

БИОЛОГИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1992 г.
№ 14 (934)

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ БИОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
bio.1september.ru



Занимательная
вирусология

моделируем,
собираем и
изучаем вирусы
на уроке ▶ с. 37



Что должен
знать школьник
о систематике

как сделать сложное
понятным ▶ с. 4



издательский
дом
1september.ru

Первое сентября

сентябрь
2011

БИОЛОГИЯ Подписка Роспечать 32026 (бумажная версия), 19177 (электронная); Почта России 79005 (бумажная версия), 12652 (электронная)

Моделируем вирусы, или Три компьютера на 25 учеников

А.Г. Козленко,
Институт педагогики
НАПН Украины, г. Киев

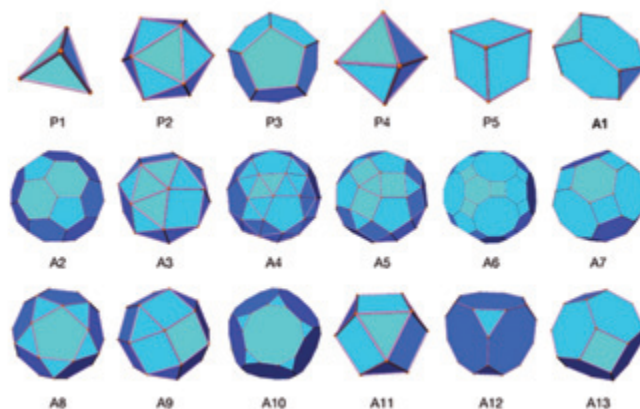
Наличие в кабинете биологии персональных компьютеров, подключенных к сети Интернет, безусловно, замечательная вещь. Однако их использование на уроке часто превращается в непростую методическую (а то и морально-этическую) проблему: даже при групповой работе не удастся посадить больше 3–4 учеников за ученический компьютер. Чтобы, проводя урок в таких условиях, извлечь из него максимум пользы, предлагаю поработать с учениками над геометрией вирусных капсидов.

Биологические исследования представляют собой, в частности, упражнения по эстетике природы. Занимаясь биологией, мы получаем удовольствие главным образом от того, что снова и снова осознаем, насколько экономичны, изящны и целесообразны те механизмы, которые случайно возникли в ходе эволюции и были закреплены отбором.

Вирусолог может чувствовать себя одним из самых счастливых биологов, так как он может изучить избранный им объект до подробностей строения его отдельных молекул.

ДЭВИД БАЛТИМОР
Нобелевская лекция, 1976 г.

► Для изучения геометрических особенностей вирусных капсидов желательно провести интегрированный урок с учителем математики, который поможет с введением в тему правильных многогранников. (Реальный учитель математики лучше, но можно пригласить и виртуального, например Галину Николаевну Аксенову, чей урок «Правильные многогранники» опубликован на сайте «Первое сентября»¹.) Представления о базовых многогранниках (телах Платона) может быть недостаточно для описания многообразия форм вирусных частиц и придется обратиться к телам Архимеда (рис. 1, тут как раз очень понадобится помощь учителя математики, который покажет, как образуются эти тела).



<http://science.compendia.ru/449423/>

Рис. 1.
Тела Платона (P) и Архимеда (A): тетраэдр (P1); икосаэдр (P2); додекаэдр (P3); октаэдр (P4); куб (P5); усеченный тетраэдр (A1); усеченный икосаэдр (A2); плосконосый куб (A3); плосконосый додекаэдр (A4); ромбоикосододекаэдр (A5); усеченный икосододекаэдр (A6); усеченный кубооктаэдр (A7); икосододекаэдр (A8); ромбокубооктаэдр (A9); усеченный додекаэдр (A10); кубооктаэдр (A11); усеченный куб (A12) и усеченный октаэдр (A13)

Можно сразу же предложить учащимся связать теорию с жизнью – узнать самый распространенный из многогранников², после чего перейти к «фотографиям» разных капсидов (синтетических изображений, полученных на основе данных о структуре белков-капсоме-

¹ <http://festival.1september.ru/articles/572090/>

² A2 – футбольный мяч.

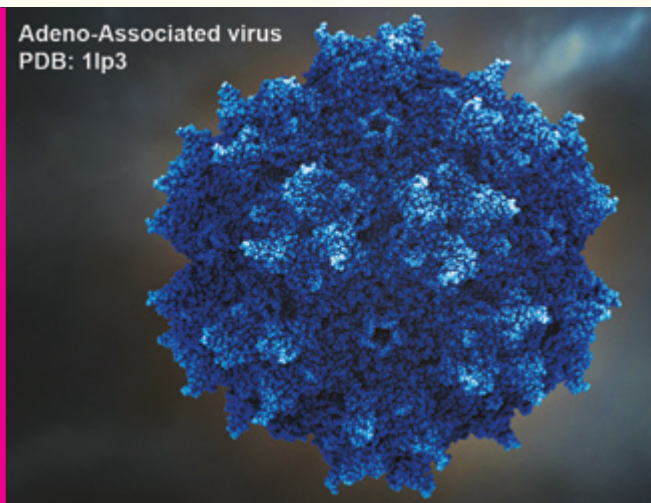
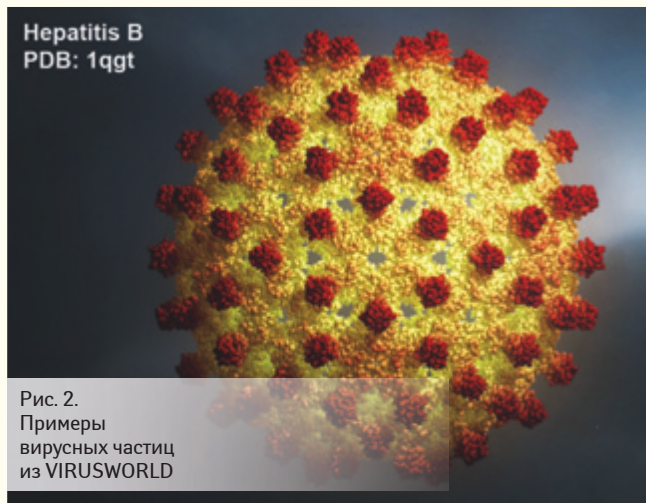
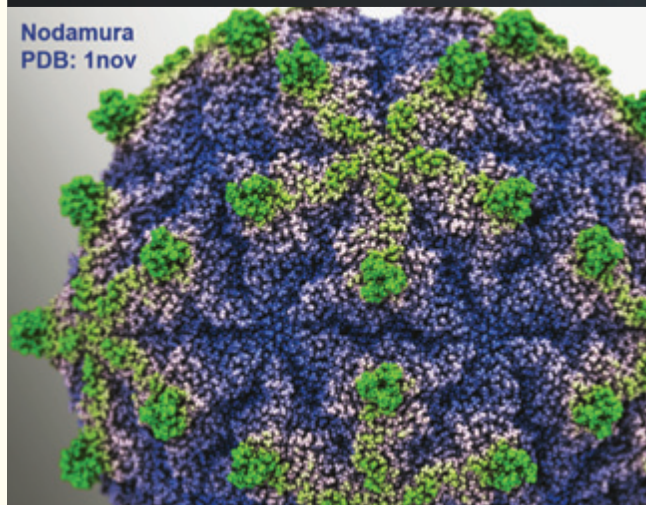
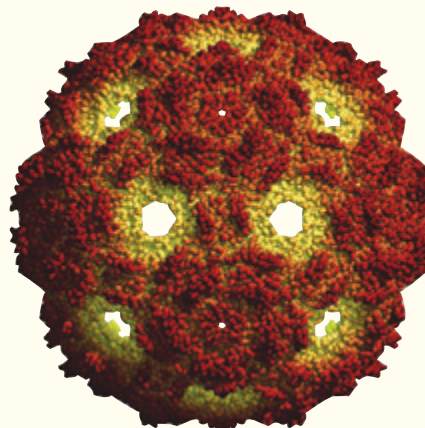


Рис. 2.
Примеры
вирусных частиц
из VIRUSWORLD



20A Enterobacteria phage QBeta PDB_ID: 1QBE



ров, из базы VIRUSWORLD³, рис. 2) и определить тип многогранника в каждом случае.

Практическая часть работы – моделирование капсидов – выполняется группами. Часть групп работает за компьютерами, другая – на обычных рабочих местах. Групповые задания будут достаточно разными по сложности и требованиям к уровню внутригруппового взаимодействия, поэтому о формировании групп стоит подумать заранее. Часть задач требует очень эффективного внутригруппового объединения усилий (как сейчас любят говорить, тимбилдинга), поэтому работу можно использовать для развития коммуникативных компетенций отдельных учеников.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИРУСОВ И ФАГОВ

Цели работы

1. Научиться моделировать вирусные капсиды с помощью компьютерных и бумажных моделей.

2. Актуализировать навыки работы с онлайн-новыми программами.

3. Продолжить формирование навыков поиска информации в Интернете.

Материалы и оборудование: 2–3 ученических компьютера с доступом в Интернет, принтер и фотобумага, ножницы, клей, 1–2 набора карточек с фрагментами поверхности вируса, развертки вирусов, по возможности – неокубик, бумага для оригами и другие средства моделирования.

Протокол работы

Компьютерная группа 1. Моделирование программными средствами

1.1. Откройте сайт Virus Particle Explorer (<http://viperdb.scripps.edu/> / рис. 3). Программное обеспечение сайта позволяет воссоздать целую вирусную частицу для любого икосаэдрического вируса, капсомера которого известна и размещена в Банке белковых структур PDB. (На сайте есть также база данных со значительным количеством различных вирусных капсидов,

³ <http://virology.wisc.edu/virusworld/>

созданных с помощью этого программного средства.)

1.2. Откройте в другом окне сайт PDB <http://www.rcsb.org/> и найдите в нем с помощью поисковой системы белки нескольких вирусов. Запишите в текстовом редакторе коды этих молекул (PDB ID), например 2CAS.

1.3. Вернитесь в первое окно и введите в поле текстового ввода Enter PDBID идентификационный код молекулы (ID), например тот же 2CAS. Рассмотрите, как происходит моделирование. Сохраните полученный проект, а также его результат в виде скриншота.

1.4. Повторите процесс моделирования с другими белками. Есть ли среди них такие, из которых программа создает вирусную частицу с явными ошибками? Запишите их ID и названия (также желательно сделать скриншоты) и постарайтесь пояснить, в чем причина ошибок.

Примечание. Модели создаются в собственном формате с расширением vdb, однако эти файлы отлично открываются программой визуализации молекул «RasMol V2.7.5 Molecular Visualisation Program»⁴ (необходимо учитывать их размер – порядка 20 Мб – и соответственно время на обработку такого файла, зависящее от вашего процессора; но представлять молекулярную поверхность,

Molecular Surface, вирусной частицы я бы не советовал).

Компьютерная группа 2. Оригами (возможна работа этой группы и без компьютера по заранее подготовленным схемам сборки)

Существует большое количество кусудам (рис. 4.) – шаров модульного оригами, которые вполне пригодны для иллюстрирования строения капсидов вирусов. Но для такой модели понадобится большое количество модулей-заготовок (классическая заготовка – модуль Сонобе⁵). Например, грань икосаэдра образуется тремя модулями Сонобе, а значит, для сборки потребуется 60 заготовок. Найдите в сети Интернет схемы таких кусудам и их модулей и соберите значительных размеров фрагмент капсида.

Примечание. На видеохостинге YouTube можно найти несколько видеоуроков по сборке кусудам (например, «How to make an Origami Cookie Cutter Dodecahedron» – <http://www.youtube.com/watch?v=brGIIY7ZJBw> и схема сборки на сайте http://www.origami.com.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=49, «How to make Origami Buckyballs from PHiZZ units» – <http://www.youtube.com/watch?v=e-BZGxwycUQ>, «How to make an Origami Icosahedron» –

The image shows a screenshot of the Virus Particle Explorer (VIPER) website. The left side features a 3D molecular model of the Human Adenovirus 2 Penton Base. The right side displays detailed information for the Black Beetle Virus, including a rendered surface, a T=3 lattice diagram, a subunit fold, and capsomeres. The interface includes search, navigation, and download options.

Resume:
PDB-ID : 2BBV
Resolution : 2.8Å
A.A. Seq. Acc.# : P04329
T number : 3
of Subunits : 180
Diameter (Max) : 346.5Å

Primary Citation

Download Files:
Header
PDB to VIPER matrix
Transformed Coordinates

Computations:
Contact Tables
Inter Subunit Association energies
Residues at the interfaces
Crystal Contacts

Rendered Surface **T=3 lattice**

Subunit fold **Capsomeres**

Рис. 3.
Сайт Virus Particle Explorer
и принцип работы программы
(с сайта <http://viperbdb.scripps.edu/>)

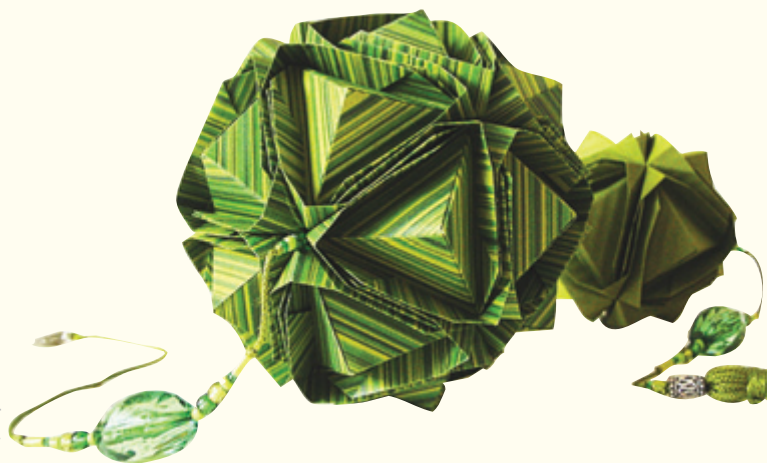
⁴ <http://www.bernstein-plus-sons.com/software/rasmol/INSTALL.html>

⁵ http://clubs.ya.ru/4611686018427389493/replies.xml?item_no=7



Рис. 4.
Кусудамы

demart.ru
e-art.ru



http://www.youtube.com/watch?v=H7qE_Tc8e4g&feature=related.

Компьютерная группа 3.
Подготовка разверток и элементов для моделирования частиц

Для создания разверток и структурных элементов поверхности додекаэдрических и икосаэдрических вирусов понадобится подборка изображений из VIRUSWORLD (или просто изображений из Интернета) и/или сохраненный проект Virus Particle Explorer, а также хороший графический редактор.

3.1. Из изображений сделайте заготовку с гранью додекаэдра (можно взять фотографию риновируса из VIRUSWORLD) или с гранью икосаэдра (вирус SV40) и выбрать структурный элемент с надрезами, из которого можно будет собрать сферический капсид (рис. 5.)

Примечание. Посоветуйте ученикам быть очень внимательными. Например, одна из моделей, приведенных на рис. 5, ошибочна: неверно выбран структурный элемент многогранника. Как надо было бы правильно сделать выкройку



ru.1september.ru

элемента, чтобы получить модель правильного многогранника, лежащего в основе капсида?

3.2. Подготовка развертки многогранника. Откройте в программе RasMol заранее подготовленный проект Virus Particle Explorer (рис. 6, А), расположите вирусную частицу так, чтобы можно было наилучшим образом (с наименьшими искажениями и в достаточно хорошем качестве) вырезать структурный элемент (грань) икосаэдра, и сохраните изображение. Откройте графический редактор, вырежьте из сохраненного изображения структурный элемент (равносторонний треугольник, рис. 6, Б) и сделайте развертку икосаэдра (рис. 6, В).

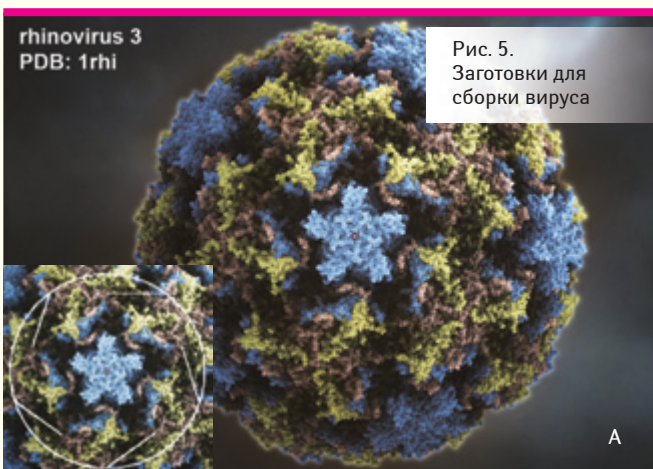


Рис. 5.
Заготовки для сборки вируса

А

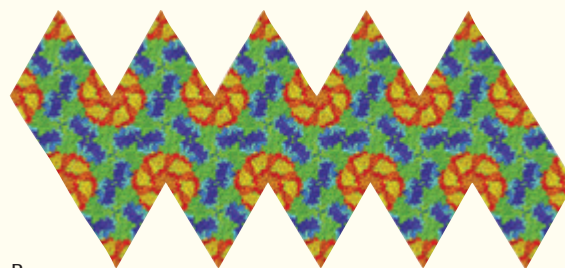
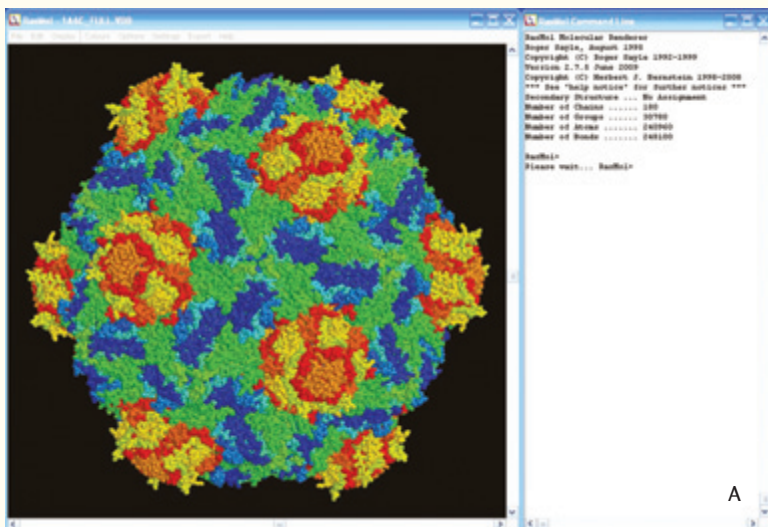


Б

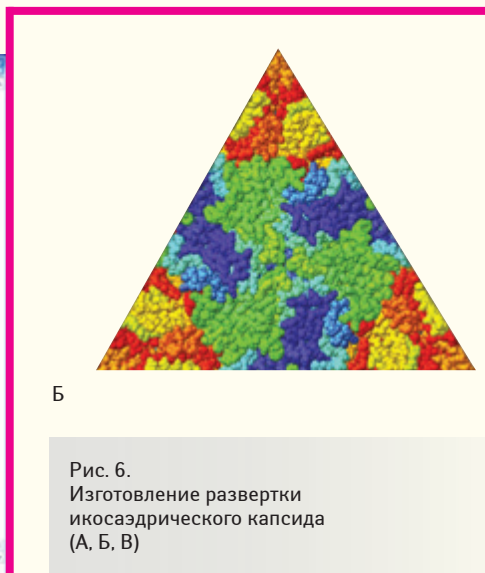
Аналоговая группа 1.
Моделирование додекаэдрического и икосаэдрического вирусов

Эта группа работает с заготовками элементов структуры капсида (граней многогранника) – таких, над которыми работает группа 3, но заранее подготовленных и распечатанных на плотной бумаге.

Примечание. Заготовки придется распечатать заранее: с гранью додекаэдра – 12 шт., с гранью икосаэдра – 20 шт.



В



Б

Рис. 6. Изготовление развертки икосаэдрического капсида (А, Б, В)

Аналоговая группа 2.
Склейка икосаэдрического и додекаэдрического вирусов

5.1. Склеивание икосаэдрического вируса по готовой развертке (рис. 6, В).

Примечание. Для этого этапа работы подготавливается распечатанная на плотной бумаге развертка вируса (без обозначенных клапанов для склейки). Обратите внимание на этот момент, чтобы ученики при вырезании не забыли оставить такие клапаны.

5.2. Изготовление развертки додекаэдра.

Предлагается самостоятельно изготовить развертку додекаэдра. Группе выдается 3 пя-

тиугольных структурных элемента капсида (грань додекаэдра, рис. 5, А, только обрезанные как пятиугольники) и лист бумаги достаточного размера, чтобы вычертить на нем развертку додекаэдра. После того как развертка будет получена, модель склеивается и на три смежные грани наклеиваются структурные элементы.

Примечание. Конечно, можно распечатать и выдать школьникам все 12 пятиугольных граней (возможно, это даже облегчило бы создание развертки), однако минимальное количество – 3 структурных элемента – позволит усложнить задачу, а будучи наклеен-

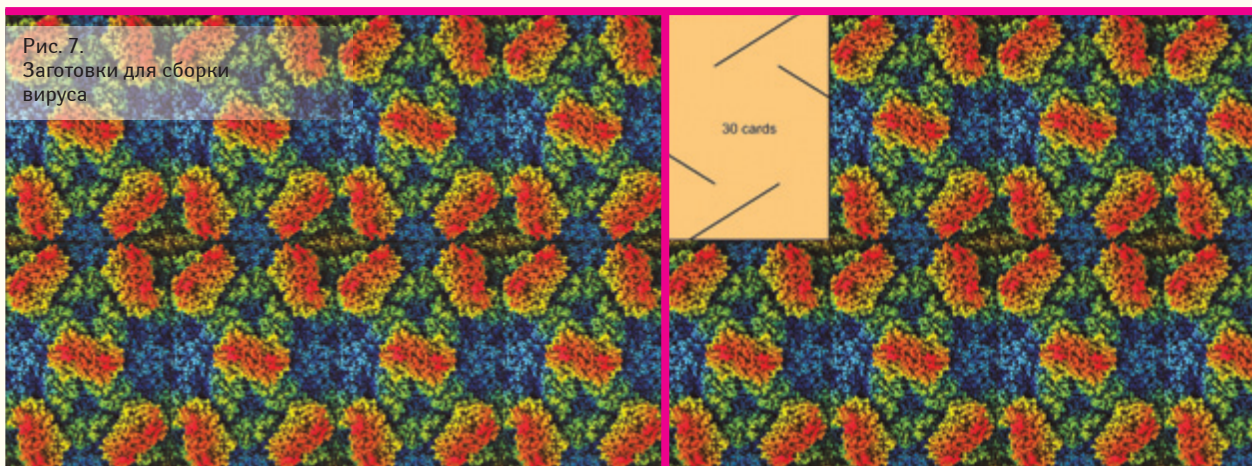


Рис. 7. Заготовки для сборки вируса

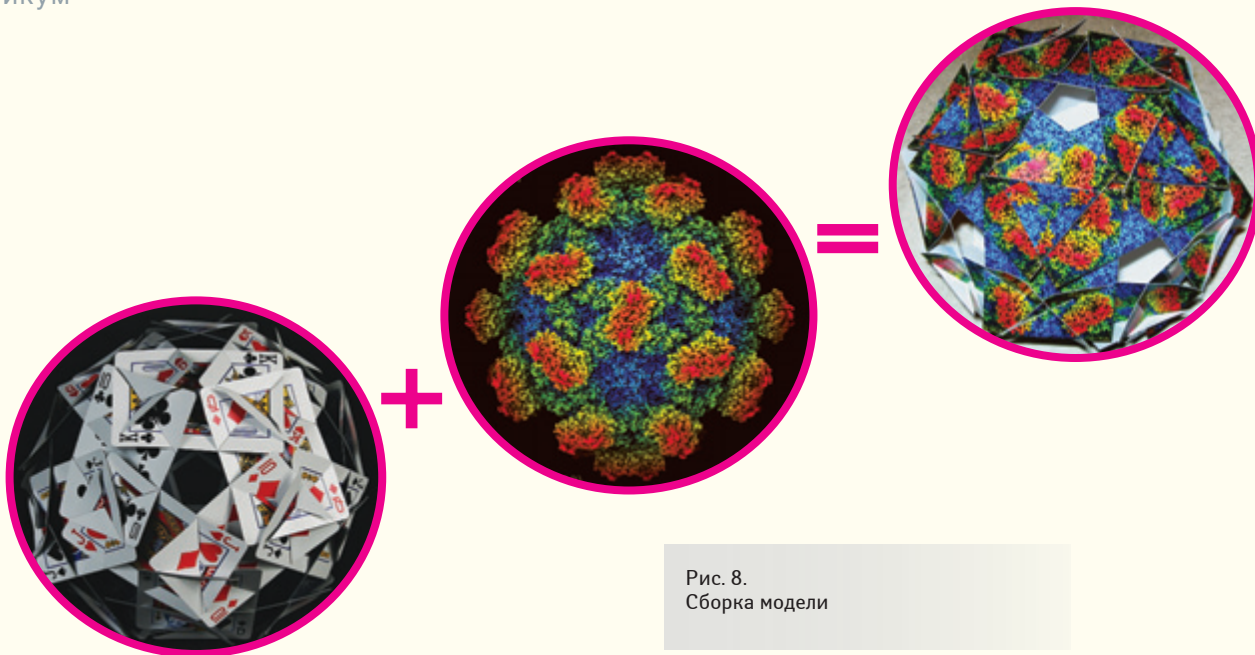


Рис. 8.
Сборка модели

ными на модель 3 грани у одной вершины дадут достаточное представление о вирусном капсиде.

Примечание. На диске к этому номеру журнала есть две развертки (рис. 7): полная и со схемой разрезов. Т.к. потребуется 30 карт, придется распечатать 3 листа с картами без схемы

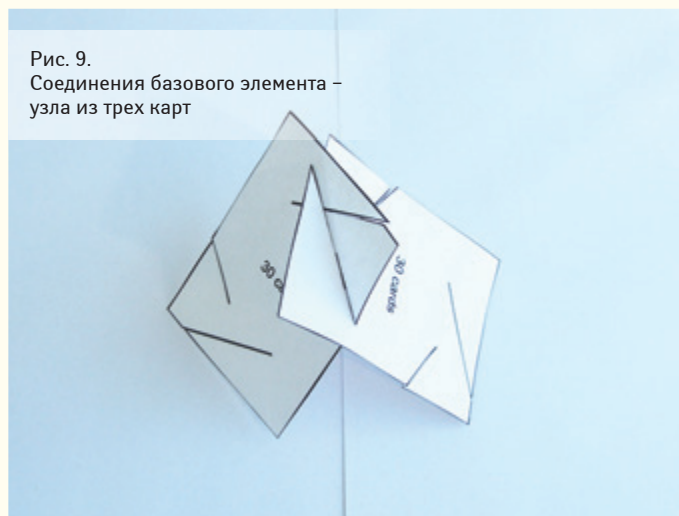
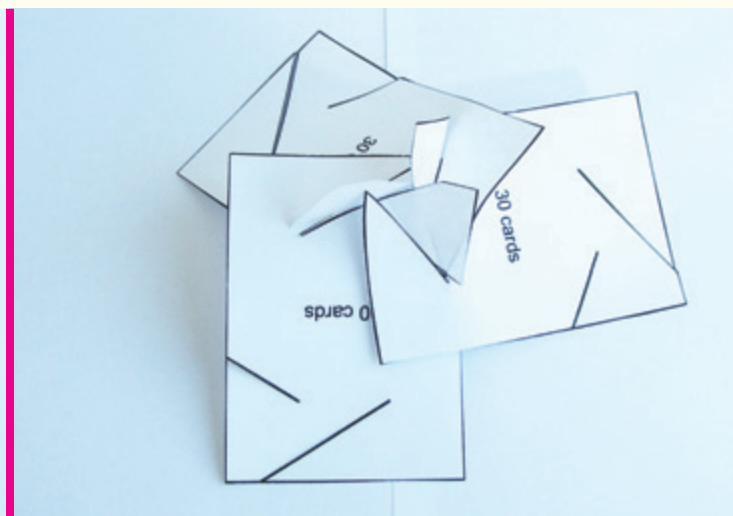


Рис. 9.
Соединения базового элемента – узла из трех карт



**Аналоговая группа 3.
Вирус из карт**

На сайте американского популяризатора математики Джорджа Харта (George W.Hart) есть страница для учителей, где среди прочего показана «простенькая» схема – шар из игральные карты⁶. Группа работает не с игральными картами, а с заготовленным набором карт с фрагментом капсида вируса гепатита E⁷.

разрезов и один – со схемой. Удобно собрать их после разрезания в одну колоду (можно даже склеить широкой липкой лентой) и просверлить тонким сверлом отверстия-ограничители в концах разрезов, а также обозначить их начало, после чего сделать сами прорезы.

Сборка модели показана на рис. 8. Из карт собираем капсид (правда, это достаточно сложное занятие: надо освоить базовый элемент – узел из трех карт. Сам Харт пишет о сборке узла так: «I don't know how to tell you how to do this, but if you fool around and use the picture as a guide, you'll figure it out, I'm sure». (Я не могу вам объяснить, как это делается, но, если вы, используя рисунок в качестве руководства, попытаете сделать это разными способами, я уверен, что в конце-концов вы сами все поймете.) Мы все же попробуем объ-

⁶ Сайт – <http://www.georgehart.com/index.html>, Страница для учителей - <http://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/classroom.html>, схема шара – <http://www.georgehart.com/cards/cards.html>, там же есть PDF-файл с заготовкой со схемами разрезов.

⁷ Изображение в VIRUSWORLD <http://virology.wisc.edu/virusworld/viruslist.php?virus=hev>

яснить (см. рис. 9; лучше распечатать схему на обычном листе бумаги формата А4 и потренироваться на мягких «картах»). Как мы видели при изготовлении карт, у каждой карты есть два разреза: верхний и боковой. При соединении двух карт верхний разрез одной карты входит в боковой разрез другой (1). Узел состоит из трех карт, собираемых по этому принципу: сначала карты вставляются в зацепления друг с другом (2), потом тонкие «хвосты» верхних разрезов подправляются (3) и по разрезам карты втягиваются до упора (4). На вершине узла, как и писал Харт, образуется красивый равносторонний треугольник.

Т.к. задача достаточно сложная, можно к работе подключить другие группы, которые освободятся раньше.

Аналоговая группа 4.
Неокубик (можно использовать и другие популярные конструкторы с магнитами)

Можно использовать для моделирования капсидов и неокубик – игрушку-головоломку,

состоящую из намагниченных шариков. Правильные многогранники можно собирать как из отдельных шариков, образующих грани, так и из модулей (например, икосаэдры собираются из равносторонних треугольников в 3, 4 или 5 шариков на стороне треугольника, рис. 10). Этот способ сборки удобнее, технологичнее и реалистичнее – чем-то похож на самосборку реальных капсидов. Кроме того, он позволит моделировать не только икосаэдрические вирусные капсиды, но и капсиды, имеющие в своей основе другие многогранники.

Результаты работы каждой группы демонстрируются остальным группам, и учащимся предлагается сравнить реалистичность полученных моделей (содержательный аспект) и соотношение усилий на их подготовку как наглядных пособий (дидактический аспект). И то, и другое – нетривиальные задания. ■



Материалы к статье на CD

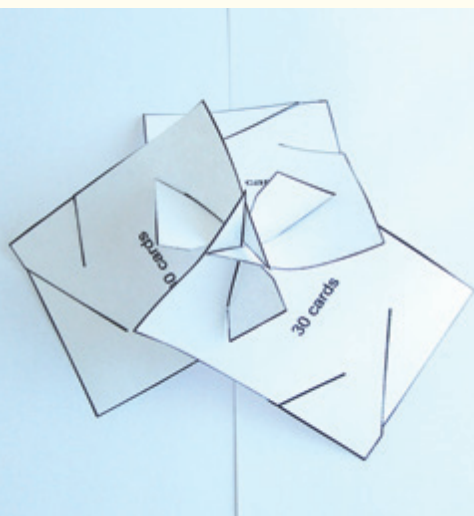


Рис. 10.
Разные правильные многогранники из неокубика