглюцин, а затем каплю концентрированной соляной кислоты. Наблюдается малиновое окрашивание.

Каменистые клетки хорошо видны в плодах рябины или груши (рис. 26). Берут кусочки плода рябины или груши и расщепляют их препаровальными иглами. Готовят препарат и рассматривают под микроскопом каменистые клетки. Каменистые клетки окружены рыхло расположенными тонкостенными клетками мякоти плода. Можно увидеть поровые каналы и слоистость оболочки. Оболочка у каменистых клеток одревесневает, что можно обнаружить, подействовав на препарат растворами соляной кислоты и флороглюцина. Каменистые клетки под действием этих реактивов окрашиваются в малиновый цвет.

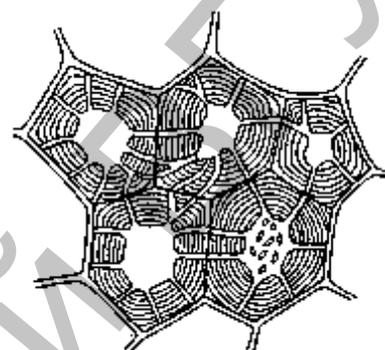


Рис. 26. Каменистые клетки в плодах груши.

### **Проба на суберин**

Суберин (от лат. *suber* – кора пробкового дерева) – вещество, выделяемое клетками покровных тканей растений; пропитывает клеточные оболочки, в результате чего происходит их опробкование. По химической природе суберин – глицерид феллоновой и пробковой кислот.

Для определения суберина необходимо взять кусочек бутылочной пробки, сделать свежий срез пробки и подействовать суданом III (см. Приложение 1). Наблюдается малиновое окрашивание.

Также с помощью реактивов хлор-цинк-йода, флороглюцина и соляной кислоты можно сделать заключение о составе фильтровальной и газетной бумаги.

## **2.3. Изучение пигментов листа**

### **2.3.1. Выделение пигментов из листьев**

*Цель* – выделить пигменты из зеленых листьев растений.

*Материалы и оборудование:* зеленые листья, фарфоровая ступка, фильтровальная воронка, спирт.

*Проведение опыта.* Для извлечения пигментов можно использовать листья элодеи, комнатного растения аспидистры или высушен-

ные листья крапивы или мяты. Листья помещают в фарфоровую ступку, прибавляют к ним небольшое количество спирта и растирают их в гомогенную массу. Растертую массу переносят в колбу, добавляют спирт и настаивают в течение нескольких минут. Затем окрашенный в зеленый цвет раствор фильтруют. Полученный раствор хлорофилла в проходящем свете зеленого цвета, а в отраженном – вишнево-красного благодаря наличию явления флуоресценции.

Далее к небольшому количеству вытяжки можно добавить несколько капель воды. При этом имеющийся в вытяжке молекулярный прозрачный раствор хлорофилла мутнеет и переходит в коллоидный раствор хлорофилла. Явление флуоресценции при этом исчезает. При наличии спектроскопа можно рассмотреть спектр поглощения хлорофилла, при этом заметно, что непоглощенными остаются зеленые лучи и часть красных. Часть красных и сине-фиолетовых лучей поглощается хлорофиллом.

### **2.3.2. Разделение пигментов с помощью растворителей**

*Цель* – выяснить состав пигментов зеленого листа.

*Материалы и оборудование:* спиртовая вытяжка хлорофилла, бензин, вода, пробирки.

*Проведение опыта.* В спиртовой вытяжке хлорофилла содержится четыре пигмента. Их можно частично разделить. Для этого к 3–5 мл спиртовой вытяжки прибавляют высокооктановый бензин по объему несколько больше (в 1,5 раза), чем спиртовой вытяжки. Наливают несколько капель воды и встряхивают пробирку. В верхний бензиновый слой перейдут два вида хлорофилла и каротин, а в нижнем останется ксантофилл. При наличии спектрометра можно исследовать спектр поглощения ксантофилла и установить, чем он отличается от спектра поглощения хлорофилла.

### **2.3.3. Получение феофитина**

*Цель* – получить пигмент феофитин.

*Материалы и оборудование:* спиртовая вытяжка хлорофилла, соляная кислота, уксуснокислый цинк, пробирки.

Феофитин – фотосинтезирующий пигмент растений, производное хлорофилла, не содержащее магния.

Для получения феофетина необходимо прилить к спиртовой вытяжке хлорофилла каплю соляной кислоты. Раствор бурет, так как соляная кислота отщепляет магний и образуется феофитин. При этом водород кислоты становится на место магния, а магний, соединяясь с хлором, образует  $MgCl_2$ .

Для восстановления зеленой окраски в полученный бурый раствор феофитина помещают небольшой кристаллик уксуснокислого цинка и нагревают раствор на водяной бане. Бурый цвет опять переходит в зеленый несколько иного оттенка, так как цинк замещает магний.

#### 2.3.4. Разделение растительных пигментов при помощи бумажной хроматографии

*Цель* – выяснить состав пигментов в зеленых листьях при помощи метода бумажной хроматографии.

*Материалы и оборудование:* листья крапивы или шпината, гомогенизатор или нож, 90% пропанон (ацетон), ступка с пестиком, небольшой отрезок капиллярной трубки, воронка Бюхнера, делительная воронка, петролейный эфир, лабораторная пробирка, канцелярская кнопка.

*Подготовка опыта.* Несколько листьев крапивы или шпината измельчают в гомогенизаторе (или просто разрезают их ножом на мелкие кусочки). Растирают листья с 90%-ным ацетоном в ступке. Фильтруют экстракт через воронку Бюхнера в делительную воронку. Добавляют равный объем петролейного эфира. Энергично встряхивают смесь. Несколько раз промывают смесь водой, каждый раз удаляя водную фазу с ее содержимым.

*Проведение опыта.* Проводят разделение пигментов при помощи бумажной хроматографии. Для этого необходимы: химическая пробирка с пробкой, хроматографическая бумага и растворитель. Растворитель для хроматографии состоит из 100 частей петролейного эфира и 12 частей 90%-ного ацетона. Хроматографическую бумагу крепят к пробке с помощью канцелярской кнопки (рис. 27). Параллельно свободному концу хроматографической бумаги на расстоянии примерно 1 см от края проводят карандашом линию. Небольшим отрезком капиллярной трубки наносят смесь пигментов посередине карандашной линии. Наливают в пробирку растворитель слоем толщиной в 2 см, затем закрепляют пробку и бумагу в пробирке и ожидают, чтобы растворитель поднялся по бумаге почти до пробки. Это должно занять около 1–2 ч. На это время помещают пробирку в слабо освещенное место. Бумага должна быть подвешена в пробирке таким образом, чтобы стартовая линия находилась около поверхности растворителя, а конец бумаги был погружен в растворитель.

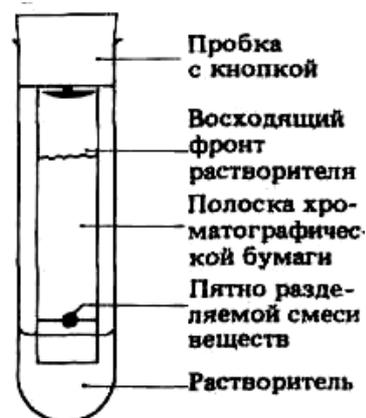


Рис. 27. Опыт по разделению пигментов методом бумажной хроматографии.

## Результаты опыта

Цвет пятна	Величина $R_f$	Присутствующие пигменты
Желтый	0,95	Каротин
Желто-серый	0,83	Феофитин
Желто-коричневый	0,71	Ксантофилл (часто делится на два пятна)
Сине-зеленый	0,65	Хлорофилл <i>a</i>
Зеленый	0,45	Хлорофилл <i>b</i>

## 2.4. Деление клеток

## 2.4.1. Изучение фаз митоза

Обычно хромосомы можно наблюдать только во время деления ядра. Подходящим материалом для этого служит апикальная меристема кончиков корня чеснока или лука ( $2n = 16$ ).

Если отсутствует постоянный микропрепарат «Митоз в клетках корешка лука», то можно приготовить временный микропрепарат.

*Цель* – изучить процесс митоза в клетках корешка лука.

*Материалы и оборудование:* булавки, пробирка с водой, скальпель, маленькие пробирки с пробками, пинцет, две чашки Петри, водяная баня и пробирки, предметное стекло, покровное стекло, тонкие иголки, фильтровальная бумага, зубчик чеснока, дистиллированная вода, уксусная кислота, одномолярный раствор соляной кислоты, реактив Фельгена (см. Приложение 1).

*Подготовка и проведение опыта*

1. Проткните зубчик чеснока булавкой и подвесьте его вверху пробирки с водой так, чтобы основание зубчика находилось в воде. Оставьте на 3–4 дня в покое, так как любое постороннее воздействие может временно подавить клеточное деление.

2. После образования нескольких корешков длиной 1–2 см отрежьте от них концевые участки длиной 1 см.

3. Поместите отрезанные участки корешков в небольшую пробирку с уксусной кислотой, заткните ее пробкой и оставьте на ночь при комнатной температуре для фиксации.

4. Ухватив корешки пинцетом за верхний конец, перенесите их в чашку Петри с дистиллированной водой и отмывайте в течение нескольких минут для удаления фиксатора.

5. Перенесите кончики корешков в пробирку, содержащую одномолярный раствор соляной кислоты, и выдержите 3 мин при  $60^{\circ}\text{C}$  (для корешков лука – 6–10 мин). При этом срединные пластинки,

удерживающие клетки вместе, разрушаются, а ДНК хромосом гидролизуются с образованием альдегидных форм дезоксирибозы, способных взаимодействовать с красителем (реактивом Фельгена).

6. Кислоту вместе с кончиками корешков вылейте в чашку Петри. Перенесите корешки в другую чашку Петри, содержащую дистиллированную воду, и отмойте кислоту. Оставьте на 5 мин.

7. Перенесите корешки в маленькую пробирку с реактивом Фельгена и заткните ее пробкой. Поставьте в прохладное темное место (лучше в холодильник) минимум на 2 ч.

8. Выньте один кончик и поместите его в капле уксусной кислоты на чистое предметное стекло.

9. Отрежьте концевой участок длиной 1–2 мм и отбросьте остальное.

10. Растреплите кончик корешка с помощью двух тонких иголок и накройте покровным стеклом. Поместите препарат на плоскую поверхность, накройте несколькими листками фильтровальной бумаги и сильно нажмите через нее на покровное стекло подушечкой большого пальца. Не допускайте смещения покровного стекла в стороны.

11. Изучите препарат под микроскопом при малом и большом увеличении и найдите клетки, находящиеся на разных стадиях митоза.

**Контрольные вопросы.** 1. В чем преимущество изучения свойств клетки на модели? 2. Что значит полупроницаемость клеточной мембраны? 3. За счет чего увеличивается объем искусственной клетки? 4. Как можно обнаружить целлюлозу, лигнин и суберин в клеточных оболочках? 5. Какими способами можно обнаружить пигменты листа?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бавтуто, Г.А. Лабораторный практикум по анатомии и морфологии растений: [Для биол. спец. пед. ин-тов] / Г.А. Бавтуто. – Мн.: Высшая школа, 1985. – 352 с.
2. Биологический эксперимент в школе: кн. для учителя / А.В. Бинас [и др.]. – М.: Просвещение, 1990. – 192 с.
3. Воронин, Л.Г. Методика проведения опытов и наблюдений по анатомии, физиологии и гигиене человека / Л.Г. Воронин, Р.Д. Маш. – М., 1983.
4. Генкель, П.А. Физиология растений: учеб. пособие по факультативному курсу для 9 класса / П.А. Генкель. – М.: Просвещение, 1970.
5. Грин, Н. Биология: в 3 т.; пер. с англ. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор; под ред. Р. Сопера. – М.: Мир, 1990.
6. Роменко, Т.М. Внеурочные задания по биологии (беспозвоночные животные) : учебно-метод. пособие / Т.М. Роменко, С.И. Денисова. – Мн. : Экоперспектива, 1997. – 248 с.
7. Иванов Е.С. Вегетационные опыты в школе / Е.С. Иванов, Е.А. Лупанов // Биология в школе. – 2007. – № 6. – С. 59–64.
8. Ковалевская, Н.И. Исследование амилазной активности слюны : Эксперимент / Н.И. Ковалевская // Биология в школе. – 2000. – № 2. – С. 62–64.
9. Конюшко, В.С. Методика обучения биологии: учебное пособие / В.С. Конюшко, С.Е. Павлюченко, С.В. Чубаро. – Мн.: Книжный Дом. – 2004. – 256 с.
10. Практикум по методике обучения биологии: учебное пособие для студентов биологических специальностей / В.С. Конюшко, С.В. Чубаро. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2002. – 100 с.
11. Опыты и наблюдения на уроках биологии: метод. пособие / В.С. Анохина [и др.]; под ред. Л.М. Лукьяновича. – Мн.: Университетское, 1991. – 203 с.
12. Прищепа, И.М. Методические указания к лабораторным работам по валеологии / И.М. Прищепа, О.Н. Малах. – Витебск: Изд-во ВГУ им. П. М. Машерова, 2002. – 41 с. – Библиогр.: с. 40.
13. Эксперименты и наблюдения на уроках биологии: метод. пособие / В.С. Анохина [и др.]. – Мн.: БелЭн, 1998. – 208 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Приготовление реактивов

#### 1. Раствора йода в йодистом калии:

1 г йодистого калия растворить в 2,5 мл дистиллированной воды и прибавить 0,5 г кристаллического йода. Когда йод растворится, долить дистиллированной воды, увеличив объем до 150 мл. Раствор хранить в темной склянке. Можно пользоваться и обычной (аптечной) настойкой йода, но следует для этого ее несколько развести водой.

#### 2. Судан III

Краситель, окрашивающий жиры, смолы, кутин, суберин. Употребляют раствор красителя в 20 см<sup>3</sup> крепкого спирта с добавкой 10 см<sup>3</sup> глицерина.

#### 3. Флороглюцин

Используется для обнаружения одревеснения оболочек. Готовят 0,5–1%-ный раствор в 50%-ном спирте.

Срез помещают в каплю раствора, оттягивают реактив фильтровальной бумагой, добавляют 1–2 капли дымящей соляной кислоты и накрывают покровным стеклом. После покраснения одревесневших оболочек переносят срез в глицерин и изучают под микроскопом.

#### 4. Хлористый цинк (хлор-цинк-йод)

Используется для обнаружения неодревесневшей целлюлозы. Для приготовления реактива 30 г хлористого цинка, 10 г йодистого калия и 2 г металлического йода растворяют в 15 см<sup>3</sup> воды. Хранят в склянке темного стекла.

#### 5. Реактив Фелгена (реактив Шиффа)

При выявлении ДНК по Фельгену используется фуксинсернистая кислота (реактив Шиффа). В основе реакции лежит мягкий кислотный гидролиз клеток, благодаря которому освобождаются альдегидные группировки дезоксирибозы ДНК. В результате реакции с реактивом Шиффа, ДНК-содержащие структуры окрашиваются в пурпурно-красный цвет.

#### Метод приготовления реактива Шиффа:

– 0,5 г основного фуксина (марки «для фуксинсернистой кислоты») растворить в 200 мл дистиллированной воды при комнатной температуре;

– добавить в раствор и растворить в нем 5 г сульфита натрия – раствор становится светло-розовым и слегка мутнеет;

– профильтровать;

– добавить 2 г концентрированной соляной кислоты;  
– через 30 минут – 0,5 г активированного угля и профильтровать. Раствор должен стать соломенно-желтым и иметь запах двуокиси серы.

Хранить в холодильнике.

**Внимание:** реактив отличается коррозионной активностью – поэтому обращаться с ними нужно осторожно, в хорошо вентилируемых помещениях, избегать контакта с кожей и глазами. Работать в перчатках и защитных очках.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Изготовление модели клетки (целлофановый мешочек)

Для изготовления модели клетки (целлофанового мешочка) необходимо иметь целлофан – тонкую прозрачную синтетическую пленку, проницаемую для воды. Такая пленка используется в торговле в качестве оберточного материала для различных пищевых продуктов.

В самом простом варианте мешочек – модель клетки – может быть изготовлен из маленького кусочка целлофана и небольшой стеклянной трубочки, например, от обычной аптечной пипетки. Однако есть практический смысл подготовить для демонстрационного опыта постоянный и крупный мешочек-прибор (осмометр), который можно использовать многократно. Для этого мешочек укрепляют на пробке, в которую посредством другой пробки вставляют длинную тонкую стеклянную трубку. Разные устройства такого целлофанового мешочка показаны на рис. 28.

**Изготовление целлофанового мешочка.** Вначале целлофан надо смочить водой и обсушить промокательной (газетной) бумагой или тканью. Величина мешочка – с грецкой орех, несколько больше или меньше (т.е. в поперечнике примерно от 2,5 до 4 см). Кусок пленки необходимого размера собирают в виде мешочка на пробке, направляя складки, прикрепляют его плотно нитками, шпагатом, обрезают лишние концы пленки. Мешочек прикрепляют к пробке с большим отверстием (1–1,5 см), в которое плотно вставляется другая пробка с тонкой (2–3 мм) длинной трубкой (рис. 28, 3). Такой прибор можно легко и быстро наполнять раствором (и промывать от старого), подъем жидкости в нем происходит на глазах – на 5–10 см за 10 мин; нечаянно сломанную трубку легко заменить запасной. Пробка-основа может быть резиновой, корковой или самодельной из пластилина (рис. 28, 4). Аналогичный осмометр можно изготовить из небольшого пузырька без дна (рис. 28, 5).

Важное условие результативности данного опыта – герметичность прибора. Мешочек прикрепляют тугой обвязкой (шпагатом или нитками, предварительно смоченными водой) или специальной липкой лентой (изоляционной, пластырной и т.п.). Если используется корковая пробка, место соединения трубки с ней надо промазать пластилином. Все это обеспечивает подъем жидкости в трубке на высоту 30 см и более, что демонстрирует значительное давление.

В одних опытах мешочек наполняют раствором сахара. Он готовится из двух объемных частей сахарного песка и одной части горячей воды.

В мешочек с раствором можно добавить 1–2 капли красной или зеленой туши либо чернил, медицинской зеленки, или других подходящих красителей. Это сделает более заметными подъем жидкости в трубочке прибора и полупроницаемость клетки: вода поступает в модель клетки, а окрашенное содержимое клетки не выходит наружу. В других опытах мешочки наполняют 2%-ным раствором крахмального клейстера или смесью указанного раствора сахара и крахмала. Мешочек-прибор укрепляют либо в лапке лабораторного штатива, либо проволокой, которой охватывают пробку мешочка, и концами кладут на края банки с водой.

Можно изготовить более простой целлофановый мешочек – без пробки и без раствора, так называемый сухой – с трубкой (для демонстрации поступления воды в клетку) и без нее (для опытов, показывающих поступление в клетку веществ, растворенных в воде). Простота изготовления дает возможность ставить много опытов с целлофановым мешочком, недостатком же являются небольшие размеры, плохо видимые издали.

На лоскут предварительно смоченного и обсушенного целлофана насыпают 1–2 см<sup>3</sup> сахарного песка (можно с добавкой порошка красителя) или смеси сахарного песка с крахмалом в отношении примерно 10:1, свертывают содержимое в плотный мешочек, подрезают концы целлофана и вставляют между ними тонкую стеклянную трубочку, плотно прикрепляют (прикручивают) мешочек ниткой к трубочке (рис. 29, 1).

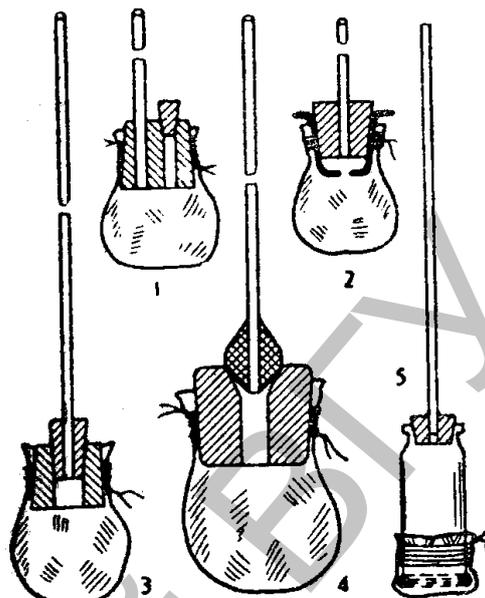


Рис. 28. Различные модели клетки (целлофановые мешочки): 1, 2, 3, 4 – разные мешочки с пробками; 5 – модель (осмометр) из пузырька.

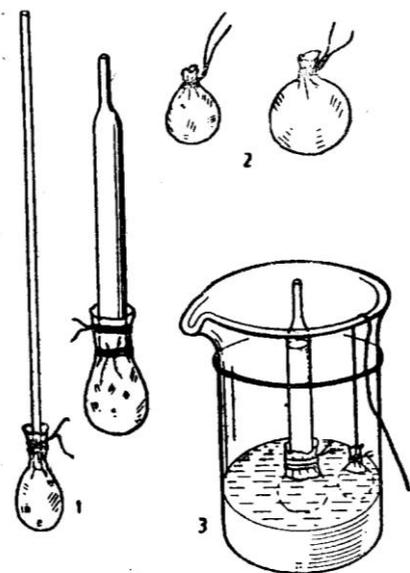


Рис. 29. Модели клетки без раствора (сухой целлофановый мешочек): 1 – без пробки; 2 – тоже без пробки (слева – сухая, справа – набухшая); 3 – постановка опыта с моделью в воде.

Сухой мешочек без трубочки представляет собой шарик («искусственную клетку») диаметром около 1 см, изготовленный из целлофана. Содержимое шарика – сахар или смесь сахара с крахмалом – уплотняют, концы целлофановой пленки складывают в виде жгутика, туго перевязывают нитками, а затем обрезают выше обвязки на 0,5 см (рис. 29, 2). Такие «клетки» могут быть заготовлены впрок – они хранятся длительное время. При постановке опыта клетку-шарик опускают в воду до места обвязки (рис. 29, 3). О поступлении воды и создании напряжения судят по виду и на ощупь: шарик раздувается, округляется, становится упругим, если его проколоть иглой – брызнет струйка.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Получение культуры инфузории-туфельки

Инфузория-туфелька живет в придонном слое стоячей воды, преимущественно в загрязненных водоемах. Для получения туфельки необходимо на небольшой глубине водоема взять пробу поверхностного слоя ила с водой в сосуд емкостью 0,5–1,0 л. Для большей надежности отбор проб воды желательно производить из различных участков водоема или разных водоемов.

Затем стеклянной пипеткой с резиновой грушей взять часть пробы и поместить ее в чашку Петри. В холодное время года пробы воды должны стоять несколько дней в теплом месте.

В качестве питательной среды можно использовать заранее приготовленные среды:

**1) сенной настой.** Сено (не кислое), нарезанное на мелкие части из расчета 2 г на 100 см<sup>3</sup> сырой воды, положить в колбу с водой, закрытую пробкой из ваты. Поставить колбу в термостат при 20–22°C на 2–3 суток. За это время развивается сенная палочка, служащая пищей для инфузории-туфельки. Раствор отфильтровать и внести в него инфузории. Максимальное количество организмов наблюдается на 5–7-й день. Перед внесением в среду инфузорий полезно проверить

реакцию среды и в случае кислой реакции следует подщелочить содержимое колбы несколькими каплями 10%-ного раствора пищевой соды. Вместо сена можно использовать листья сушеного салата;

**2) молочная среда.** В чистые пробирки на 3/4 налить сырую воду, в каждую прибавить по 2–3 капли свежего молока и пересадить пипеткой по 10–20 инфузорий. Пробирки закрыть пробками из ваты. Время от времени (не чаще двух раз в месяц) добавлять каплю молока;

**3) среда на банановой кожуре.** В 0,5 л воды внести высушенную кожуру половины банана и залить смесь кипящей водой. Через 2–3 суток в среду поместить инфузории.

Культура может быть смешанной либо чистой. Для приготовления чистой культуры инфузорий необходимо предварительно прокипятить субстрат, на котором будут разводиться простейшие, и заселить его отловленными с помощью микропипетки выбранными для опытов объектами. Разводят культуры простейших в нескольких повторностях для того, чтобы в дальнейшем оставить для опытов наиболее удавшиеся культуры.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Сохранение дождевых червей для опытов

Дождевые черви могут быть сохранены в деревянных ящиках, ведрах и другой таре, наполненной перегнойной землей, переслоенной опавшими листьями. На каждого дождевого червя должно приходиться примерно 200 см<sup>3</sup> почвы. Заготовленных червей лучше держать в прохладном месте и время от времени увлажнять поверхность земли, в которой они живут. Сверху ящик или ведро следует закрыть мелкоячеистой металлической сеткой. Подкармливать червей можно вареным картофелем, размоченным белым хлебом и т.п., но только в том случае, если почва недостаточно богата перегноем и в ней нет опавших листьев. Корм кладут в неглубокие бороздки и присыпают землей.

Репозиторий ВГУ