

Рабочая тетрадь по курсу «Молекулярная биология» как средство повышения эффективности и активизации учебного процесса

А.И. Гурская

Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»

Данная работа посвящена вопросу использования рабочих тетрадей по отдельным дисциплинам в практике профессиональной подготовки специалистов. Обозначены актуальность темы и ее значение. На примере создания рабочей тетради по курсу «Молекулярная биология» рассматриваются некоторые механизмы, позволяющие, по мнению автора, индивидуализировать учебный процесс, повысить его эффективность. Предлагается система требований к структуре и содержанию тетради, алгоритм работы с ней. В качестве примера готового пособия, построенного в соответствии с обозначенными принципами, приводятся листы рабочей тетради по отдельно взятой теме «Биологические мембраны». Рабочая тетрадь по курсу «Молекулярная биология» является актуальным и, безусловно, необходимым дидактическим средством, позволяющим полноценно и на должном уровне осуществлять профессиональную подготовку студентов биологических специальностей.

Ключевые слова: профессиональная подготовка специалистов, личностно ориентированное образование, молекулярная биология, активизация учебного процесса, рабочая тетрадь по курсу.

Workbook on the course of Molecular Biology as a means of increase of efficiency and activation of educational process

A.I. Gurskaya

Educational establishment «Vitebsk State University named after P.M. Masherov»

The given work is devoted to the problem of use of workbooks on separate disciplines in the practice of vocational training of experts. The urgency of a theme and its value is singled out. On the example of making a workbook for the course of «Molecular biology», some mechanisms, which in the author's opinion allow to individualise the educational process, to raise its efficiency, are considered. A system of requirements to the structure and contents of the workbook, the algorithm of work with it is offered. As an example of the ready book which is constructed according to designated principles, sheets of a workbook on a separate theme «Biological membranes» are presented. The workbook on the course «Molecular biology» is an actual and, certainly, necessary didactic means, allowing to carry out vocational training of students of biological specialities at a high level.

Key words: vocational training of the experts, the formation focused on the person, molecular biology, activation of educational process, a workbook on the course.

В последние годы, в связи с активными процессами глобализации, стандартизации, внедрением инновационных технологий в различных отраслях деятельности человека, существенно возрастают требования к участникам системы социальных взаимоотношений, и, как результат, возрастает роль профессиональной готовности специалистов. Соответственно указанным процессам, особую актуальность приобретает компетентностный подход в образовании, предусматривающий переход от так называемой знаниевой парадигмы в системе подготовки специалистов к системно-деятельностной.

Анализ национальных и мировых тенденций развития высшего образования позволяет сделать следующие выводы:

1. В информационном обществе возникает устойчивая тенденция изменения организации учебной деятельности студентов: сокращение аудиторной нагрузки, замена пассивного слушания лекций и возрастание доли самостоятельной работы студента, что в педагогической практике проявляется в:

- переносе центра тяжести в обучении с преподавания на учение, т.е. систематическую, управляемую преподавателем самостоятельную деятельность студента;
- акценте на управлении самостоятельной работой студентов.

2. В развитии современных знаний проявляется тенденция межпредметности, которая мотивирует модульную организацию учебной информации вузовского образования.

3. Переход к многоступенчатой подготовке специалистов предполагает необходимость обновления технологий обучения, дидактического и психолого-педагогического обеспечения для решения задачи улучшения качества образования по единым критериям независимо от формы процесса обучения [1].

Вместе с тем, следует отметить и тот факт, что все возрастающая массовость высшего образования, на фоне общего снижения качества знаний абитуриентов, ведет к наличию в составе одной университетской группы студентов, значительно отличающихся как по исходному уровню подготовки, так и по способности к усвоению знаний, умений и навыков вузовского курса. Возможность получения платных образовательных услуг и сопутствующее этому процессу некоторое снижение требований к абитуриенту, выбирающему такой способ получения высшего образования, создает основу для еще большей дифференциации внутри группы. Тем не менее, высшее учебное заведение обязано обеспечить вполне конкретное качество подготовки будущего специалиста исходя из требований, предусмотренных стандартом образования. Несмотря на разницу, порой весьма значительную, в исходных данных, необходимо сделать все возможное для того, чтобы профессиональный уровень выпускников высшего учебного заведения максимально соответствовал предъявляемым к нему требованиям. Это говорит о необходимости перехода от поточного к личностно ориентированному образованию.

Одним из средств, активизирующих учебный процесс, повышающих его эффективность и прекрасно сочетающихся с указанными выше тенденциями, является рабочая тетрадь по предмету. Рабочие тетради по циклу учебных дисциплин прочно вошли в методическую систему обучения полной средней школы. Однако широкого применения в профессиональной подготовке специалистов этот вид средств обучения пока не нашел, несмотря на очевидные преимущества.

Рабочая тетрадь позволяет оптимально организовать процессы как индивидуальной (аудиторной и внеаудиторной), так и фронтальной работы, самостоятельной или под руководством преподавателя, помогает контролировать не только результат, но и сам процесс обучения, направлять и при необходимости корректировать его.

Учитывая то значение, которое в связи с последними тенденциями придается контролируемой самостоятельной работе студентов, ис-

пользование рабочих тетрадей по различным дисциплинам должно стать основой для формирования:

- умений и навыков самостоятельной работы, что в свою очередь служит основой для формирования одной из важнейших базовых компетенций – «готовности к образованию на протяжении всей жизни»;
- прочных, достаточных теоретических знаний по дисциплине;
- умения применять полученные теоретические знания для решения конкретных разноуровневых практических задач;
- умения работать с основной и дополнительной литературой, осуществлять поиск по электронным базам данных, использовать возможности интернет-источников;
- адекватной оценки студентом собственных возможностей и уровня притязаний.

Так, необходимость оптимизации процесса обучения, увеличение доли самостоятельной контролируемой работы стали объективными условиями для создания подобного пособия по курсу «Молекулярная биология».

Целью данной статьи является выявление требований к структуре и содержанию материала рабочей тетради по курсу «Молекулярная биология», построение алгоритма работы с ней и определение возможности использования подобного дидактического материала в качестве средства активизации и повышения эффективности учебного процесса.

Материал и методы. Материалом для выполнения данной работы послужили: программа курса «Молекулярная биология»; имеющиеся разработки, содержащие разноуровневые задания для проведения практических занятий по курсу «Молекулярная биология», системы заданий для тестирования, тематические графические задания. В ходе выполнения работы проведены: анализ литературных источников, посвященных проблеме создания и использования рабочих тетрадей; анализ доступных для изучения рабочих тетрадей по смежным дисциплинам (имеющихся в свободном доступе в сети интернет или продаже рабочих тетрадей по курсу «Молекулярная биология» не обнаружено); отобран и структурирован необходимый материал непосредственно по дисциплине. Работа выполнена с использованием методов систематизации и анализа литературных источников, сравнения, обобщения, классификации, социологического исследования (наблюдение, опрос).

Результаты и их обсуждение. Учитывая существующий опыт создания рабочих тетрадей по отдельным дисциплинам и личные наблюдения, касающиеся возможностей активизации процесса обучения, и, соответственно, улучшения его качества, автором определены следующие требования к структуре и содержанию рабочей тетради:

1. Рабочая тетрадь студента по дисциплине не должна быть статична. Это – не аналог традиционной ученической тетради с фиксированным числом листов, без возможности внесения дополнений и изменений на любом этапе формирования. На наш взгляд, именно динамика, возможность изменяться, «расти» вместе с уровнем знаний обладателя, его интересами и потребностями, возможность быть дополненной, необходимой конкретному студенту информацией на любом из этапов могут обеспечить полноту усвоения материала. Такое пособие как нельзя лучше соответствует требованиям времени. Рабочая тетрадь, ее содержимое (но не структура, логика и последовательность изложения материала имеет решающее значение) может и должно претерпевать изменения. Актуальным и соответствующим потребностям всех заинтересованных сторон является создание не традиционной рабочей тетради по предмету, а мобильной системы, состоящей из отдельных листов формата А4, содержащей все необходимое для аудиторной и внеаудиторной работы и построенной по единому алгоритму. Листы рабочей тетради возможно подшивать в папку-скоросшиватель или использовать готовые тетради на кольцах, имеющиеся в продаже. Соответственно, предпочтительным является наличие свободного доступа студентов к электронному варианту листов рабочей тетради. Такая форма тетради имеет свои преимущества и при работе со студентами заочного отделения, т.к. по сути может выполнять функции электронной рабочей тетради.

2. Разработанная подобным образом и имеющая возможность к динамике рабочая тетрадь должна содержать инвариантную основу – обязательный компонент, наличие которого необходимо для всех и строго контролируется преподавателем, и вариативную часть – задания определенного уровня сложности, выбранные студентом (самостоятельно или с помощью преподавателя), творческие задания, дополнения, личные записи по теме и др. В этом случае вариативная часть, сформированная с учетом личных предпочтений и возможностей, дает возможность индивидуализировать процесс

обучения. Студент имеет возможность выстроить индивидуальный образовательный маршрут по предлагаемому для изучения курсу.

3. Организованная таким образом тетрадь более всего соответствует потребностям и ожиданиям студентов (по результатам опроса), т.к. в итоге она приобретает вид законченного дидактического пособия, которое может применяться на любых этапах изучения предмета, а также проведения контроля (в том числе и главным образом при подготовке к экзамену). Она позволяет в конце курса иметь на руках индивидуально структурированный учебный материал по предмету, проработанный самостоятельно и/или с помощью преподавателя, достаточный для овладения курсом согласно уровню, выбранному студентом, и соответствующий требованиям образовательного стандарта по дисциплине.

Разработанная рабочая тетрадь по курсу «Молекулярная биология» имеет следующую структуру:

- пояснительная записка (знакомит студента с назначением тетради, особенностями ее организации и правилами работы с ней);
- введение (сообщает цели и задачи курса, содержит перечень обязательных требований по предмету, технологическую карту дисциплины с обязательным указанием тематического планирования, форм и сроков контроля, критериев оценки);
- учебный материал по темам курса (цели и задачи данной темы; перечень знаний, умений и навыков, формируемых при изучении темы; вопросы по теме, выносимые на экзамен; список основной и дополнительной литературы; теоретический минимум по теме, глоссарий, разноуровневые упражнения на отработку основных понятий и понимание процессов, задачи разных типов и образцы их решений, тестовые задания);
- индивидуальный оценочный лист.

Предлагаемое нами учебное издание выполняет все функции рабочей тетради, соответствующей смешанному виду рабочей тетради и включает разнообразные задания:

- задания-упражнения;
- задания графического типа;
- задания-тесты и др., представленные на трех уровнях учебно-познавательной деятельности (репродуктивном – уровень А, продуктивном (аналитическом) – уровень В, творческом – уровень С).

Предполагается следующий алгоритм работы студента при изучении конкретных тем курса с использованием материалов рабочей тетради:

Вид работы	Этапы выполнения	Содержание
Внеаудиторная самостоятельная работа	1	Зная тему предстоящего занятия, студент знакомится с целями и задачами изучения данной темы, перечнем вопросов для подготовки, отмечает для себя вопросы по теме, вынесенные на экзамен, и, используя приведенный список основной и дополнительной литературы (или же содержащийся в тетради теоретический минимум для работы на репродуктивном уровне А), изучает вопросы темы теоретически
	2	Заполняет глоссарий по теме (с ссылками на источник, что позволит преподавателю определить, с каким числом литературных источников студент работал, при необходимости эту информацию можно уточнить в процессе аудиторной работы)
	3	Выполняет задания для самостоятельной внеаудиторной работы согласно выбранному для изучения данной темы уровню. Этот уровень как минимум должен затем быть поддержан в аудиторной работе, а, возможно, и повышен. Положительной при этом можно считать возможность адекватного выбора студентом уровня и, соответственно, темпа изучения темы; возможность спокойно, без фиксированного времени, попробовать свои силы в выполнении заданий разного уровня и в индивидуальном порядке определить подходящий. Принимая для себя возможным изучение темы на репродуктивном уровне (сознавая при этом, что возможный максимум полученной при этом отметки остановится на определенном балле), студент совершенно естественно затратит на выполнение внеаудиторной самостоятельной работы меньше времени, чем если бы выбран был продуктивный уровень, но и оценка результата его деятельности будет в этих случаях различна
Работа в аудитории	4	В аудитории совместно с преподавателем и при активном участии последнего обсуждаются основные положения темы, разбираются вопросы, возникшие при самостоятельной внеаудиторной проработке вопроса, заполняется раздел «Задания для работы в аудитории». На этом этапе ведется фронтальная работа. Она позволяет наилучшим образом с помощью преподавателя структурировать проработанный материал и применить его в решении конкретных практических задач. Соответственно, при формировании этого раздела целесообразно использовать разнообразные виды заданий. На этом этапе преподаватель может скорректировать знания студентов по теме: выявить и восполнить некоторые пробелы, ответить на интересующие вопросы. Задания этого раздела не делятся по уровням, а материал излагается преподавателем на достаточно высоком уровне, что дает возможность выбравшим уровень А (репродуктивный) «тянуться» к более высокому уровню и не снижает существенно активности выбравших уровни В и С
	5	Выполнение заданий индивидуальной аудиторной работы. Предлагаемые на данном этапе задания позволяют оценить степень усвоения материала темы и являются формой контроля. Результаты выполнения оцениваются и фиксируются в индивидуальный оценочный лист. Студенту предлагается 2 задания: – индивидуальные практические задания (решение задач, заполнение таблиц, составление схем, работа с изображениями, анализ экспериментальных данных, работа с текстами актуальных тематических периодических изданий и т.п.); – тестовые задания. Степень сложности последних соответствует выбранному уровню

В качестве примера приведем материалы по теме «Биологические мембраны». В тетради тема представлена следующим образом.

«Биологические мембраны»

Цель занятия: конкретизировать и углубить имеющиеся знания о строении и функциях биологических мембран; обозначить четкую взаимосвязь между молекулярным строением мембран клеток различных тканей и выполняемыми функциями.

Задачи:

- актуализировать имеющиеся знания об особенностях строения и функций плазматической мембраны;
- проанализировать молекулярный состав биологических мембран (особенности структуры и функций мембранных липидов и белков);
- получить представление о взаимосвязи строения и функций биологических мембран;
- сформировать умение описывать и объяснять процессы, происходящие при участии биологических мембран;
- научиться применять полученные знания для решения разного уровня практических задач.

Вопросы для подготовки:

1. Особенности строения биологических мембран:

1.1. Эволюция представлений о строении биомембран:

- принцип строения (различные модели строения мембран);
- количественные характеристики (соотношение по общей массе липидов и белков, толщина мембраны и др.);
- основные свойства (замкнутость, асимметрия и др.).

1.2. Химическое строение мембран:

- структура и функции мембранных белков;
 - особенности организации мембранных липидов.
2. Функции биологических мембран (во взаимосвязи со строением).

3. Перенос веществ через мембраны:

3.1. Способы переноса низкомолекулярных соединений:

- простая диффузия;
- облегченная диффузия;
- активный транспорт.

3.2. Перенос через мембраны частиц и высокомолекулярных соединений (везикулярный транспорт):

- эндоцитоз (пиноцитоз; фагоцитоз; эндоцитоз, опосредованный рецепторами);
- экзоцитоз (секреция, экскреция, рекреция).

4. Мембранные потенциалы и нервные импульсы:

- потенциал покоя;
- потенциал действия;
- механизм передачи нервного импульса;
- молекулярные основы передачи нервного импульса (нейромедиаторы).

Вопросы по теме, предусмотренные в качестве экзаменационных по дисциплине:

1. Функции мембран. Химическое строение. Структура и функции мембранных белков. Мембранные липиды и жидкостность мембран.
2. Динамическая природа плазматических мембран. Модели мембран. Перенос веществ через мембраны. Мембранные потенциалы и нервные импульсы.

Литература:

1. Лекция № 2 «Мембраны. Метаболизм».
2. Чиркин А.А. Биохимия: учеб. руководство / А.А. Чиркин, Е.О. Данченко. – М.: Мед. лит., 2010. – 624 с.: ил. (с. 95–114).
3. Белясова Н.А. Биохимия и молекулярная биология: учеб. пособие / Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.: ил. (с. 88–115, 161–326).
4. Мушкваров Н.Н., Кузнецов С.Л. Молекулярная биология: учеб. пособие для студентов медицинских вузов. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2003. – 544 с.: ил. (с. 218–300).

Дополнительная литература:

1. Мусил Я., Новикова О., Кунц К. Современная биохимия в схемах: пер. с англ. – 2-е изд., исправл. – М.: Мир, 1984. – 216 с.: ил. (с. 107–114).
2. Кольман Я., Рём К.-Г. Наглядная биохимия. – М.: Мир, 2000. – 469 с.: ил. (с. 216–223).

Теоретический минимум по теме:

содержит теорию по теме в соответствии с программными требованиями.

Глоссарий:

содержит определения основных понятий по вопросам темы.

Задания для самостоятельной внеаудиторной работы:**Уровень А:**

1. Заполните пропуски в следующих утверждениях:
 1. Молекулы липидов в биологических мембранах образуют непрерывный двойной слой толщиной 5 нм, называемый _____.
 2. В мембранах присутствуют 3 основных типа липидов, а именно _____, _____ и _____.
 3. Все мембранные липиды – _____, поскольку один конец их молекул гидрофильный, а другой – гидрофобный.

4. Липиды, содержащие олигосахариды и называемые _____, присутствуют только в наружной половине бислоя. Их углеводные группы экспонированы на поверхности клетки.

5. Гидрофильный конец молекулы фосфолипида состоит из _____ головы, а гидрофобная часть состоит из двух _____ хвостов.

6. Гликолипиды, имеющие в своем составе сиаловую кислоту, называются _____.

7. Белки, пронизывающие бислой и контактирующие с водной средой с обеих сторон клеточной мембраны, называются _____ белками.

8. Подобно липидам мембраны, мембранные белки способны вращаться относительно оси, перпендикулярной плоскости бислоя (_____ диффузия); многие из них могут двигаться в плоскости мембраны (_____ диффузия); но они не могут перемещаться поперек бислоя (путем _____).

9. На поверхности клеток эукариот имеются три вида молекул, содержащих углеводы: _____, _____ и _____.

10. Чтобы небольшие полярные молекулы, например сахара, аминокислоты, а также ионы могли проходить через мембрану клетки, необходимы особые белки, называемые _____ белками, которые осуществляют их перенос.

11. Поступление веществ в клетку регулируется двумя основными транспортными процессами: транспортом, не требующим затрат энергии, и _____ транспортом, при котором отдельные растворенные вещества проходят через мембрану против градиента концентрации.

12. Неодинаковое распределение ионов по двум сторонам от плазматической мембраны приводит к возникновению на ней электрохимического потенциала, называемого _____. Он целиком зависит от существования _____ каналов, благодаря которым проницаемость мембран большинства животных клеток для ионов K^+ в 100 раз выше чем для Na^+ .

13. Передача сигналов от нервных клеток к клеткам-мишеням происходит через особые области, известные под названием _____, где регулируемые ионные каналы клетки-мишени отвечают на присутствие сигнальной молекулы-медиатора, называемого _____, открыванием или закрыванием каналов и изменением потенциала на мембране.

14. Цикл эндоцитоза начинается в особых участках плазматической мембраны, называемых _____, которые у различных культивируемых клеток занимают около 2% поверхности.

15. Клетки поглощают макромолекулы и частицы, окружая их небольшим участком цитоплазматической мембраны, который выпячивается внутрь клетки, образуя пузырек (везикулу); процесс известен как _____.

II. Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие – нет. Если утверждение неверно, объясните почему.

1. Липидный бислой – основной структурный компонент всех клеточных мембран.

2. Молекулы липидов свободно диффундируют в плоскости бислоя, но не могут преодолеть его в поперечном направлении путем мгновенного перескока молекулы с одной стороны бислоя на другую (транслокация, или «флип-флоп»), если в мембране нет особых ферментов, известных под названием транслокаторов фосфолипаз.

3. Мембранные белки образуют протяженный монослой на обеих поверхностях липидного бислоя.

4. Подвижность мембранных белков может быть ограничена в результате взаимодействия их со структурами, находящимися либо вне, либо внутри клетки.

5. В молекулах протеогликанов белка содержится больше углеводов, тогда как в гликопротеинах содержится больше углеводов, чем белка.

6. Плазматическая мембрана непроницаема для всех заряженных молекул.

7. Потенциал покоя на мембране типичной животной клетки возникает преимущественно благодаря работе $(Na^+ + K^+)$ -насоса, который за каждый цикл переносит три иона Na^+ из клетки и два иона K^+ в клетку, в результате чего внутри нее накапливается избыточный отрицательный заряд.

8. Как при экзоцитозе, так и при эндоцитозе происходит слияние мембран, но в разных направлениях относительно плазматической мембраны.

9. Клетки поглощают макромолекулы из внешней среды с помощью двух различных молекулярных механизмов: отдельные макромолекулы захватываются путем эндоцитоза, опосредуемого рецепторами, тогда как частицы захватываются путем фагоцитоза.

10. Выделение вещества в среду из секреторных везикул и доставка новых компонентов к плазматической мембране из аппарата Гольджи происходят по механизму экзоцитоза.

Уровень В:

I. Укажите, какие из следующих утверждений правильные, а какие – нет. Если утверждение неверно, объясните почему.

1. Та поверхность мембраны эритроцита, которая обращена внутрь клетки, заряжена отрицательно, потому что в этой половине бислоя имеется относительный избыток фосфатидилсерина.

2. При электрофорезе в полиакриламидном геле с ДСН отдельные белки мигрируют со скоростью, обратно пропорциональной молекулярной массе: чем крупнее молекулы белка, тем сильнее они тормозятся сложной пространственной сеткой геля и тем медленнее продвигаются от старта.

3. Возможно у молекул белков, которые дважды пронизывают липидный бислой, трансмембранные участки полипептидных цепей имеют β -складчатую конформацию.

4. В плазматической мембране все углеводы обращены кнаружи от поверхности клетки, а все углеводы внутренних мембран обращены к цитоплазме.

5. Белки, формирующие каналы (например, потенциалзависимый Na^+ -канал), переносят ионы гораздо быстрее, чем белки-переносчики (такие, как $(Na^+ + K^+)$ -насос), при этом они не зависят от источников энергии; следовательно, транспорт при помощи каналов – это всегда пассивный транспорт.

6. Лиганды белков переносчиков перемещаются наподобие вращающейся двери, не нарушая целостности липидного бислоя.

7. Вещества, секретируемые клеткой в ответ на внешний сигнал, хранятся в секреторных везикулах (гранулах); вещества, секретируемые конститутивно, не заключаются в везикулы.

8. Пренуклеарные эндосомы сливаются с лизосомами с образованием вторичных лизосом.

9. Важное различие между эндоцитозом, опосредуемым рецепторами, и фагоцитозом состоит в том, что первый идет постоянно и независимо от присутствия лигандов в среде, тогда как второй – только в том случае, если клетка сталкивается с чем-то пригодным для питания.

10. Вирусы гриппа, относящиеся к группе вирусов, имеющих оболочку, проникают в клетки в процессе эндоцитоза, опосредуемого рецепторами, и вследствие низкого pH в эндосоме в оболочке вируса активируется особый гликопротеин, индуцирующий слияние мембран.

II. Проанализируйте данные эксперимента:

Одна из труднейших проблем мембранологии – выявление связей между различными мембранными белками. Связи между спектрином, анкирином, белком полосы 3 и актином, за счет которых возникает сетеподобная структура на цитоплазматической стороне мембраны эритроцитов, изучали различными методами. Один из самых распространенных методов основан на использовании антител, специфичных к данным белкам. В этом случае инкубируют смесь двух белков и затем добавляют антитела, специфичные к одному из них. Образующиеся при этом комплексы белок–антитело осаждают и анализируют. Результаты применения этого метода для смесей спектрина, анкирина, белка полосы 3 и актина суммированы в табл. 1.

Таблица 1

**Преципитация мембранных белков эритроцитов антителами,
специфичными к отдельным белкам**

Смесь белков	Специфичность антител	Белки в осадке
Белок полосы 3 + актин	Актин	Актин
Белок полосы 3 + спектрин	Спектрин	Спектрин
Белок полосы 3 + анкирин	Анкирин	Белок полосы 3 + анкирин
Актин + спектрин	Спектрин	Актин + спектрин
Актин + анкирин	Анкирин	Анкирин
Спектрин + анкирин	Спектрин	Спектрин + анкирин

На основании данных табл. 1 сделайте вывод о связи между этими белками.

Уровень С:

Образец решения:

1) Предположим, что вас интересует распределение различных фосфолипидов в плазматической мембране эритроцитов человека. Прежде всего на долю фосфолипидов в бислое эритроцитов приходится 60% массы всех липидов, тогда как доля холестерина составляет 30%, а гликолипидов – 10%. Фосфолипиды включают фосфатидилхолин (28%), фосфатидилэтаноламин (27%), сфингомиелин (26%), фосфатидилсерин (13%) и некоторые другие, минорные, фосфолипиды (несколько процентов). Чтобы выявить распределение этих фосфолипидов, целые эритроциты и их тени обрабатывают:

а) двумя различными фосфолипазами;

б) не проникающим через мембрану флуорохромом (SITS), который, связываясь химически с первичными аминогруппами, специфически метит их.

Под действием сфингомиелиназы разрушается до 85% сфингомиелина в случае эритроцитов (лизиса клеток при этом не происходит) и немного больше в случае теней эритроцитов. После обработки интактных эритроцитов смесью фосфолипаз из яда морских змей в среду выходят продукты расщепления фосфатидилхолина (лизиса клеток не происходит), а при обработке теней эритроцитов эти же фосфолипазы вызывают, кроме того, разрушение фосфатидилсерина и фосфатидилэтаноламина. Реагент SITS метит почти полностью фосфатидилэтаноламин и фосфатидилсерин в тенях эритроцитов и лишь около 1% этих соединений в целых клетках.

Результаты данных опытов представлены в табл. 2. Они позволяют судить о распределении четырех основных фосфолипидов в мембранах эритроцитов.

Таблица 2

Чувствительность фосфолипидов в составе эритроцитов человека и в составе теней этих клеток к фосфолипазам и к метке SITS, не проникающей через мембрану

Фосфолипид	Сфингомиелиназа		Яд морских змей		Флуоресценция SITS	
	эритроциты	тени	эритроциты	тени	эритроциты	тени
Фосфатидилхолин	–	–	+	+	–	–
Фосфатидилэтаноламин	–	–	–	+	–	+
Сфингомиелин	+	+	–	–	–	–
Фосфатидилсерин	–	–	–	+	–	+

Используя приведенные выше данные, дайте ответ на вопросы:

А. Какие фосфолипиды сосредоточены в обоих монослоях этих мембран и есть ли такие?

Б. Почему в этих опытах использовали эритроциты?

Решение:

А. Только фосфатидилсерин и фосфатидилэтаноламин содержат аминогруппы, которые могут взаимодействовать с SITS. Поскольку эти фосфолипиды могут быть помечены только после того, как эритроциты станут проницаемыми (в процессе превращения в «тени»), они, по-видимому, располагаются во внутреннем монослое. Это заключение подтверждается результатами опытов со змеиным ядом, который разрушает фосфатидилсерин и фосфатидилэтаноламин только в тенях. Все это показывает, что данные фосфолипиды локализованы почти исключительно во внутреннем монослое мембраны эритроцитов.

Разрушение фосфатидилхолина и сфингомиелина фосфолипазой в живых, неповрежденных клетках свидетельствует о том, что эти два фосфолипида размещаются в наружном монослое. Это справедливо, если эритроциты действительно остаются интактными при такой ферментативной обработке. В этих опытах по использованию змеиного яда отсутствие деградации фосфатидилсерина и фосфатидилэтаноламина в интактных клетках служит внутренним контролем. В отношении эффекта сфингомиелиназы внутреннего контроля нет, но отсутствие лизиса клеток указывает на то, что мембрана остается неповрежденной.

Результаты, приведенные в табл. 2, не исключают возможности того, что фосфатидилхолин и сфингомиелин локализованы во внутреннем монослое. Однако, судя по количеству сфингомиелина, расщепленного сфингомиелиназой, почти весь сфингомиелин находится в наружном монослое мембраны. Для фосфатидилхолина таких данных нет, таким образом, было бы неправильно считать, что фосфатидилхолин локализован исключительно в наружном монослое.

Б. Вы выбираете эритроциты для этих экспериментов, поскольку в них нет внутренних мембран. Если бы такие опыты проводились на клетках, у которых есть внутренние мембраны, то нельзя было бы непосредственно определить фосфолипидный состав внутреннего монослоя, поскольку фосфолипиды внутренних мембран могут оказать маскирующее влияние.

Задачи:

1. Представьте себе, что ваш товарищ только что вернулся из путешествия по Африке. При переправе через реку Лимпопо его укусила ядовитая змея, и он чуть не умер от интенсивного гемолиза. Как истинный биолог, ваш товарищ, до того как потерял сознание, поймал эту змею и теперь попросил вас проанализировать ее яд, чтобы установить природу его гемолитической активности. Вы обнаруживаете, что в яде присутствуют протеаза (разрывающая пептидные связи в белках), нейраминидаза (отщепляющая остатки сиаловой кислоты от ганглиозидов) и фосфолипаза (расщепляющая фосфолипиды). В результате обработки изолированных эритроцитов этими очищенными ферментами были получены данные, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Результаты обработки эритроцитов ферментами, выделенными из змеиного яда

Очищенный фермент	Гемолиз
Протеаза	Нет
Нейраминидаза	Нет
Фосфолипаза	Да

Анализ продуктов гемолиза, вызываемого фосфолипазой, показал необычно высокое содержание в них свободного фосфорилхолина (холина, связанного с остатком фосфорной кислоты) и диацилглицерола (глицерола, соединенного с двумя цепями жирных кислот).

Используя приведенные выше данные, дайте ответ на вопросы:

А. Что служит субстратом для фосфолипазы, в каком участке молекулы субстрат расщепляется?

Б. На основании ваших знаний о структуре плазматической мембраны объясните, почему фосфолипаза вызывает лизис эритроцитов, а протеаза и нейраминидаза – нет.

2. Предположим, что вы изучаете связывание белков с внутренней поверхностью плазматической мембраны культивируемых клеток нейробластомы. Вы нашли метод, который позволяет получить из плазматической мембраны пузырьки, вывернутые наизнанку (везикулы). Однако в ваших препаратах везикул есть, к сожалению, в том или ином количестве примесь правильно замкнутых везикул. Что бы вы ни делали, избежать этого не удастся. Ваш коллега предложил подвергнуть полученные везикулы аффинной хроматографии, пропустив их через колонку, приготовленную из гранул, к которым присоединены лектины. В чем смысл подобного предложения?

3. Гормон инсулина – небольшой белок, который связывается с рецептором на плазматической мембране жировых клеток. В результате этого связывания скорость поглощения глюкозы клетками резко и быстро (в течение нескольких минут) возрастает, причем данное увеличение не блокируется ингибиторами синтеза белков или гликозилирования. Следовательно, инсулин должен увеличивать активность переносчика глюкозы в плазматической мембране, но не общее число таких переносчиков в клетке. Результат описанного ниже опыта указывает на возможный механизм действия инсулина. В ходе эксперимента измеряли концентрацию переносчика глюкозы во фрагментах мембран, полученных из контрольных клеток и клеток, обработанных инсулином (табл. 4). О концентрации переносчика судили по количеству связанного цитохалазина В, содержащего радиоактивную метку.

**Количество переносчика глюкозы, связанного с плазматической мембраной
и внутренними мембранами, в присутствии и отсутствии инсулина**

Мембранная фракция	Связанный ^3H -цитохалазин В, имп/(мин·мг белка везикул)	
	Необработанные клетки (–инсулин)	Обработанные клетки (+инсулин)
Плазматическая мембрана	890	4480
Внутренние мембраны	4070	480

Объясните механизм, за счет которого транспорт глюкозы возрастает в обработанных инсулином клетках [2].

Задания для работы в аудитории:

- Дайте определение понятию «клеточная мембрана». Перечислите и охарактеризуйте основные свойства и функции мембран.
Клеточная мембрана –
Свойства мембран:
 - 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4)
 Функции мембран:
 - 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4)
 - 5)
- Рассмотрите рис. 1. Сделайте соответствующие обозначения.

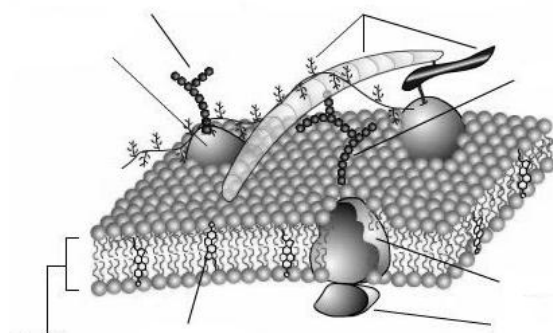


Рис. 1. Строение плазматической мембраны.

- В чем состоит влияние липидного состава на свойства мембран?
- Перечислите основные виды мембранных белков, исходя из их функции:
 - 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4)
- На рис. 2 схематично изображены три способа прохождения низкомолекулярных веществ через мембраны. Дайте название этим процессам и кратко их охарактеризуйте.

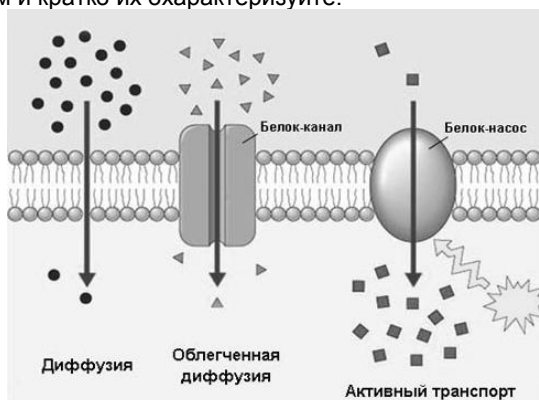


Рис. 2. Способы прохождения веществ через мембрану.

6. Назовите механизмы энергообеспечения активного транспорта:

- 1)
- 2)

Рассмотрите рис. 3. Сделайте вывод относительно существующих в клетке возможностей сопряжения переноса веществ по градиенту концентрации и против.

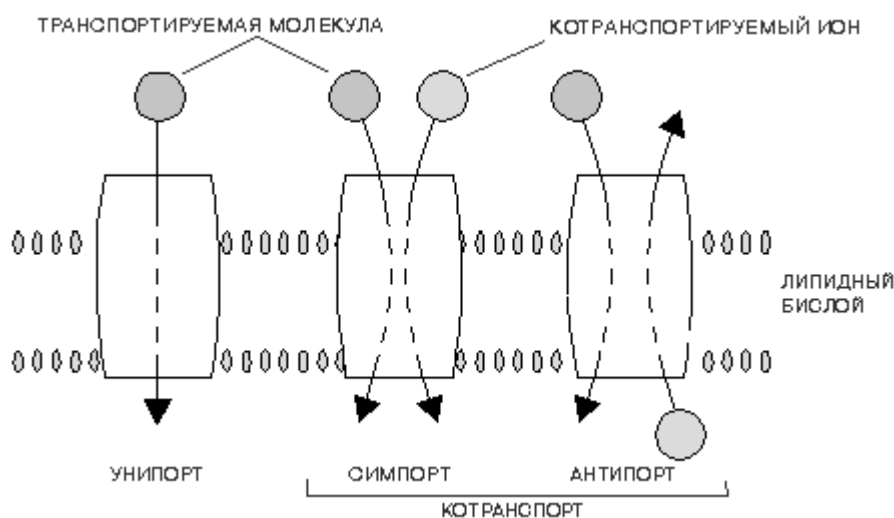


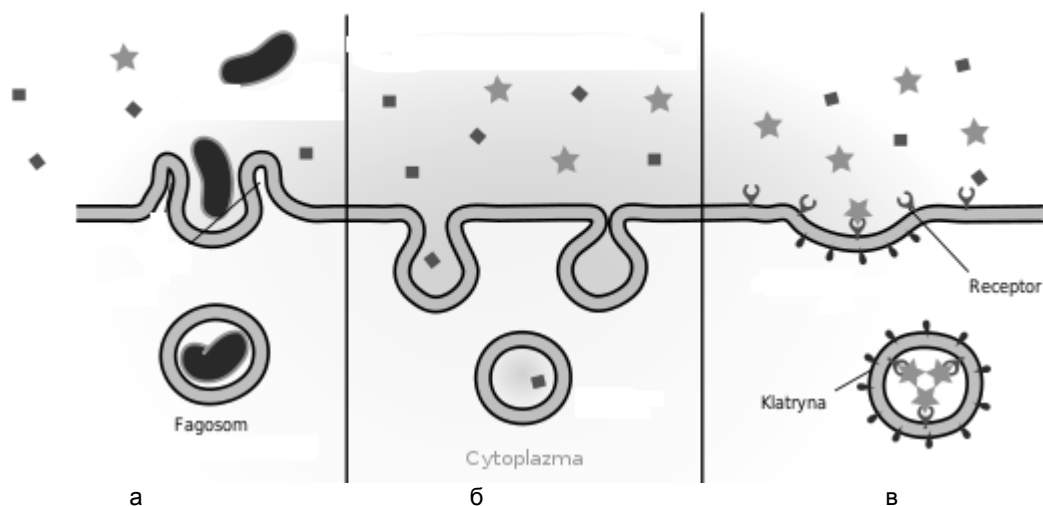
Рис. 3. Сопряжение транспорта двух веществ.

7. Эндоцитоз – перенос частиц в клетку. Его разновидностями являются:

-
-
-

Сделайте соответствующие обозначения на рис. 4.

Endocytoza



- а –
- б –
- в –

Рис. 4. Разновидности эндоцитоза.

8. Экзоцитоз – перенос частиц и крупных соединений из клетки. Его разновидности:

-
-
-

Сделайте соответствующие обозначения на рис. 5.

Exocytosis

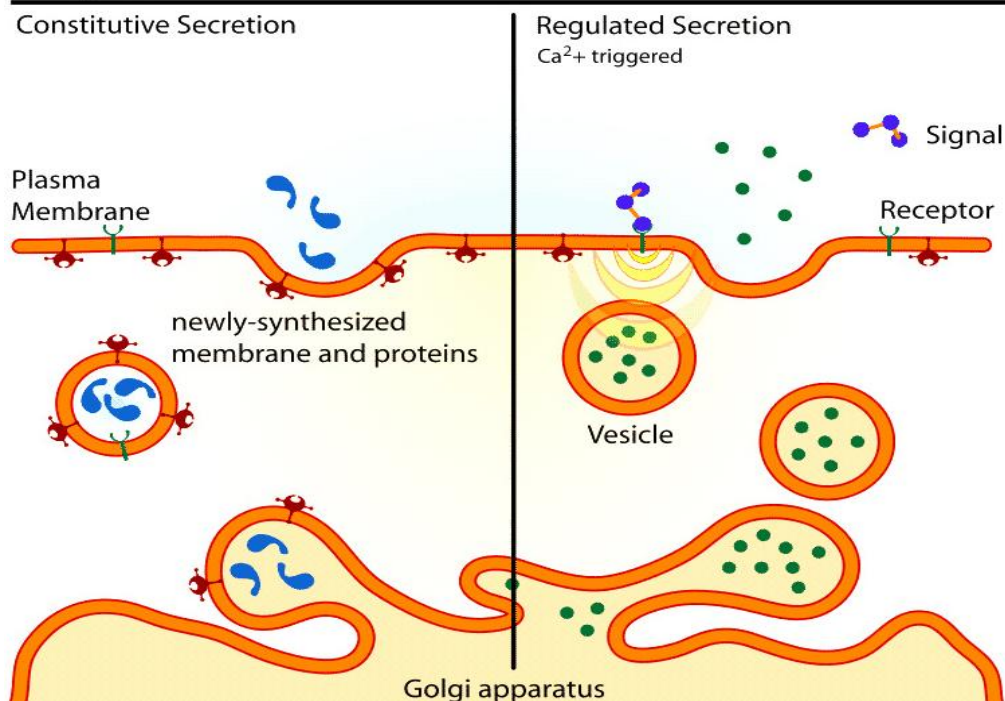


Рис. 5. Экзоцитоз – перенос частиц и крупных соединений из клетки.

Его разновидности:

- а –
- б –
- в –

Тестовые задания:

Уровень А:

№ п/п	Задание	Выбранный вариант ответа	Примечания
1	Биологические мембраны – это... а) структуры толщиной в один молекулярный слой, ограничивающие цитоплазму и большинство органелл клетки; б) полисахаридные слои снаружи клетки, охватывающие всю клетку и вмещающий ее протопласт; в) функционально активные поверхностные структуры толщиной в несколько молекулярных слоев, ограничивающие цитоплазму и большинство органелл клетки, а также образующие единую внутриклеточную систему канальцев, складок, замкнутых областей; г) структуры эукариотической клетки, в основном предназначенные для выведения веществ, синтезированных в эндоплазматическом ретикулуме		
2	Большинство мембран эукариотических клеток, включая плазматическую мембрану, синтезируется в: а) эндоплазматическом ретикулуме; б) лизосомах; в) кариоплазме; г) митохондриях		
3	Мембранные липиды: а) амфипатические структуры; б) образуют монослой; в) составляют до 90% массы мембраны; г) пронизывают мембрану насквозь		
4	Какое вещество придает мембране жесткость (уменьшает текучесть): а) церамид; б) сфингомиелин; в) холестерол; г) актин		

5	Трансмембранные белки: а) являются компонентами мембран только митохондрий; б) связаны с мембранами, не взаимодействуют с гидрофобной внутренностью липидного бислоя; в) ассоциированы на наружной поверхности мембраны; г) пронизывают мембрану насквозь		
6	Некоторые транспортные белки просто переносят какое-либо растворенное вещество с одной стороны мембраны на другую. Такой простой перенос называется: а) унипортом; б) симпортом; в) антипортом; г) нет правильного ответа		
7	Пассивная диффузия – ... а) сопряженный с потреблением незначительных количеств энергии перенос веществ через мембрану против электрохимического градиента; б) перенос веществ через мембрану с помощью специальных транспортных белков; в) захват и поглощение клеткой растворимых макромолекулярных соединений; г) процесс транспорта через мембраны веществ из области с большей их концентрацией в область с меньшей концентрацией (по химическому градиенту), в котором не принимают участие транспортные белки и не затрачивается энергия		
8	Один из видов эндоцитоза, при котором поглощаются те молекулы, для которых на плазматической мембране есть специфические рецепторы, ассоциирующиеся только с данным типом молекул, называется: а) специфическим эндоцитозом; б) неспецифическим эндоцитозом; в) эндоцитозом, опосредуемым рецепторами; г) симпортом		
9	Прохождение через мембрану ионов Na^+ и K^+ происходит путем: а) диффузии; б) осмоса; в) активного переноса; г) не осуществляется		
10	Через липидный слой мембраны свободно проходит: а) вода; б) эфир; в) глюкоза; г) крахмал;		

Уровень В:

№ п/п	Задание	Выбранный вариант ответа	Примечания
1	К свойствам биологических мембран можно отнести следующее: а) текучесть; б) симметрия; в) замкнутость; г) фотосинтетическая активность		
2	В типичном случае липиды мембран имеют характерное строение: гидрофильная «головка» и 2 гидрофобных «хвоста». В случае гликолипидов в состав гидрофильной «головки» входят: а) только углеводный компонент; б) углевод и ненасыщенные жирные кислоты; в) азотистое основание, фосфатная группа и глицерин; г) только азотистое основание		
3	Фосфоглицеролипиды в составе мембран выполняют: а) структурную функцию; б) участвуют в проведении нервных импульсов; в) участвуют в регуляции клеточного метаболизма; г) нет правильного ответа		

4	Наиболее распространенным стеролом мембран животных и многих бактерий является: а) эргостерол; б) сфингозин; в) холестерол; г) глицерол		
5	С помощью процессов облегченной диффузии в клетку поступают: а) частицы субстрата; б) нервные импульсы; в) низкомолекулярные соединения; г) аминокислоты		
6	Клетки поглощают холестерол путем: а) эндоцитоза, опосредуемого рецепторами; б) фагоцитоза; в) клетки не поглощают холестерол; г) все перечисленное верно		
7	Перемещение молекул воды через полупроницаемую мембрану из области с высоким водным потенциалом и низкой концентрацией растворенного вещества в область с низким водным потенциалом и высокой концентрацией растворенного вещества называется: а) пиноцитозом; б) осмосом; в) латеральной диффузией; г) симпортом		
8	С помощью секреции из клетки могут выделяться: а) только высокомолекулярные вещества; б) только низкомолекулярные вещества; в) как высокомолекулярные, так и низкомолекулярные вещества; г) только гормоны		
9	К числу адгезивных мембранных белков можно отнести: а) периферические белки; б) сфингомиелины; в) селектины; г) иммуноглобулины (Ig-подобные белки)		
10	Экспериментальная методика, в которой радиоизотопная или флуоресцентная метка, не проникающая через мембрану, используется для того, чтобы выяснить, на каких сторонах мембраны локализованы мембранные белки, называется: а) векторным мечением; б) высокочастотной кондуктометрией; в) ферментативным гидролизом; г) спиновым мечением		

Уровень С:

№ п/п	Задание	Выбранный вариант ответа	Примечания
1	Для исследования свойств цитоплазматической мембраны широко используются белки преимущественно растительного происхождения, которые специфически связываются с олигосахаридами мембранных белков: а) спектрины; б) лектины; в) пермеазы; г) нет правильного ответа		
2	Самые сложные из гликолипидов – ганглиозиды – содержат один или более остатков сиаловой кислоты. Каким образом последние влияют на свойства молекул ганглиозидов: а) придают молекулам отрицательный заряд; б) придают молекулам положительный заряд; в) ганглиозиды относятся к числу нейтральных гликолипидов; г) ганглиозиды не содержат в составе сиаловую кислоту		
3	Миелин – многослойная мембранная оболочка, окружающая аксоны. До 40% массы наружного слоя такой оболочки приходится на: а) ганглиозид GM1; б) фосфатидилхолин; в) галактоцереброзид; г) холестерол		

4	Белок полосы 3: а) является трансмембранным белком; б) имеет глобулярную конформацию; в) пересекает бислой не менее 10 раз; г) все перечисленное верно		
5	Какие клетки служат наиболее подходящим объектом для изучения молекулярного состава мембран: а) клетки нейроглии; б) гепатоциты; в) эпителиальные клетки; г) эритроциты		
6	Убедительные доказательства подвижности мембранных белков были получены благодаря открытию процесса, названного: а) кэпингом; б) пэтчингом; в) пинг-понгом; г) мембранные белки неподвижны		
7	Глюкоза из внеклеточной жидкости поглощается путем пассивного транспорта, осуществляемого специфическими переносчиками глюкозы, работающими как: а) унипорты; б) симпорты; в) антипорты; г) глюкоза из внеклеточной жидкости поглощается путем активного транспорта		
8	Мембранный потенциал покоя: а) заряд, достаточный для изменения мембранного потенциала; б) разность потенциалов на двух сторонах мембраны; в) равновесные условия, при которых отсутствует электрический ток через мембрану; г) нет правильного ответа		
9	Коститутивный путь секреции (экзоцитоза) может быть описан следующим образом: а) некоторые белки непрерывно секретируются производящими их клетками, при этом они упаковываются в транспортные пузырьки в аппарате Гольджи и затем переносятся непосредственно к плазматической мембране; б) определенные белки и/или малые молекулы запасаются в специальных секреторных пузырьках, которые сливаются с плазматической мембраной только после получения клеткой соответствующего сигнала извне; в) определенные белки и/или малые молекулы запасаются в лизосомах, которые сливаются с плазматической мембраной; г) подобного понятия не существует		
10	Практически все эукариотические клетки непрерывно поглощают кусочки своих мембран в виде небольших эндоцитозных (пиноцитозных) пузырьков, которые впоследствии возвращаются на клеточную поверхность. Этот цикл эндоцитоза начинается в специализированных областях плазматической мембраны, называемых: а) окаймленными пузырьками; б) окаймленными ямками; в) транс-сетями; г) Na^+ -каналами		

Заключение. Подготовленная таким образом и систематически заполняемая рабочая тетрадь превращается в дидактическое средство, полноценно обеспечивающее как самостоятельную, так и фронтальную работу студентов в аудитории и за ее пределами, контроль и самоконтроль в процессе овладения учебным материалом. Соответственно, подобное пособие позволяет активизировать процесс обучения и повысить его эффективность.

Положительными результатами использования данной тетради являются:

1. Возможность максимально индивидуализировать процесс обучения (выбор студентом личного образовательного маршрута соответственно выбору уровня заданий и степени их проработки, подбору материалов основной и дополнительной литературы и др.).

2. Возможность дополнять материалы любой темы (как новой, непосредственно на заня-

тии, так и пройденной ранее) в любом объеме и форме на протяжении всего цикла занятий по предмету, не нарушая при этом последовательности и структуры материала в тетради.

3. Наличие в каждой теме обязательного теоретического минимума по предмету, соответствующего программным требованиям и достаточного для ответа на экзамене на положительную отметку и перечня литературы, состоящего из изданий, имеющих на кафедре в электронном виде (что особенно важно в условиях недостаточной оснащенности печатными учебными материалами).

4. Процесс выполнения задания и контроль фиксируются тут же в тетради.

5. Преподаватель может корректировать и вносить изменения в материал, представленный в тетради на любом этапе.

6. Самостоятельный выбор студентами уровня заданий (репродуктивный, продуктивный, творческий) дисциплинирует и формирует адекватную самооценку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суханкина, Н.В. Развитие национальных систем университетского химического образования в условиях современной европейской интеграции: монография / Н.В. Суханкина. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 176 с.
2. Уилсон, Дж. Молекулярная биология клетки: сб. задач / Дж. Уилсон, Т. Хант; пер. с англ. – М.: Мир, 1994. – 520 с.: ил.
3. Мушкамбаров, Н.Н. Молекулярная биология: учеб. пособие для студентов мед. вузов / Н.Н. Мушкамбаров, С.Л. Кузнецов. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2003. – 544 с.: ил.

Поступила в редакцию 30.06.2011. Принята в печать 30.08.2011

Адрес для корреспонденции: 210027, г. Витебск, пр-т Строителей, д. 2, кв. 98, e-mail: 3242331@mail.ru – Гурская А.И.