



**Сборник заданий и кратких решений
VII Всероссийской Интернет - олимпиады
"Нанотехнологии - прорыв в Будущее!"
по комплексу предметов
"математика, физика, химия, биология"**



**Москва
2013**

Оглавление

Введение	8
УСЛОВИЯ	10
Наночастицы с пленкой (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	10
Как получить нанопорошок (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс).....	11
Сказочное золото (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	12
Неизвестные наноструктуры (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	13
Дамасская сталь (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	14
Алхимия и фуллерен (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	15
Молекулярные деревья (2013, заочный тур, Химия задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)..	16
Нано-звезды (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	17
Ряд чисел (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	18
Магнитный композит (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	19
Бензин с водой (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	20
Пептидное судоку (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	21
Фильтр Васика (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	22
Голь на выдумку хитра (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	23
Биодеградирующий полимер (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	25
Всё дело в трубке (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	26
Разрежем и сошьём (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	28
Удивительное Супернано (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	30
Оксид графита (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	31
Фотоэлектронная спектроскопия (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)	33
Дифракция электронов (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс).....	34
Оптическое волокно (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)	35
Задача о ЦП (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс).....	36
Эффект просветления оптики (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс).....	37
Цветные растворы серебра (2013, заочный тур, Физика, 7 – 9 класс)	38
Клатраты – застывшая нанопена (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)	39
Маленькие человечки (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	44
Белки и пигменты (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	45
Железо и медь (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	46
Баффи – истребительница вампиров (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс).....	47
Связи (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	48
Медицинский детектив (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс).....	49
Серебряная косметика (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	50

Микроскоп в голове (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	51
Тест. Как ОНИ видят? (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	52
Тест. Такие разные клетки (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	54
Шифрограмма (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	56
Сушигейт (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	57
Таинственные субстанции (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	58
Отцовство не исключается! (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	59
Доставим липосомой (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	61
Наночастицы в клетках (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	62
Магнитосомы (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	63
Радиолярии (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	64
Исследуем белок (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	65
Нанобактерии (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	66
Сложно устроенный белок (тест) (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	67
Искусственная кровь (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	69
Считаем РНК (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)	70
Октаграфен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)	71
Энергия фуллерена (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)	72
Дендримеры (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)	73
Раскраски бакибола (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)	74
Хлорографен (2013, заочный тур, Математик, 7 – 11 класс)	75
Главный Бакминстер Фуллерен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)	76
Выпуклые многогранники (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)	79
Математика кластеров (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)	80
Низшие фуллерены (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)	81
Рассматривая гипербакибол (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)	82
Простые задачи по химии (2013, очный тур, Химия, простые задачи)	84
Синтез наночастиц (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)	85
Нано-Мойдодыр (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)	85
Предшественники фуллеренов (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)	86
Ошибка юного химика (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)	86
Секретное задание (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)	87
Давление в фуллерене (2013, очный тур, Физика, простые задачи)	88
Кластер в электрическом поле (2013, очный тур, Физика, простые задачи)	88
Мембрана (2013, очный тур, Физика, простые задачи)	88

Нанонагреватель (2013, очный тур, Физика, простые задачи).....	88
Масс-спектрометрия (2013, очный тур, Физика, простые задачи)	89
Нанометрический штангенциркуль (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)	89
Магнитный накопитель информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи).....	90
Капилляры информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи).....	90
Клатраты – застывшая нанопена информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи).	91
Физика графенового шара (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)	92
Простые задачи по биологии (2013, очный тур, Биология, простые задачи)	93
Беспородные крысы (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)	94
Саморегуляция (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)	94
Глаза насекомых (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)	95
Быть или не быть – вот в чем вопрос? (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)	96
Гекко-скотч (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	96
Нанотрубка из металла (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	97
Фуллерен (2013, очный тур, Математика, простые задачи).....	97
График (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	97
Нанопродукт 2.0 (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	98
Нанотрубки из октаграфена (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)	99
Изолированные шестиугольники (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)	99
Икосаэдрический фуллерен (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи).....	100
Ещё раз о РНК (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)	100
Шесть изотопов (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)	100
РЕШЕНИЯ	101
Наночастицы с пленкой (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	101
Как получить нанопорошок (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс).....	101
Сказочное золото (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	102
Неизвестные наноструктуры (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	103
Дамасская сталь (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	103
Алхимия и фуллерен (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс).....	104
Молекулярные деревья (2013, заочный тур, Химия задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	104
Нано-звезды (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)	105
Ряд чисел (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	105
Магнитный композит (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	106
Бензин с водой (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	107
Пептидное судоку (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	108

Фильтр Васи́ка (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	109
Голь на выдумку хитра (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	110
Биодеградирующий полимер (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	111
Всё дело в трубке (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	112
Разрежем и сошьём (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс).....	114
Удивительное Супернано (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)	115
Фотоэлектронная спектроскопия (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)	116
Дифракция электронов (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс).....	117
Оптическое волокно (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)	117
Задача о ЦП (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс).....	118
Эффект просветления оптики (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс).....	119
Цветные растворы серебра (2013, заочный тур, Физика, 7 – 9 класс).....	120
Клатраты – застывшая нанопена (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)	121
Маленькие человечки (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс).....	124
Белки и пигменты (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	124
Железо и медь (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	124
Баффи – истребительница вампиров (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс).....	125
Связи (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	125
Медицинский детектив (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс).....	126
Серебряная косметика (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	126
Микроскоп в голове (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	127
Тест. Как ОНИ видят? (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс).....	128
Тест. Такие разные клетки (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)	128
Шифрограмма (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс).....	128
Сушигейт (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс).....	129
Таинственные субстанции (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	130
Отцовство не исключается! (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс).....	131
Доставим липосомой (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	132
Наночастицы в клетках (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс).....	132
Магнитосомы (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	133
Радиолярии (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	133
Исследуем белок (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	134
Нанобактерии (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	135
Сложно устроенный белок (тест) (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	137
Искусственная кровь (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)	138

Считаем РНК (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)	138
Октаграфен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)	138
Энергия фуллера (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс).....	139
Дендримеры (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)	139
Раскраски бакибола (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс).....	140
Хлорографен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс).....	141
Главный Бакминстер Фуллерен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс).....	142
Выпуклые многогранники (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс).....	143
Математика кластеров (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)	144
Низшие фуллерены (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)	149
Рассматривая гипербакибол (2013, заочный тур, Математика, 10-11 класс)	151
4. От каждого атома отходит 4 ребра, каждое ребро принадлежит 2-м атомам, следовательно, гипербакибол содержит $7200 \cdot 4 / 2 = 14400$ ребер.....	151
РЕШЕНИЯ ОЧНОГО ТУРА	152
Простые задачи по химии (2013, очный тур, Химия, простые задачи).....	152
Синтез наночастиц (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)	153
Нано-Мойдодыр (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи).....	153
Предшественники фуллеренов (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи).....	154
Ошибка юного химика (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)	155
Секретное задание (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи).....	156
Давление в фуллерене (2013, очный тур, Физика, простые задачи)	157
Кластер в электрическом поле (2013, очный тур, Физика, простые задачи)	157
Мембрана (2013, очный тур, Физика, простые задачи).....	158
Наноагрегатор (2013, очный тур, Физика, простые задачи).....	158
Масс-спектрометрия (2013, очный тур, Физика, простые задачи)	158
Нанометрический штангенциркуль (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)	158
Магнитный накопитель информации (2013, очный тур, Физика, сложные задачи)	159
Капилляры информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи).....	160
Клатраты – застывшая нанопена информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)	160
Физика графенового шара (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)	162
Простые задачи по биологии (2013, очный тур, Биология, простые задачи)	163
Беспородные крысы (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)	164
Саморегуляция (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)	164
Глаза насекомых (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)	165
Быть или не быть – вот в чем вопрос? (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)	166

Гекко-скотч (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	166
Нанотрубка из металла (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	167
Фуллерен (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	167
График (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	167
Нанопродукт 2.0 (2013, очный тур, Математика, простые задачи)	168
Изолированные шестиугольники (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)	168
Икосаэдрический фуллерен (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)	170
Ещё раз о РНК (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)	170
Шесть изотопов (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)	170

Введение

Московский Университет уже не первый год проводит несколько крупных олимпиад, к числу которых относится Всероссийская Интернет – олимпиада «Нанотехнологии – прорыв в Будущее!», ставшая за прошедшие семь лет традиционной. Уникальность этой олимпиады заключается в ее междисциплинарности, широком охвате участников, замечательном духе современных высоких технологий, который Олимпиада дает молодым дарованиям. На пространстве РФ и СНГ это пока что единственная официальная олимпиада по логически взаимосвязанному комплексу естественно – научных школьных предметов (химия, физика, математика, биология), посвященная высоким технологиям и использующая широкий спектр подходов по подготовке и выявлению лучших школьников, которые станут в будущем молодыми научными кадрами. Особенностью олимпиады является также участие сложившегося консорциума Московского университета и Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО как организаторов олимпиады, а также привлечение ряда высокотехнологичных компаний, в том числе Intel, Samsung, АФК «Система» и других к проведению олимпиады и поддержке участников.

Глобальной целью Олимпиады является повышение качества профессиональной подготовки научных кадров в области естественных наук, а также популяризация знаний в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий путем поиска и поддержки, профориентации и мотивации талантливой молодежи в Российской Федерации и странах СНГ. Основной задачей выступает развитие созданной устойчиво функционирующей многолетней системы Интернет-олимпиад в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий, доступных для большого числа различных категорий участников и являющихся одной из важных форм просвещения, дистанционного образования и самообразования, формирования положительного общественного мнения и мотивации абитуриентов и молодых исследователей к профессиональной деятельности в области наноматериалов и нанотехнологий.

VII Всероссийская интернет - олимпиада в 2013 году собрала более **24575 участников – членов Клуба интернет - олимпиады, из которых более 12290 - школьники 6 - 11 классов из 76 субъектов РФ и 15 зарубежных государств** (543 школьника), в том числе из 14 стран СНГ. Эта олимпиада в течение последних трех лет была единственной официальной нанотехнологической олимпиадой первого уровня, проводимая по комплексу предметов, включающему одновременно все основные естественно - научные дисциплины (химия, физика, математика, биология). Как всегда, среди школьников максимально представлены старшекласники, однако творческий характер олимпиады и ранжирование заданий по параллелям обеспечивает успешное участие около 22 % младшекласников (7-9 класс), а дистанционный характер отборочных этапов дает возможность участия школьникам с ограниченными возможностями и участникам из самых отдаленных уголков нашей страны. В 2013 году в Олимпиаде приняло участие 675 школьников из сельской местности.

В рамках проведения Олимпиады решены следующие основные задачи:

- Олимпиада проведена в несколько туров: отборочные туры для младше- и старшекласников, заочный теоретический Интернет-тур с блоками задач по направлениям для школьников, заочные творческие конкурсы, конкурс проектных работ, очный теоретический (с защитой творческого задания) туры.
- Проработаны нормативные документы, такие как регламент олимпиады, календарный план, описание блоков задач, состав оргкомитета, наблюдательного совета, жюри и методической комиссии; проведен анализ сводной статистики участников по категориям и их результативности.
- Только для олимпиады 2013 года разработано около **105 оригинальных авторских задач** заочного теоретического, очного теоретического, творческого туров Олимпиады, конкурса Бизнес-кейсы предприятий nanoиндустрии, которые нигде ранее не

публиковались. Задачи размещены на постоянной основе на сайте олимпиады (в том числе в виде сборника, размещенного на сайте олимпиады, прилагается к отчету). Тематика заданий соответствует важнейшим направлениям по фундаментальной физической и химической характеристике наносистем, получения и анализа функциональных и конструкционных наноматериалов, наномедицины, наноинженерии. Материалы олимпиады переданы также в издательство «Бином. Лаборатория знаний» для подготовки оригинал – макетов и издания в печатном виде сборников заданий и решений Олимпиады за 2008 – 2013 гг.

- Сформированы и активно выполнили все свои основные функции оргкомитет и жюри Олимпиады из представителей НОЦ МГУ по нанотехнологиям, различных вузов, инновационных компаний и средств массовой информации (СМИ), что обеспечило экспертный уровень подготовки всех заданий олимпиады и оперативную оценку решений участников.
- В формировании и проведении творческих конкурсов (конкурс «Бизнес-кейсы предприятий nanoиндустрии») участвовали отделение химии и наук о материалах Российской Академии Наук, Совет Федерации РФ, издательство «Бином. Лаборатория знаний», «Центр Перспективных Технологий», «Оптоган», STiS, ХК «Композит» и «Гемакор».
- По результатам Олимпиады проведена торжественная церемония закрытия, выданы дипломы призерам и победителям.
- Результаты олимпиады размещены на сайте олимпиады и освещены в сетевых и федеральных СМИ.
- Проведена модернизация сайта олимпиады в части улучшения функциональных возможностей для реализации Олимпиады 2013 г. В частности, изменен порядок расположения основных материалов Олимпиады на главной странице Олимпиады и его структурирование по блокам, добавлены новые возможности для оргкомитета осуществлять мониторинг проверки заданий, реализована возможность дистанционного доступа каждого из успешных участников к личным «электронным дипломам» с результатами участия. Сформирована (пополнена) поисковая база данных участников, находящаяся в прямом доступе для авторизованных лиц на сайте олимпиады.

В результате проведения заочного тура на очный тур Олимпиады в МГУ было приглашено 140 школьников из 76 регионов Российской Федерации. В заключительном этапе олимпиады приняли участие 120 человек, в том числе 14 человек из стран СНГ, Балтии и Грузии. В числе участника, защищавших свои экспериментальные исследовательские работы (39 человек), около 30% показали также отличные теоретические знания в отборочных теоретических турах и в очных теоретических турах по предметам. На очном туре Олимпиады основные участники представлены Москвой и Московской областью, Санкт – Петербургом, Башкартостаном, Белгородской областью, Кировской, Иркутской, Новосибирской, Свердловской, Ростовской областью, Чувашской республикой, Татарстаном, Пермским краем и другими. Сильные участники также прибыли для участия из Беларуси, Таджикистана, Казахстана, Украины (14 человек, 12% от общего числа участников очного тура).

Тематика конкурсов Олимпиады позволяла эффективно участвовать в ней всем категориям участников (тематики по каждому конкурсу приведены в разделе примеров заданий за 2013 г. на сайте Олимпиады по постоянной ссылке http://www.nanometer.ru/2013/04/09/internet_olimpiada_331191.html .

УСЛОВИЯ

Наночастицы с пленкой (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Наночастицы железа на воздухе покрываются пленкой магнетита Fe_3O_4 .

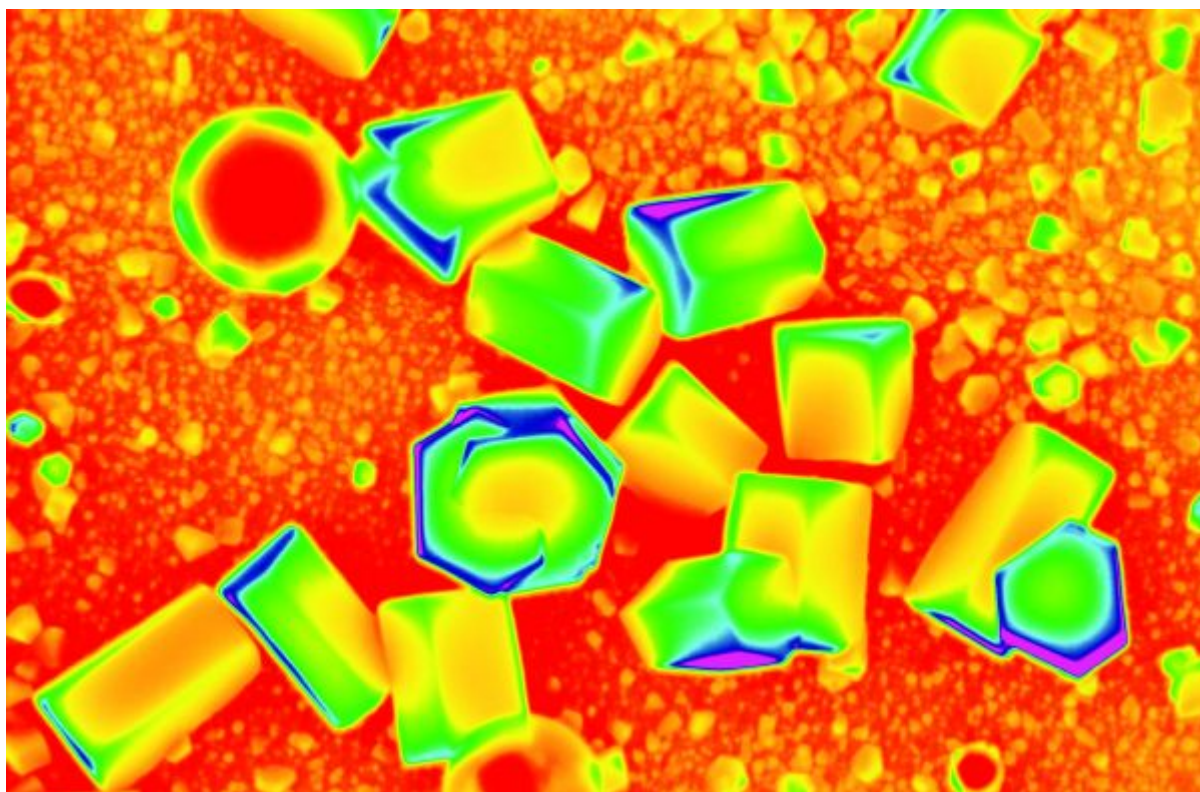
1. Определите, какой процент атомов железа окислился, если известно, что при растворении образца нанопорошка железа массой 1.38 г в 10%-ной соляной кислоте выделилось 348 мл водорода (н.у.) (2 балла).
2. Напишите уравнения реакций, протекающих при взаимодействии наночастиц с соляной кислотой (1 балл).
3. Оцените среднюю толщину пленки магнетита, зная, что наночастицы имеют сферическую форму, а средний диаметр частицы составляет 10 нм. Плотность железа равна 7874 кг/м^3 , а магнетита 5180 кг/м^3 (3 балла).



Как получить нанопорошок (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Для получения наночастиц простого вещества X юный химик прибег к термическому разложению паров летучей жидкости А. При полном разложении А он получил 117,4 мг нанопорошка X и газ В объемом 195,6 мл (при атмосферном давлении и температуре 25°C). Газ В представляет собой соединение двух элементов и имеет плотность по кислороду 2,75. При гидролизе газа В в кислой среде образуется смесь двух кислот – С и D. Полученная кислота D при действии избытка раствора хлорида кальция дает 0,936 г осадка. На полную нейтрализацию этого же количества D расходуется 24 мл 1 М КОН.

1. Какой нанопорошок получил юный химик (1 балл)?
2. Для чего он может быть использован – предложите два варианта (2 балла).
3. Определите неизвестные вещества А – D и запишите уравнения реакций (5 баллов).



Сказочное золото (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Карабас-Барабас решил превратить серебряные монеты в золотые. Он дал куклам задание разработать технологию. Черепаха Тортилла вспомнила, что где-то читала о возможности превратить в золото свинцовые грузила от удочки, но не могла вспомнить, как это можно сделать. Буратино узнал в интернете о перспективном методе нанопечати, которая без всякого обмана делает серебряную монету золотой. Мальвина вспомнила, что на уроке химии в школе видела, как медная монетка стала серебряной. И решила таким же образом превратить серебряную монету в золотую. Пьеро прочитал в книге алхимических рецептов о том, что если в расплав серебра добавить мышьяк, получается золото. Охарактеризуйте подход каждого из персонажей к получению золота, кратко опишите все подходы и найдите оптимальный. Заполните таблицу

Персонаж	Название подхода	Суть подхода (2 – 3 фразы)	Преимущества	Недостатки
Тортилла				
Буратино				
Мальвина				
Пьеро				



Неизвестные наноструктуры (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Один из способов получения **Z** основан на реакции разложения газа **X** на наночастицах кобальта. Для проведения опыта в кварцевую трубку помещается фарфоровая лодочка с частицами катализатора. В течение нескольких часов через трубку пропускается газовая смесь **X** и **Y** (в ней преобладает газ **Y**), нагретая до 1000 °С. После этого прибор охлаждают в токе газа **Y**. После проведения эксперимента на стенках трубки были обнаружены четыре типа структур:

- (1) частицы аморфного углерода на поверхности _____;
- (2) частицы катализатора, окруженные _____ слоями;
- (3) нити, образованные _____;
- (4) _____ **Z**.

Наименьшее значение внутреннего диаметра полученных **Z** составляет 10 нм. Длина **Z** зависит от времени протекания реакции и составляет от 100 нм до 10 мкм.

1. Что представляют собой вещества **X**, **Y**, **Z**? Известно, что вещество **X** обесцвечивает бромную воду и реагирует с аммиачным раствором оксида серебра, а газ **Y** входит в состав воздуха. (3 балла)
2. Заполните пропуски в тексте. (2 балла)
3. Определите, в каком диапазоне меняется состав газовой смеси **X** и **Y** (в объемных процентах), если известно, что средняя молярная масса смеси находится в пределах 27,80 – 27,95 г/моль. (2 балла)



Дамасская сталь (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

*Сталь подчиняется покорно,
Ее расплющивает молот.
Ее из пламенного горна
Бросают в ледящий холод.
И в этой пытке многократной
Рождается клинок булатный...*

Так поэтически описывается изготовление булата и дамаска – сталей, которые “прочнее самих себя”. Как Вы уже знаете, исключительные свойства им придаёт размерность составляющих кристаллов железа. Чем мельче и однороднее слагающие частицы – тем прочнее композит.

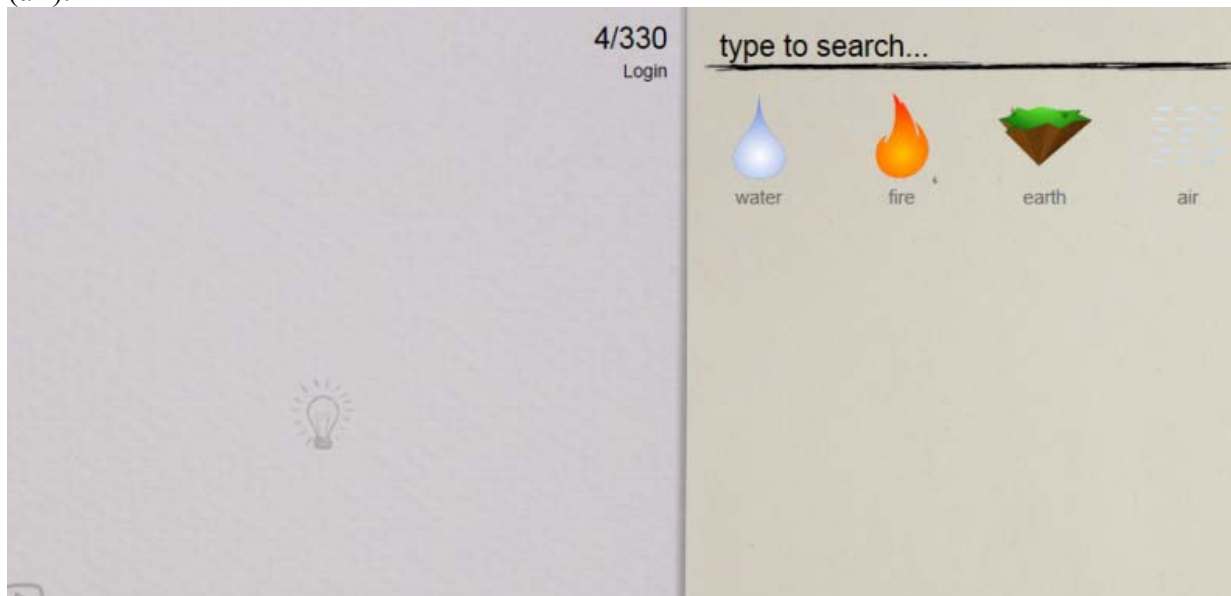
Сварочный дамаск изготавливают из 2 стальных пластин толщиной 1 мм каждая, путёмковки их пакета до толщины 1 мм, разрубания пополам, снова складывания и проковки. Сорта сталей подобраны таким образом, что они не перемешиваются.

1. Рассчитайте, сколько раз необходимо повторить эту процедуру для получения условной толщины полоски стали в композите равной 15 нм. (2 балла)
2. Почему в тексте задачи полоска в композите имеет условную толщину, которая не совпадает с фактической? Ответ поясните. (2 балла)



Алхимия и фуллерен (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Процесс эволюции Вселенной и человеческой истории моделируется во многих играх. Однако особую популярность приобрела игра Little Alchemy, предлагающаяся на бесплатной основе пользователям любых браузеров, установленных на персональных компьютерах, при переходе по ссылке: <http://littlealchemy.com>. Для решения данной задачи Вы должны открыть указанную страницу, где обнаружите, что в Вашем распоряжении имеется четыре базовых элемента (стихии): вода (water), огонь (fire), земля (earth) и воздух (air).



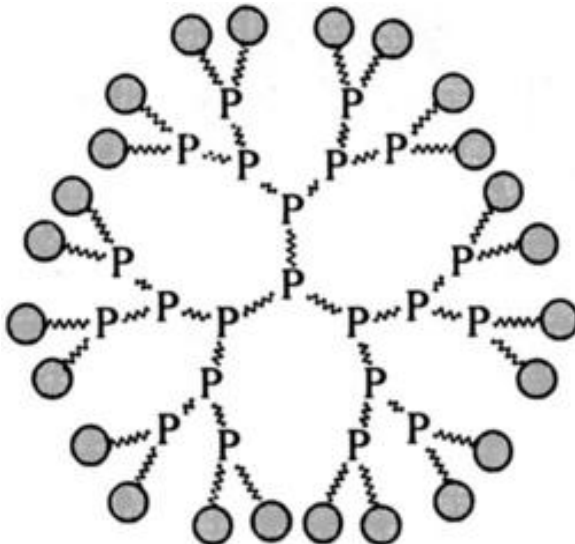
Попарно комбинируя четыре стихии между собой и образующимися продуктами, Вы можете получить большой список веществ или объектов материального мира, включая живых существ. К сожалению, разработчики программы не предусмотрели производство наноразмерных объектов в рамках данного приложения. Для восполнения этого пробела попробуйте, исходя из логики игры, предложить путь синтеза фуллерена.

Учтите, что:

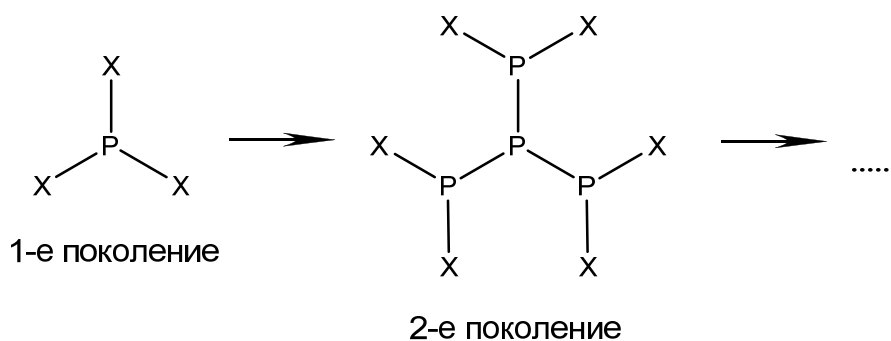
- только две стадии образования фуллерена не заложены в алгоритм данной программы (Вы их должны придумать сами);
- схема синтеза содержит, помимо фуллерена, две другие аллотропные модификации углерода;
- на образование фуллерена требуется один символ воды, по четыре символа воздуха и огня, а также шесть символов земли. (7 баллов)

Молекулярные деревья (2013, заочный тур, Химия задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Многие наноструктуры по форме напоминают нам объекты из окружающей жизни – шарики, трубки, ленты. Некоторые структуры – их называют дендримеры – похожи на деревья. На рисунке изображен дендример, образованный атомами фосфора. Кружочки обозначают одновалентную группу атомов X, имеющую относительную молекулярную массу 31.



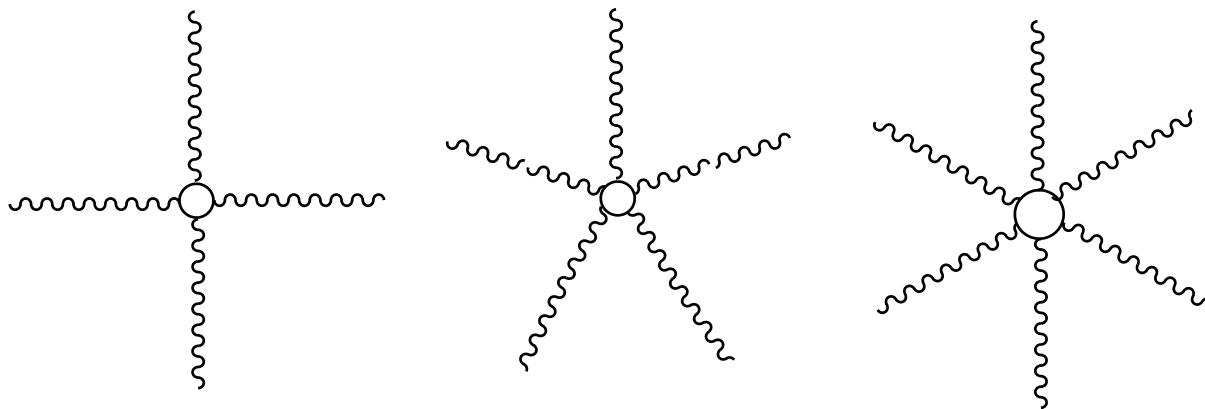
Процесс получения дендримеров напоминает размножение поколений:



1. К какому поколению относится дендример, изображенный на рисунке? (1 балл)
2. Какое строение он имеет – плоское или объемное? Объясните. (2 балла)
3. Определите молекулярную формулу дендримера P_aX_b , в котором массовая доля фосфора равна 45,45%. К какому поколению он относится? (3 балла)

Нано-звезды (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Некоторые наноструктуры по форме напоминают звездочки. «Звездными» полимерами называют молекулы, в которых с центральным атомом или группой атомов (ядром) соединено несколько длинных молекулярных цепочек, содержащих повторяющиеся группы атомов, например $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots$



1. Какие атомы (или группы атомов) могли бы выступать в роли ядра для приведенных на рисунке «звезд»? Предложите по одному варианту. (1.5 балла)
2. «Звезда» имеет молекулярную формулу $\text{C}_{66}\text{H}_{120}\text{Br}_6$, все цепи в ней одинаковы. Установите формулу ядра, число цепей и формулу цепи. (3 балла)
3. Если бы в вашем распоряжении были «звездные» полимеры (в виде веществ или отдельных молекул), для чего бы вы могли их использовать? (1.5 балла)

Ряд чисел (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Имеется ряд, состоящий из семи чисел, последние два из которых неизвестны:

90 _ 65 _ 50 _ 45 _ 32 _ ? _ ?

Сдвиг вправо в рамках предложенной цифровой последовательности стал возможен в том числе благодаря внедрению соединений **A** и **B**, образованных одним и тем же металлом и содержащих 23,65 и 15,20% кислорода по массе, соответственно. Известно, что одно из этих веществ является бинарным.

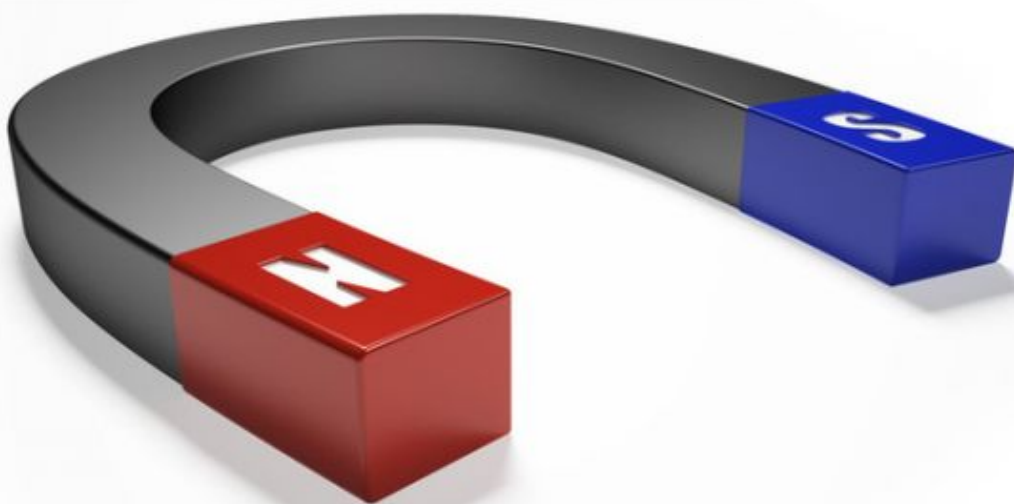
1. Найдите соединения **A** и **B**, подтвердив ответ расчетом. (2 балла)
2. Определите последние цифры ряда, исходя из того, что данная последовательность имеет непосредственное отношение к наноразмерным объектам. (3 балла)
3. Возможно ли продолжение ряда в обе стороны и если да, то имеет ли он пределы? (2 балла)
4. Кратко опишите, благодаря каким свойствам соединения **A** и **B** могли способствовать сдвигу вправо в указанном ряду. (1 балл)



Магнитный композит (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Для получения наночастиц магнетита, адсорбированных в полимерной матрице может быть использован следующий способ. Растворяют 16.86 г $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ и 1.26 г вещества **X** в 250 мл воды и добавляют 84 мл 2% раствора поливинилового спирта. Затем приливают избыток концентрированного водного раствора аммиака. После этого собирают магнитный композит и промывают его водой, собирая с помощью постоянного магнита. Образовавшийся композит обрабатывают водным раствором глутарового альдегида и снова отмывают, собирая частицы композита с помощью постоянного магнита.

1. Определите вещество **X**, если известно, что раствор, полученный после отделения магнитного композита, дает с хлоридом бария 23.3 г осадка, нерастворимого в кислотах. (1 балл)
2. С какой целью добавляют раствор аммиака? (1 балл)
3. Что представляют собой полученные наночастицы? (2 балла)
4. Зачем на последней стадии был добавлен глутаровый альдегид? (1 балл)



Бензин с водой (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

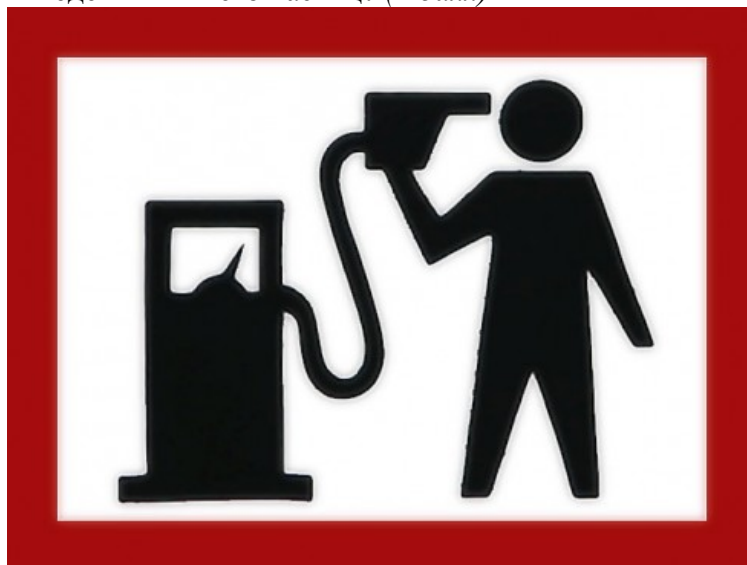
- Не могу я так! Мне стыдно, я у детей из сада деньги украл! – причитал Василий Алибабаевич.

- Ага! А бензин ослиной мочой тебе разводить не стыдно было!?

- Так то бензин, а то дети...

Этот короткий диалог неопровержимо свидетельствует о повсеместном и беспрецедентном развитии нанотехнологий в Советском Союзе. Даже Василий Алибабаевич из далёкой Азии задолго до начала программы “Нанотехнологической инициативы” в США умело использовал нанотехнологии для модификации жидкого топлива.

1. Перед Вами стоит задача: ввести в состав бензина воду и насыщенный водный раствор нитрата аммония. Опишите, какими приёмами Вы будете пользоваться в каждом случае и какие вещества и приборы Вам потребуются. (2 балла)
2. Оцените параметры сгорания подобного топлива (с водой и с солями отдельно) и его влияние на двигатель. В роли солей используйте нитрат аммония и сульфат натрия. (2 балла)
3. Опишите, как будет выглядеть модифицированное топливо. Как оценить размеры введённых в него частиц? (1 балл)



Пептидное судоку (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

От агента, заброшенного в самое логово вражеского государства - научно-исследовательский центр нанобиологического оружия, поступило закодированное сообщение об аминокислотной последовательности важного ациклического нонапептида **X** в виде следующей шифровки:

Центру известно, что заглавные латинские буквы обозначают общепринятые однобуквенные сокращения протеиногенных аминокислот. Определение искомого пептида требует полного заполнения сетки девятью буквами (A, C, D, F, G, K, N, R и V) так, чтобы в каждом столбце, каждой строке и каждом выделенном жирными линиями квадрате 3x3 все буквы встречались только один раз. В одной из вертикалей или горизонталей и будет содержаться структура нужного Центру пептида.

1. Заполните представленный квадрат 9x9 согласно правилам, озвученным в условии. (4 балла)
2. Какие ограничения на структуру передаваемых в Центр пептидов накладывает подобный метод шифрования? (1 балл)
3. Информация о каком максимальном количестве нонапептидов может быть передана с помощью данного способа в рамках одного квадрата 9x9? (1 балл)
4. Из других источников Центр знает о том, что обработка искомого нонапептида трипсином (гидролизует пептидные связи, образованные карбоксильными группами лизина (K) или аргинина (R)) приводит к образованию, помимо остальных продуктов, только одного олигопептида. Определите аминокислотную последовательность зашифрованного пептида. (3 балла)
5. Рассчитайте общее число нонапептидов, которые могут быть, в принципе, зашифрованы рассмотренным методом а-ля судоку при использовании только протеиногенных аминокислот. (1 балл)

			V					
		K	D	A			R	
				F		A		N
		A		V		R		
					F			
V		N			C	K	G	
				C		D		
R								V
N	D		G					C

Фильтр Васи́ка (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Как известно, даже за дурацкие изобретения дают премии.

Неизвестный дипломант

Юный нанотехнолог Вася решил изготовить нанофильтр для очистки воды, работающий по принципам обратного осмоса. Для этого в поисках технического решения он купил и разобрал промышленно выпускаемую систему очистки воды. Обратноосмотический модуль состоял из тонких керамических трубок, вероятно специфической проницаемости, закреплённых в пластиковом патроне эпоксидной смолой.

Вася решил пойти несколько иным путём. Купив несколько метров силиконового шланга подходящего размера и нарезав его на куски, Вася слегка намазал его серной кислотой, уложил каждый кусок в отдельную стальную трубу и то, что получилось, засунул в духовку на сутки. Затем Вася пошёл в лабораторию, где продолжил прокаливание при 600°C , в муфельной печи, при пропускании слабого потока воздуха. Полученные изделия Вася также зафиксировал эпоксидной смолой, после небольшой доработки приварил к водопроводу и получил чистую воду. За проявленное упорство и полученные достижения школа выдвинула его на Шнобелевскую премию.

1. Опишите процессы, протекающие на каждой стадии изготовления фильтра. (2 балла)
2. Обязательна ли кислота на первой стадии? Что произойдёт, если её не будет? (1 балл)
3. Оцените пористость фильтра (в процентах от объёма) если первоначальная плотность шланга равна 1 г/см^3 , а элементарное звено имеет следующий состав: $\text{-(O-Si(CH}_3\text{)}_2\text{-)}$. Конечным продуктом прокаливания считайте α -кварц. Объём изделия в процессе пиролиза постоянный. (2 балла)
4. Оцените степень очистки воды, если фильтр состоит из волокон кремнезёма, диаметром 200 нм. Какие частицы способны пройти сквозь фильтр, а какие задерживаются, если распределение волокон по объёму представляет равномерную трёхмерную кубическую сетку. (3 балла)



Голь на выдумку хитра (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Юный химик Леонардо (больше известный как Лёнька) на спор решил доказать одноклассникам, что он получит наночастицы буквально из подручных средств. По условиям спора ему запрещалось использовать профессиональные научные приборы, за исключением термометра. Правда, Лёнька предупредил, что процесс может сопровождаться не сильно приятными запахами, поэтому ему разрешили работать в школьной лаборатории с вытяжным шкафом.

Для начала, Лёнька пошёл на школьную свалку в поисках подходящих материалов. Там он нашёл старый чайник, различные куски стальных труб, картон, куски пенопласта, битые тарелки, бутылки, банки, разбитый аккумулятор. Затем он пошёл в магазин и купил там электродрель, отбеливатель (его пришлось поискать, так как подходил не каждый), пакет алебастра, садовые шланги из ПВХ. Собрав необходимое оборудование и материалы, Лёнька приступил к работе. Сначала он запаял чайник и надел на его носик кусок шланга, большую часть которого погрузил в ведро с холодной водой. Налив в чайник воды и перегнав её, Лёнька получил дистиллят, который собрал в пластиковую бутылку от минералки. Накопив достаточное количество дистиллята, Лёнька набил чайник пенопластом, (периодически расплавляя его, чтобы поместилось побольше) поставил крышку и залил её по краям свинцом. Этого ему показалось мало, и поверх свинца он намазал смеси алебастра со стекловолокном. На носик чайника он надел стальную трубу и щедро залил стык свинцом. Трубу обмотал мокрой тряпкой, которую периодически поливал водой. В этот раз Лёнька грел чайник паяльной лампой, особенно прогревая верхние участки. Через некоторое время в приёмнике скопился слой желтовато-коричневой вонючей жидкости. Заново залив её в чайник, Лёнька отогнал наиболее летучую часть, которая представляла собой прозрачную подвижную жидкость с резким запахом. После этого Леонид из нескольких труб соорудил штатив, привязал к нему дрель с мешалкой из куска проволоки, соединил в трёхлитровой банке воду и полученную жидкость, добавил туда же отбеливатель и поставил нагреваться в кастрюлю с водой. Через некоторое время жидкость стала похожей на густое белое молоко, а запах изменился на запах яблочных косточек.

Сняв банку, Лёнька позвал друзей и показал им наночастицы. На вопрос “а ты докажи что это нано” Лёнька нанёс каплю раствора на кусок стекла, аккуратно высушил и просветил лазерной указкой.

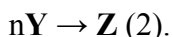
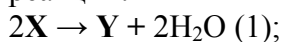
1. Наночастицы какого материала получил Лёня? (1 балл)
2. Напишите уравнения всех реакций, которые он провёл или наблюдал. (3 балла)
3. Что увидели друзья после просвечивания лазерной указкой? Как это доказало наличие наночастиц и даже позволило оценить их размер? (1 балл)
4. Почему подходил не каждый отбеливатель? (1 балл)
5. Почему Лёня использовал для работы шланги из ПВХ, а не из резины? (1 балл)
6. Поясните логику приборов, изготовленных Лёнькой. Какие аналоги научных установок они имитируют? (3 балла)



Биодеградирующий полимер (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

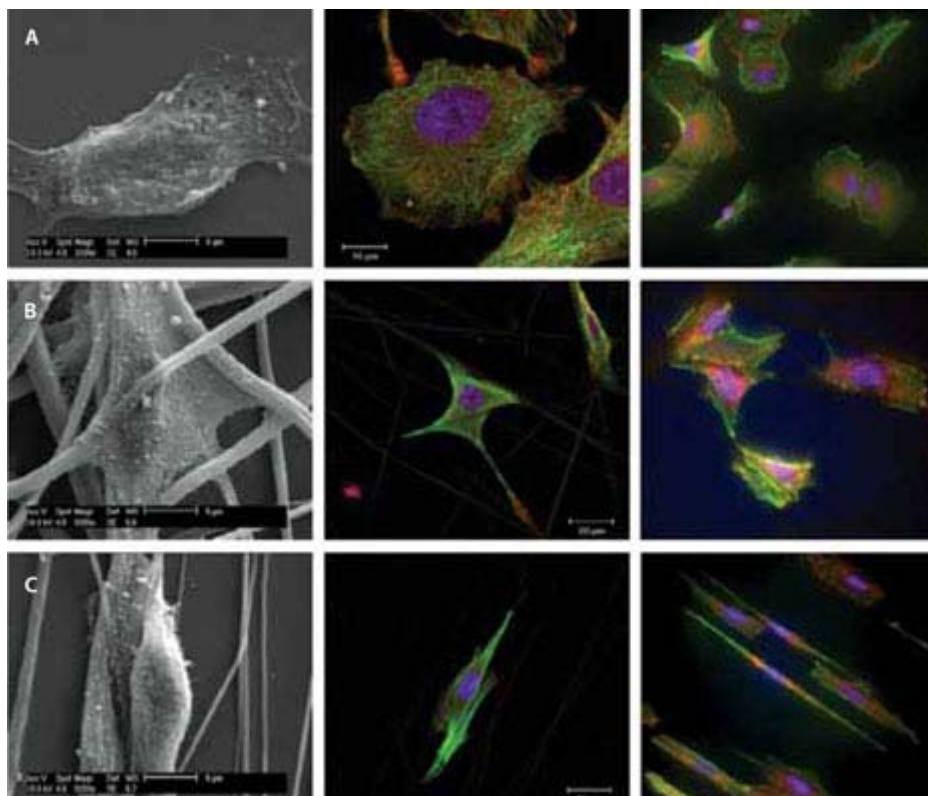
Биодеградирующие полимеры нашли широкое применение в различных областях человеческой деятельности, включая создание наноразмерных матриц для оптимальной архитектоники роста клеточных популяций до оформленных тканевых структур. В частности, они служат основой для скаффолд-технологии (scaffold-technology) – культивирования клеток на трехмерных подложках-носителях естественного или искусственного происхождения с целью пространственного формирования будущего клеточного органа или его фрагмента.

Одним из таких полимеров является соединение **Z**, образующееся из мономера **X** через промежуточный продукт **Y** путем поликонденсации. Уравнения соответствующих реакций:



Известно, что молекула **Y** образована одинаковым числом атомов 3-х элементов: С, Н и О.

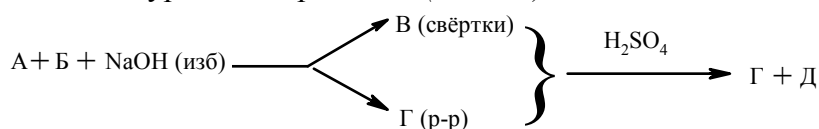
1. Определите соединения **X-Z**, если в мономере **X** содержится 63,12% кислорода по массе. Ответ подтвердите расчетом. (4.5 балла)
2. Напишите уравнение реакции биодеградации полимера **Z**. (1 балл)
3. Объясните феномен более быстрой деградации полимера **Z**, формирующего матрицу для стволовых клеток, в условиях *in vivo* по сравнению с *in vitro*. (1 балл)
4. Поясните, почему введение клеточных структур на основе **Z** в человеческий организм не несет токсикологической опасности, в то время как прием внутрь (перорально) даже небольшого количества **X** представляет значительную угрозу для жизни индивида? (1.5 балла)
5. Знание времени разрушения полученного для целей биотехнологического эксперимента образца **Z** очень важно. Почему? (1 балл)
6. Какие еще биодеградирующие полимеры Вам известны? (1 балл)



Всё дело в трубке (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Само название – нанотрубки – уже подсказывает нам, что подобные образования имеют вытянутую и, самое главное, полую структуру. Но и это еще не всё. При более детальном рассмотрении может оказаться, что стенки такой структуры не однослойны и перед нами – либо «матрёшка» (трубка в трубке), либо незамкнутая структура – свёрток. Сегодня всякий из вас, кто слышит слово «нанотрубка», прежде всего, думает, в первую очередь, об углеродных нанотрубках.

1. Из какого вещества сложнее всего получить нанотрубку? Ответ обоснуйте. (1 балл)
Варианты: WS₂, углерод, VO_x, ДНК, NaCl, NiCl₂, GaAs, бор, GaOОН
2. Какие основные структурные особенности объединяют неорганические материалы, из которых легко формируются нанотрубки? (1 балл)
3. Нанотубулярные структуры могут образовываться из непривычных, на первый взгляд, веществ. Расшифруйте, приведенный ниже синтез наносвёртков В и запишите уравнения реакций. (3 балла)



Фольгу из металла А погрузили в стакан, содержащий раствор соли В и избыток гидроксида натрия. Через несколько минут поверхность А приобрела голубой цвет, и на ней образовалось вещество В со структурой, приведенной на рис. 1. При этом в растворе образуется соль Г.

Если к реакционной смеси теперь добавить стехиометрическое количество серной кислоты, то в стакане образуется голубой раствор, и остается непрореагировавшая фольга металла А. Упариванием и медленной кристаллизацией из образовавшегося раствора можно получить только кристаллы солей Г и Д, содержащих 12.8% и 9.9% серы по массе, соответственно.

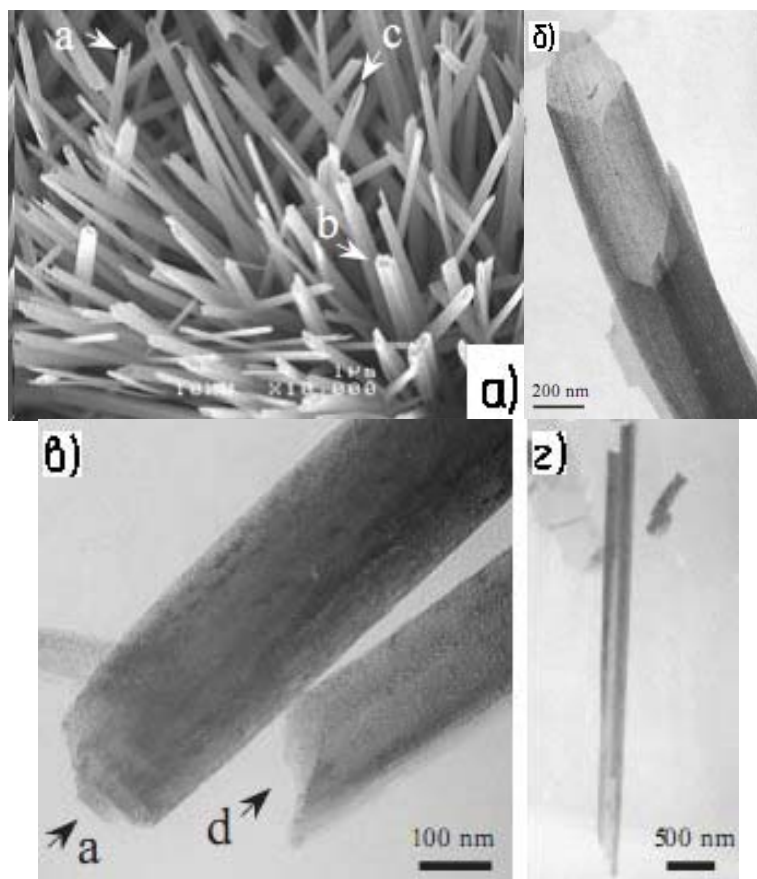


Рис. а) СЭМ-изображение наносвёртков В; б) – г) – ПЭМ-изображение наносвёртков В.

4. Напишите, где могут найти применение свертки В? (1 балл)
5. В чем при этом может быть преимущество свертков над трубками? (1 балл)
6. Какие еще способы получения нанотрубок Вы знаете? Приведите несколько примеров синтеза для веществ, легко образующих нанотрубки. Какие общие принципы могут быть использованы, если необходимо получить нанотрубку из вещества, мало склонного к ее формированию? Приведите несколько примеров. (3 балла)

Разрежем и сошьём (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Ниже приведен пример «молекулярной хирургии» фуллерена. Такой подход позволяет получать любопытные производные фуллерена, недоступные другими методами. На рисунке ниже приведена схема такого подхода:

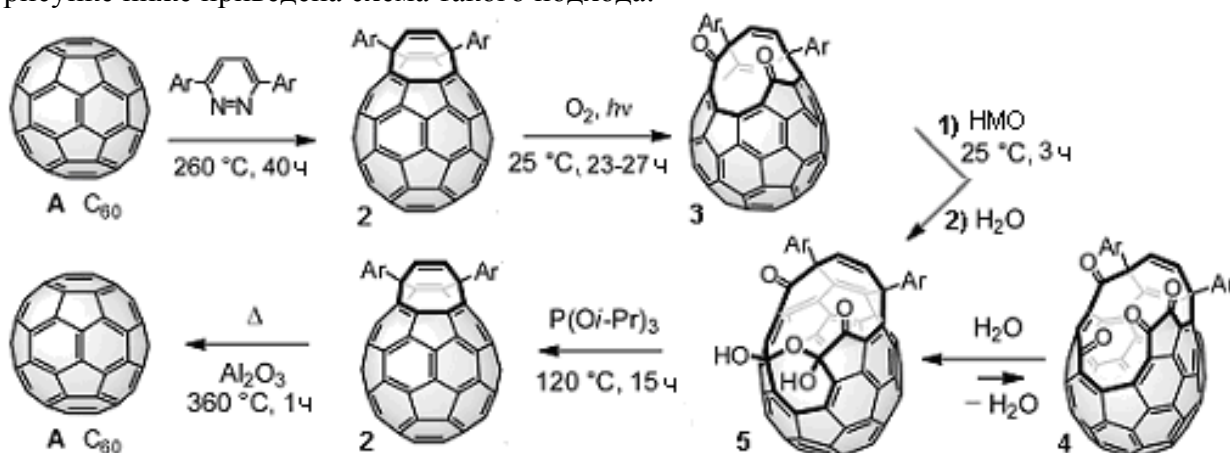


Схема 1. Схема превращений фуллерена C_{60} . Здесь Ar = *n*-изопропилбензольный радикал. НМО – *N*-метилморфолин *N*-оксид (окилитель).

1. Кратко объясните суть этих манипуляций. Для чего используется данный подход? (1 балл)
Если при проведении синтеза по этой схеме соединение **5** дополнительно нагревать 36 часов в водно-толуольной смеси при 120°C и давлении 9000 атмосфер, то образуется вещество **5'**, дальнейшие превращения которого по Схеме 1 приводят к веществу **Б**.
2. Расшифруйте вещество **Б**. Объясните, почему при реакции в водно-толуольной смеси образуется только один продукт - **5'**. Как вы думаете, почему образование вещества **5'** происходит не из **5**, а из находящегося с ним в равновесии соединения **4**? (2 балла)
3. Вещество **Б** имеет стабильные изомеры, ведущие себя по-разному в магнитном поле.
4. Сколько у **Б** таких изомеров? Как называется этот вид изомерии? Предположите, что обуславливает относительную стабильность изомеров **Б**? (2 балла)
5. На Рисунке 1а приведен ЯМР 1H спектр соединения **Б** в *o*-дихлорбензоле- d_4 (ДХБ). Какую информацию о **Б** он несет? (2 балла)

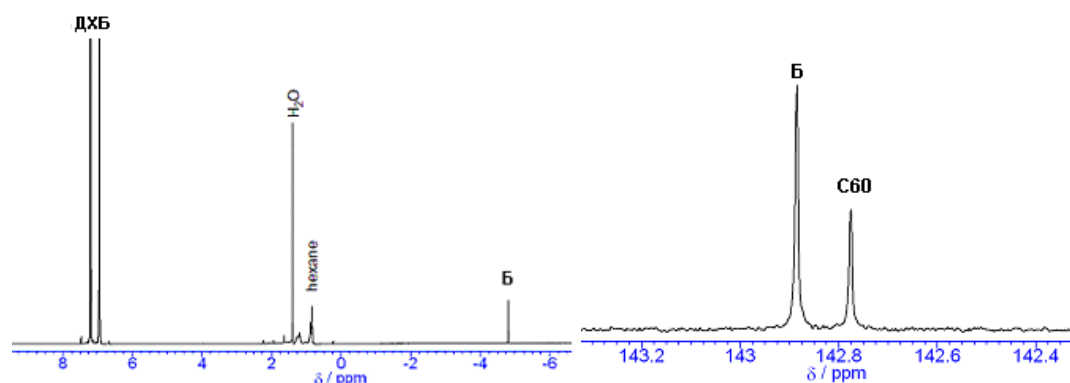


Рис. 1. а) ЯМР 1H спектр соединения **Б** (синглет при -4.8 ppm). б) Сравнение ^{13}C спектров **Б** и C_{60} (показана только часть спектра, содержащая сигналы этих соединений).

6. Все ли атомы углерода в **Б** эквивалентны? Объясните, почему ^{13}C ЯМР спектр **Б** содержит только один синглет? Как можно это проверить? (2 балла)
Если в водно-толуольную смесь при синтезе **5'** добавить жидкость **Х**, то после дальнейших превращений продуктов реакции по Схеме 1 ^1H ЯМР спектр неразделенной смеси конечных продуктов будет иметь вид, представленный на Рисунке 2.

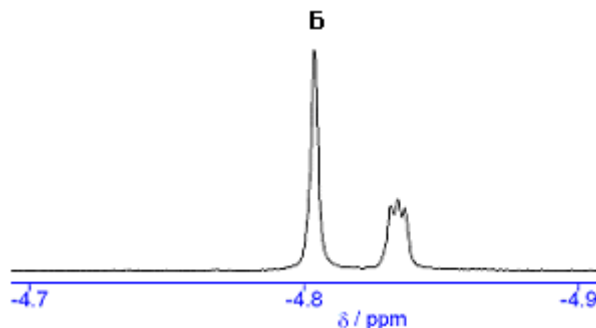


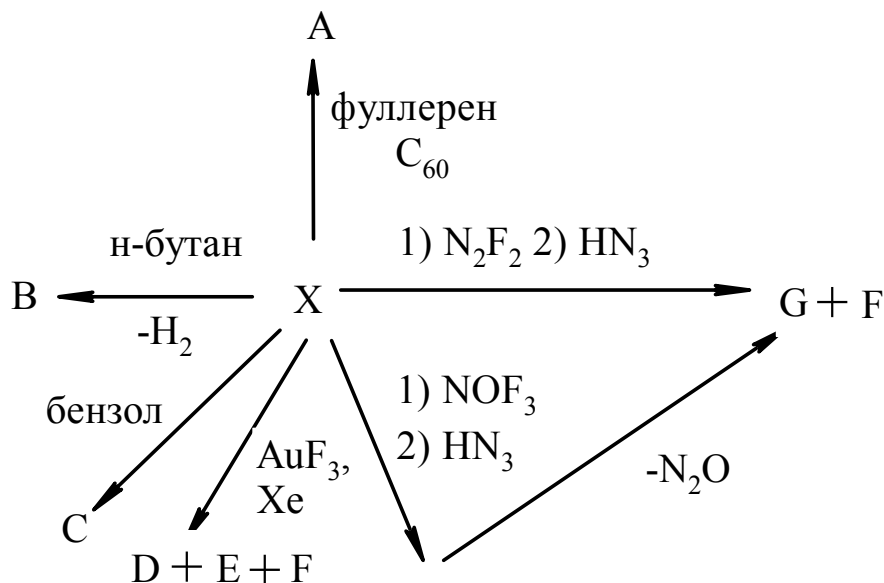
Рис. 2. ^1H ЯМР спектр конечной смеси продуктов в ДХБ. Показана только часть спектра, содержащая сигналы продуктов.

7. Расшифруйте жидкость **Х** и образующееся вещество **Б2**, спектр ^1H ЯМР которого приведен на рис.2. (2 балла)

Удивительное Супернано (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Частицы, состоящие из высокосимметричных ансамблей атомов, могут обладать весьма необычными свойствами, нехарактерными для малых молекул.

Крайне стабильное соединение **X** обладает уникальными свойствами, что позволяет получать и, во многих случаях, выделять в индивидуальном виде соединения, получить и выделить которые другими способами невозможно.



1. Расшифруйте схему превращений (5 баллов), если соединение **X** содержит 2.30 % углерода, 0.39 % водорода, 74.58 % хлора и еще один элемент (**Y**) из второго периода; основная структурная единица соединения **X** имеет поворотную ось симметрии пятого порядка; в продуктах **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **G** соотношение **C**:**Y** совпадает с таковым для соединения **X**; ЯМР ^1H спектр продукта **B** содержит 2 сигнала; продукт **C** стабилен до 150°C , его ЯМР ^1H спектр содержит 5 сигналов; массовая доля ксенона в **D** = 33.47 %; соединение **E** содержит 29.74 % ксенона и 11.15 % золота; массовая доля азота в **G** = 11.83 %.
2. Какова структура **D**, если это соединение содержит одну из самых длинных связей между элементами? Каков порядок этой связи? Какую роль играет ксенон в **E**? Объясните устойчивость **E** с точки зрения принципа ЖМКО. Напишите уравнение реакции **X** с AuF_3/Xe . (2.5 балла)
3. К каким классам веществ относится **X**? Какие структурные особенности обуславливают его удивительные свойства (в частности, повышенную устойчивость производных)? Каким образом можно изменить молекулу **X**, чтобы усилить ее необычные свойства? (4 балла)
4. Спектр ЯМР ^{13}C соединения **A** содержит лишь 2 сигнала. Объясните наблюдаемое явление. Сколько сигналов будет содержать ЯМР ^{13}C спектр **A** при пониженной температуре? (2,5 балла)

Оксид графита (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Оксид графита (ОГ) – это графит, в котором часть атомов углерода окислена. При этом образовались различные функциональные группы, содержащие кислород (см. рис. 1а,б) Состав ОГ можно выразить брутто-формулой CO_xH_y , где X и Y различаются при различных способах окисления. В последние годы ОГ оказался в центре внимания, поскольку он может служить прекурсором графена. От решетки ОГ при растворении в особых условиях можно отделить одну плоскость (получится оксид графена), а затем её восстановить (получится графен).

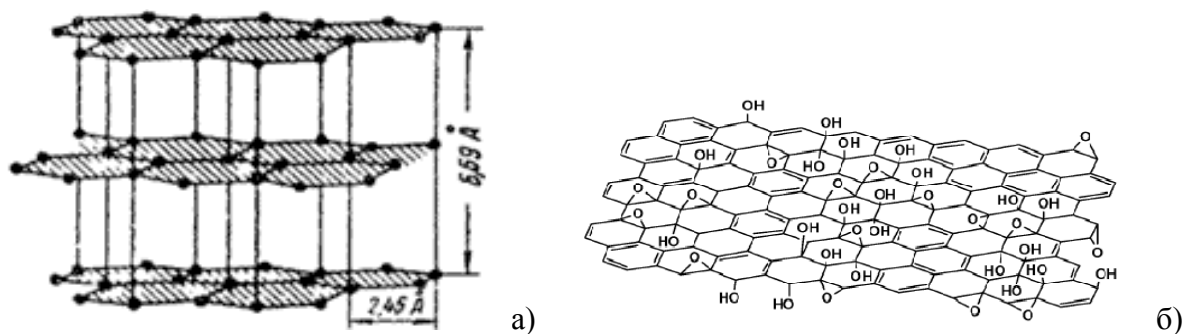


Рис. 1. а) Структура графита. Оксид графита устроена точно также, только плоскости раздвинуты (~12 Å, вместо 6,69 Å), и часть атомов углерода окислена; б) Плоскость в структуре оксида графита. Видны функциональные группы. Абсолютное и относительное количество функциональных групп зависит от способа окисления!

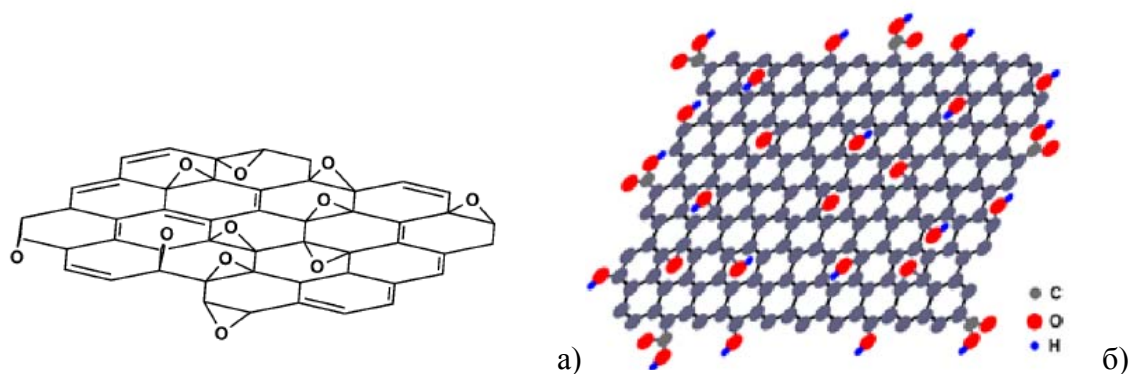


Рис. 2. Плоскость в структуре оксида графита; (а) модель Хоффмана; (б) модель Лерфа-Клиновски.

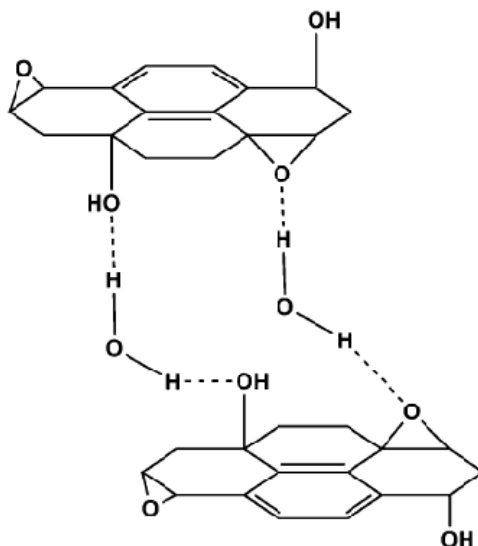


Рис. 3. Внедрение молекул воды между плоскостями ОГ в модели Лерфа-Клиновски.

1. Попробуйте догадаться, какие свойства ОГ делают его более удобным прекурсором графена, чем сам графит? Что на ваш взгляд может быть главным недостатком ОГ как прекурсора? (2 балла)
2. На рисунке 2а приведена простейшая модель плоскости ОГ (модель Хоффмана). Предполагается, что в результате окисления образуется единственная функциональная группа – (-O-). Рассчитайте X в формуле CO_X , если 25% атомов углерода в ОГ сохранили sp^2 гибридизацию. Чему равно максимальное X для модели Хоффмана? (2 балла)
3. На рис. 2б изображена современная модель плоскости ОГ (модель Лерфа-Клиновски). Здесь в результате окисления образуются четыре типа функциональных групп. Назовите их. (1 балл)
4. Пусть ОГ выглядит так, как предсказывает модель Лерфа - Клиновски (см. рис.2б). Брутто-формула образца $CH_{0.22}O_{0.46}$. Оцените, какой процент атомов углерода мог остаться не окисленным? Дайте оценку сверху и снизу. (Учитывать только атомы С в шестиугольниках!) (2 балла)
5. Важнейшее свойство ОГ – способность адсорбировать воду между плоскостями. Это происходит за счет образования водородных связей с атомами функциональных групп, как показано на рис. 3. Пусть образец ОГ имеет формулу $CH_{0.22}O_{0.46}$. Какое максимальное количество молекул воды может быть адсорбировано в расчете на один атом углерода? Как можно записать формулу подобного гидрата? Используйте модель Лерфа-Клиновски. (2 балла)

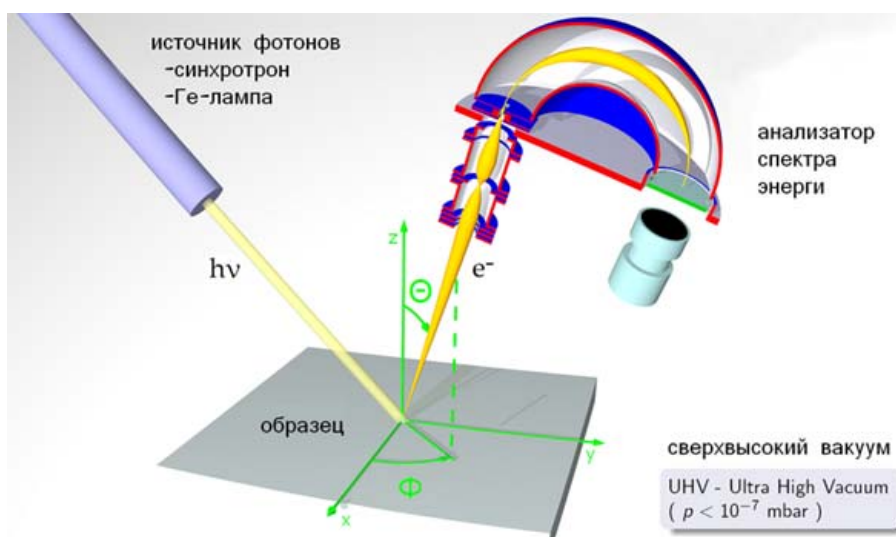
Фотоэлектронная спектроскопия (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)

При исследовании состава наноматериалов используется метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). При исследовании на образец падает пучок рентгеновских лучей, а с поверхности образца вылетают электроны, выбитые с внутренних орбиталей. Определяя энергию электронов, можно получить информацию о химическом составе образца.

При облучении образца пучком рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda_1 = 0.95$ нм в спектре РФЭС наблюдается только один пик, соответствующий некоторой энергии связи электронов, при этом импульс вылетевших электронов равен $p = 1.5 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с. А при облучении пучком с длиной волны $\lambda_1 = 0.80$ нм в спектре наблюдается тот же самый пик.

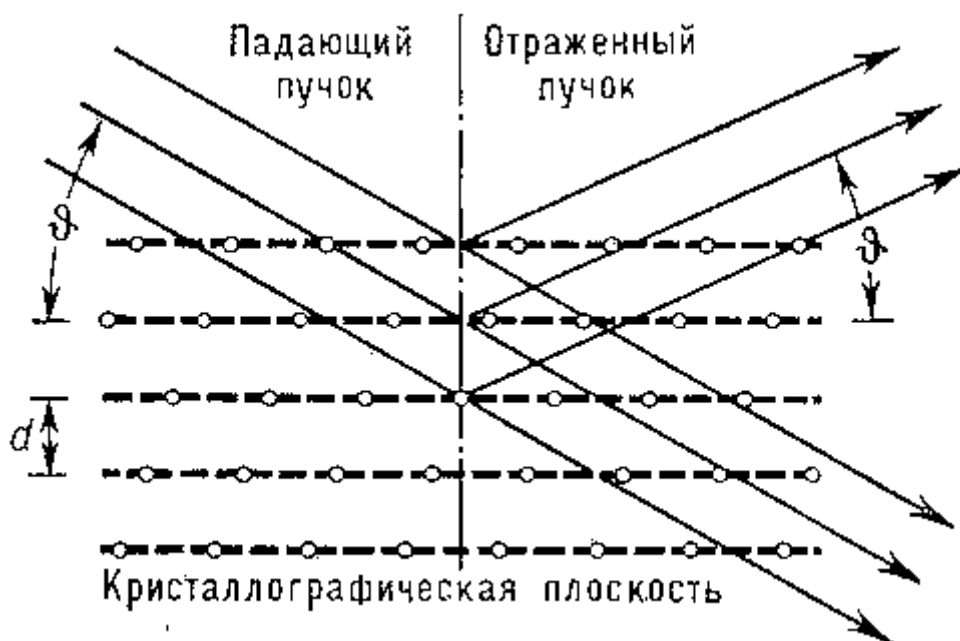
1. Найти импульс вылетевших электронов p во втором случае. (3 балла)
2. Найти отношение импульса фотона к импульсу электрона p_ϕ/p в обоих случаях. (2 балла)
3. Объяснить полученный результат, используя фундаментальные физические законы. (1 балл)

Скорость света $c = 3.0 \cdot 10^8$ м/с, масса электрона $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$ кг, постоянная Планка $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с .



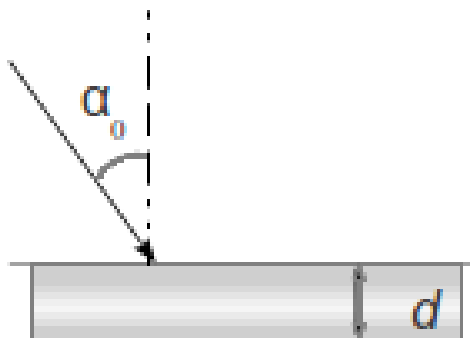
Дифракция электронов (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)

Метод дифракции электронов используется для исследования структуры твердых тел. В опыте по определению постоянной кристаллической решетки электроны разгоняют в поле с разностью потенциалов 100 В. Далее пучок электронов падает нормально на поверхность образца, представляющего собой тонкую фольгу из монокристаллического вещества. При этом на экране, расположенном за образцом, наблюдается дифракционная картина, в которой второй дифракционный максимум находится под углом $\alpha = 30^\circ$. Найти постоянную решетки исследуемого вещества. (4 балла)



Оптическое волокно (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)

Некоторые полупроводниковые наночастицы, будучи прозрачными в видимом или ближнем инфракрасном диапазоне, могут иметь более высокий показатель преломления, чем стекло. Такие частицы, внедренные в стекло, изменяют эффективный показатель преломления среды. Представим, что на такое цилиндрическое стеклянное волокно снаружи падает луч света под углом $\alpha_0 = 45^\circ$.



Диаметр сечения волокна $d = 1$ см. В месте падения показатель преломления равен $n_0 = 1.3$. Эффективный показатель преломления стеклянного волокна с внедренными наночастицами линейно растет вдоль длины, начиная от точки падения:

$$n(l) = n_0 + kl, \quad l - \text{длина, } k = 0.5 \text{ см}^{-1}.$$

Сколько раз луч выйдет из волокна? Искажением пучка на цилиндрической поверхности можно пренебречь. (5 баллов)

Задача о ЦП (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

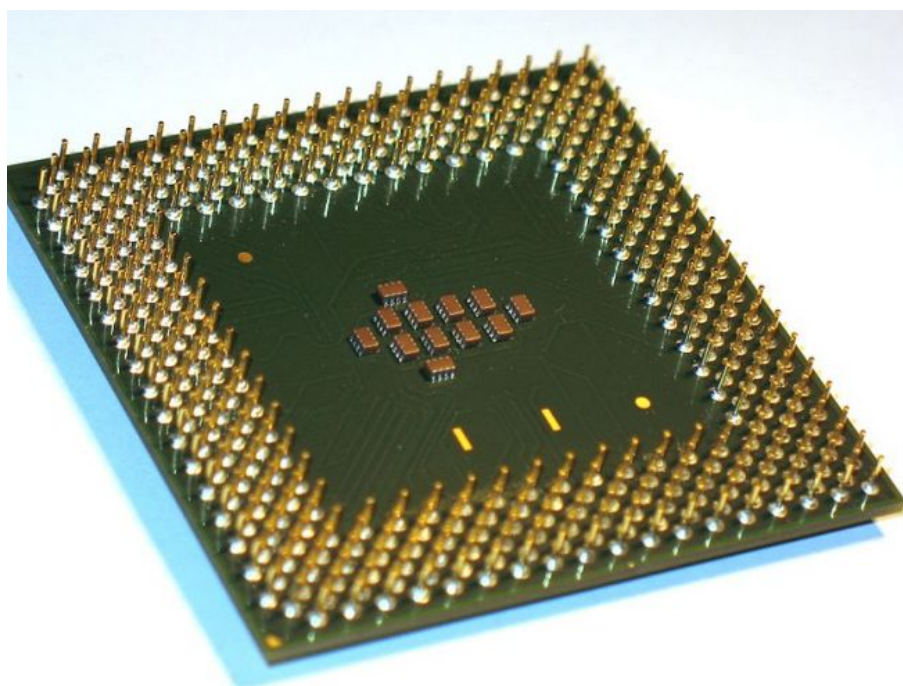
Согласно известному закону Гордона Мура (одного из основателей компании Intel) количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца. При этом производительность процессоров в компьютерах должна удваиваться каждые 18 месяцев из-за сочетания роста количества транзисторов и быстродействия каждого из них.

К увеличению количества размещаемых на кристалле транзисторов ведет их миниатюризация: в настоящее время при изготовлении процессоров используется технологический процесс «22 нм», а к 2018 г. планируется разработать и внедрить технологию с линейным разрешением в 10 нм.

1. Какие фундаментальные ограничения затрудняют процесс миниатюризации при переходе к столь малым размерам элементов интегральных схем? (3 балла)

В то же время, рост производительности процессоров до последнего времени определялся увеличением их тактовой частоты. Однако, после достижения определенного значения тактовой частоты (около 4 ГГц) дальнейшее увеличение производительности пошло по пути увеличения числа ядер, размещаемых на одном процессорном кристалле, а также применения схем параллельных вычислений.

2. Чем, с физической точки зрения, определяется наличие верхнего предела тактовой частоты? Оценить верхний предел тактовой частоты одноядерного процессора. (3 балла)



Эффект просветления оптики (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

Юный физик Иванов решил пронаблюдать в эксперименте эффект просветления оптики, состоящий в нанесении тончайших (толщиной около 100 нм) покрытий на внешнюю поверхность объективов фотоаппаратов для уменьшения потерь на отражение света и связанных с ним нежелательных бликов, повышенного светорассеяния и низкого контраста получаемых фотографий. От старших коллег он слышал, что просветления (увеличения светопропускания) обычно добиваются в зеленой области спектра на длине волны около 540 нм – области наибольшей чувствительности человеческого глаза – для чего необходимо нанести на объектив слой четвертьволновой толщины из фторида магния или фторида бария (показатель преломления обоих веществ $n_f = 1.38$). Однако, за неимением под рукой подобных материалов Иванов решил использовать глицерин, а для создания из него тонкой пленки – достаточно простой метод ‘spin-coating’, опробованный им при получении пленок с наночастицами селенида кадмия. Выбор глицерина в качестве просветляющего вещества он объяснил тем, что данная жидкость является прозрачной, практически не испаряется при комнатной температуре и имеет, как и в случае с фторидами магния и бария, показатель преломления $n_g = 1.44$ близкий к показателю преломления материала объектива, равному в данном случае $n_o = 1.41$. Использование жидкости для просветляющего слоя существенно ограничивало практическое применение данной методики, поскольку объектив приходилось располагать все время строго горизонтально, однако для наблюдения эффекта просветления этого было достаточно. После серии экспериментов с использованием профилометра (прибора для измерения толщин тонких пленок) Иванов смог подобрать нужное количество глицерина, при нанесении которого на поверхность вращающегося объектива получался равномерный слой толщиной $540/4 = 135$ нм. Однако, к большому удивлению юного физика просветления в зеленой области спектра не наступило, что было очевидно даже без эксперимента по пропусканию света через объектив.

1. Как, не анализируя прошедший через объектив свет, Иванов понял, что допустил ошибку? (2 балла)
2. В чем именно состояла ошибка Иванова? (2 балла)
3. Какой толщины должна быть глицериновая пленка для достижения эффекта просветления на длине волны 540 нм? (2 балла)

Цветные растворы серебра (2013, заочный тур, Физика, 7 – 9 класс)

Студенты Онуфрий и Аполлинарий получили два коллоидных раствора наночастиц серебра. Чудесным образом, растворы различались по цвету. Чтобы разобраться, чей коллоидный раствор «лучше», студенты решили снять спектры поглощения растворов на лабораторном спектрофотометре. Растворы показали сходные спектры поглощения, имеющие по одному пику гауссовой формы:

$$I = I_0 e^{-b(\lambda - \lambda_{\max})^2}$$

Максимумы спектров поглощения растворов А и О соответствуют длинам волн 400 ± 10 нм и 620 ± 10 нм, а интенсивности максимумов поглощения – 0.35 и 0.20 усл.ед., соответственно.

λ , нм	360	400	450	496	534	620	750
$I(A)/I(O)$	260 / 1	150 / 2	45 / 4	4.34 / 3	10 / 2.1	1 / 813	$1 / 6.8 \cdot 10^8$

1. Какую окраску имеют коллоидные растворы А и О? Расскажите Аполлинарию и Онуфрию как взаимосвязан цвет их коллоидных растворов с полученными спектрами поглощения. (1 балл)
2. Чей коллоидный раствор лучше и почему? (1 балл)
3. Изобразите, как будет выглядеть спектр коллоидного раствора, полученного смешением двух растворов, в равных объемах? (2 балла)
4. Что нужно сделать с раствором А, чтобы при длине волны возбуждающего излучения 534 нм интенсивность поглощения двух коллоидных растворов стала одинаковой? (2 балла)
5. Как регистрируют спектры поглощения коллоидных растворов? (1 балл)
6. Как соотносятся размеры наночастиц в растворах А и О? (1 балл)



Клатраты – застывшая нанопена (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

В 1887 году Уильям Томсон (лорд Кельвин) задался вопросом: как разбить трехмерное пространство на одинаковые по объему многогранники так, чтобы площадь их стенок была минимальна (задача одинаковых пузырьков в пене). С тех пор данная проблема носит название задачи Кельвина.

В 1993 году в качестве решения задачи Кельвина была предложена структура Уэйра-Фелана. В ее основе – заполнение пространства 12-ти и 14-тигранниками (рис. 1). В этой структуре 14-тигранники связаны друг с другом через шестиугольные грани в цепочки, которые, в свою очередь, выстраиваются в трех взаимно перпендикулярных направлениях, образуя трехмерный каркас с 12-тигранными пустотами между ними.

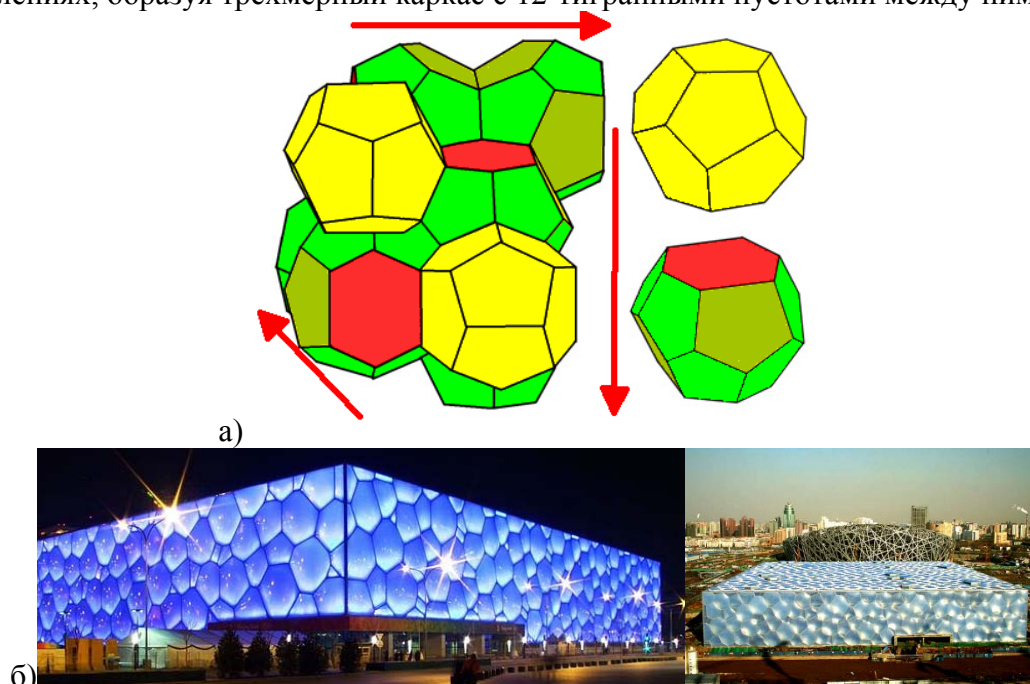


Рис. 1. а) Структура Уэйра-Фелана и составляющие ее многогранники. б) Пекинский национальный плавательный комплекс, построенный к Олимпиаде 2008 года в Пекине на основе этой структуры. Такой подход к дизайну позволил получить более легкую и прочную конструкцию.

Похожее на структуру Уэйра-Фелана решение используется природой при построении простейших газовых гидратов – соединений включения, в которых молекулы гостя находятся в клетках-«нанопузырьках», образованных молекулами воды (рис. 2.).

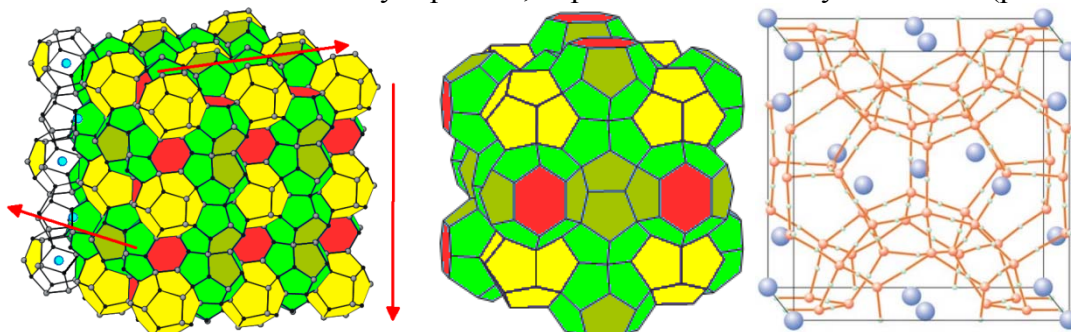


Рис. 2. Структура простейшего клатрата - газогидрата, отвечающая структуре Уэйра-Фелана. Построена из двух правильных многогранников: додекаэдра (12 граней, 20 вершин) и тетрадекаэдра (14 граней, 24 вершины). Молекулы гостя занимают центры всех ячеек.

1. Какие еще материалы можно назвать нанопеной? (1 балл)
2. Структура какого наноматериала является решением двумерного случая задачи Кельвина (разбиение плоскости на равные ячейки с минимальным периметром)? (1 балл)
3. Соответствует ли структура простейшего клатратного каркаса условиям задачи Кельвина? Ответ поясните. (2.5 балла)
4. Какие связи связывают структурные единицы простейшего клатрата в каркас? Какова при этом валентность и гибридизация узлового атома? (1 балл)
5. Атомы и соединения атомов какой группы Периодической таблицы должны быть склонны к образованию такого типа клатратов, почему? Приведите несколько примеров. (2 балла)
6. Где могут найти применение клатраты с такой структурой? Приведите три примера. (2.5 балла)

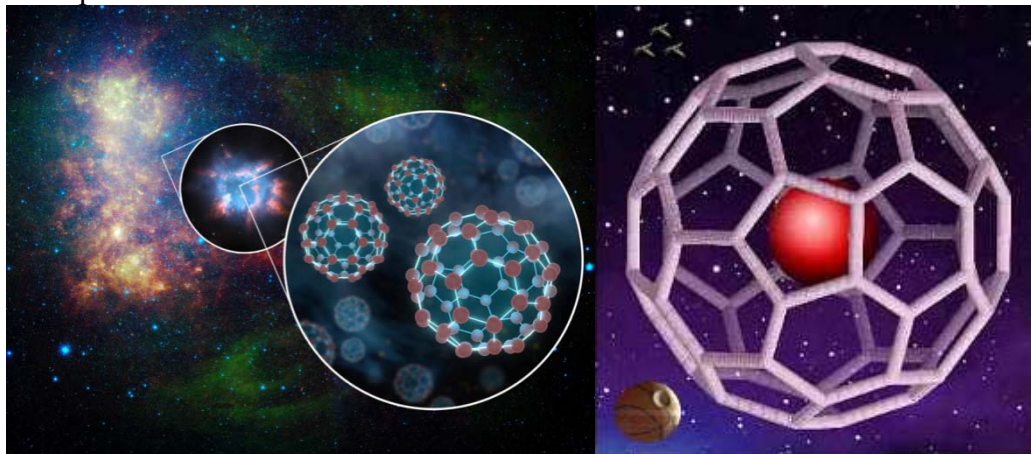
Космические Бакиболы (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

В последнее время фуллерены все чаще и чаще находят в космосе.

1. Каким образом удастся «разглядеть» фуллерены в далекой-предалекой галактике?

Почему для этого используют телескоп, находящийся на орбите Земли? (2 балла)

Оказывается, космические фуллерены можно не только «рассмотреть» издалека, но даже потрогать. Их, равно как и наноалмазы, регулярно находят в упавших из космоса на Землю метеоритах.



2. Какую информацию могут нести попавшие в руки ученых космические фуллерены и наноалмазы? (1 балл)



Удар большого болида (астероида или кометы) 1.8 млрд лет назад создал второй по величине ударный кратер-астроблему, диаметром почти 250 км на территории современной Канады (Садбери, Онтарио). В измельченной взрывом горной породе было обнаружено значительное содержание фуллеренов. Возник вопрос: образовались ли эти фуллерены во время взрыва, или же являются рассеянным веществом болида, которое пережило взрыв?

Выделенные в чистом виде фуллерены (считайте, что они представляют собой только C_{60} , небольшим количеством C_{70} пренебрегаем) при нагревании в вакууме выделяют гелий, который был заключен во внутренней полости, предположительно, в момент образования.

3. Объем газа (при н.у., в пересчете на один грамм фуллеренов) составляет $2.09 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3$. Рассчитайте среднюю концентрацию гелия (моль/ м^3) во внутренних

полостях фуллеренов. Диаметр фуллерена принять равным 0.7 нм, размерами атомов пренебречь. (2 балла)

4. Считая, что гелия в атмосфере Земли содержится $5.27 \cdot 10^{-4}$ % по объему, и его концентрация за прошедшее с момента взрыва время изменилась незначительно, дайте ответ на вопрос: Могли ли эти фуллерены образоваться в Земной атмосфере? (1 балл)

В выделившемся из фуллеренов гелии* содержится маленькая примесь изотопа ^3He ($1.15 \cdot 10^{-7}$ см³).

5. Подтверждает или опровергает этот факт предыдущий вывод? (0.5 балла)

Считая температуру образования фуллеренов равной 1000°C и предположив, что гелий попал в фуллерены в момент их образования:

6. Оцените, при каком давлении гелия (в атм.) образовались фуллерены. (0.5 балла)
7. Как вы думаете, могли ли эти фуллерены образоваться в космосе сразу вслед за остыванием Вселенной после Большого Взрыва? (1.5 балла)
8. Что должны представлять собой «космические фабрики» по производству фуллеренов? Приведите пример. (2 балла)
9. Могли ли эти фуллерены образоваться в Солнечной системе? (0.5 балла)

Ответы поясните.

* Соотношение ^3He и ^4He является «визитной карточкой» материала. Его измеряют в ppm (частях на миллион). Для Земной атмосферы эта величина составляет 1.38 ppm, в горных породах 1 – 12 ppm. Для вещества, сформировавшего Солнечную систему, эта величина равна примерно 100 ppm, в солнечном ветре – 400 ppm, в околоземной космической пыли – до 300 ppm.

Графеновый шар (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

Летом 2008 года на научно-популярных сайтах появились заметки с громкими заголовками типа «Учёные создали воздушный шар из графена». Эти заметки сообщали о создании «самого маленького в мире воздушного шара» – графенового пузыря размером 9 нм с толщиной стенок всего в один атом.

1. Как Вы думаете, верна ли формулировка, поставленная в заголовки новостей? Возможно ли создать сферу из графена? Ответ обоснуйте. (1 балл)
2. Опишите, как сделать изображенный на рис.1 графеновый пузырь. Каким образом его можно наполнить газом? Почему пузырь удерживается на подложке? (2 балла)

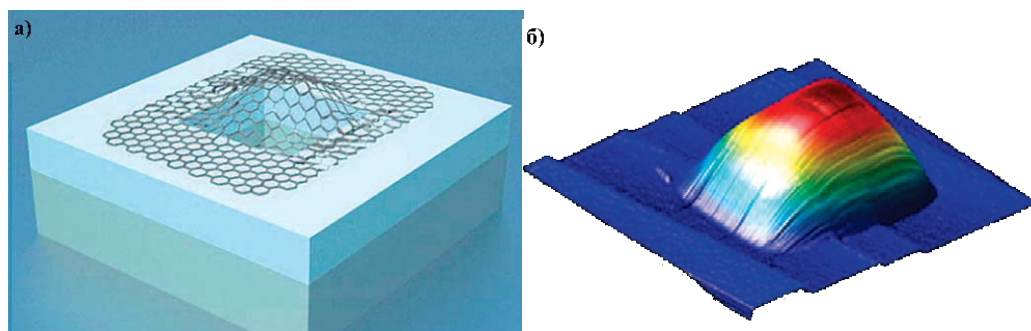


Рис. 1. Графеновый пузырь на подложке из SiO₂/Si с квадратным углублением в SiO₂: а) схематическое изображение; б) изображение реального пузыря, полученное при помощи АСМ.

3. Проникаем ли графен для газов? Почему высота пузыря со временем медленно уменьшается (рис. 2)? Почему высота заполненного водородом пузыря уменьшается быстрее всего? Как заново «надуть» пузырь? (1.5 балла)

Графеновый пузырь кратковременно поместили в атмосферу озона при облучении ультрафиолетом. До и после такой обработки его заполняли различными газами и измеряли зависимость высоты пузыря от времени (рис. 2).

4. Что произошло с графеновым пузырем после такой обработки? Объясните наблюдаемые для обработанного пузыря зависимости в случае H₂ и CO₂ (рис. 2а). Оцените размер характерных особенностей графенового пузыря после обработки. (3 балла)
5. Какое применение могут найти упомянутые в задаче графеновые пузыри? (1.5 балла)

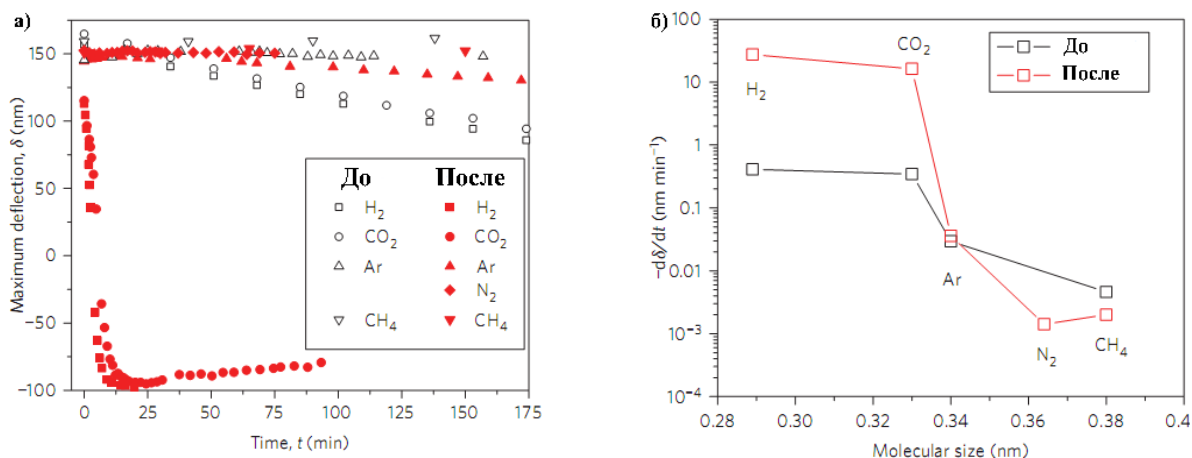


Рис. 2. а) Зависимость высоты заполненного газом графенового пузыря от времени на воздухе. б) Зависимость средней скорости уменьшения высоты заполненного пузыря от размера молекул заполняющего его газа.

Серые метки – до обработки, красные метки – после обработки.

Маленькие человечки (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

Эта история про маленьких человечков, которые помогали сапожнику шить сапоги. Как вы помните, в конце сказки, получив в подарок от жены сапожника одежду, они убежали. А убежали они к себе домой, в лес. Жили маленькие человечки в дупле большого дуба. Лампой у них служил большой гриб в углу комнаты. А обогревались они у небольшой печки, сложенной посередине. От печки была проложена труба наружу, чтобы маленькие человечки случайно не угорели. Однажды маленькие человечки ушли гулять и забыли потушить огонь в печке. А когда вернулись и открыли дверь, то увидели, что огонь потух, а их гриб-лампа стал светиться слабее. Но после того, как они открыли дверь, проветрили свое жилище и снова разожгли печь, их лампа-гриб засветила по-прежнему.

1. Как называется явление, при котором живые организмы светятся, приведите виды живых организмов, у которых это явление встречается? (2 балла)
2. Напишите, на чем основан механизм этого свечения? (3 балла)
3. Объясните, почему гриб стал светиться слабее? (3 балла)



Белки и пигменты (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

Тест – по 1 или 0.5 баллов (в подвопросе 2) за правильный ответ, в подвопросе 2 возможно несколько правильных ответов.

1. У каких из этих живых организмов нет железосодержащего белка, служащего для транспорта кислорода?

- А. Крыса;
- Б. Клевер;
- В. Осьминог;
- Г. Сипункулида;
- Д. Кольчатый червь

(1 балл)

2. В клетках какого из этих живых организмов нет зеленого пигмента хлорофилла?

- А. Петров крест (род растений семейства Заразиховые);
- Б. Одуванчик;
- В. Зеленый морской слизень (вид небольших морских слизней, относящийся к морским брюхоногим моллюскам);
- Г. Зеленая жаба;
- Д. Ламинария

(1 балл)

3. Какие клетки содержат кислород-связывающий белок миоглобин?

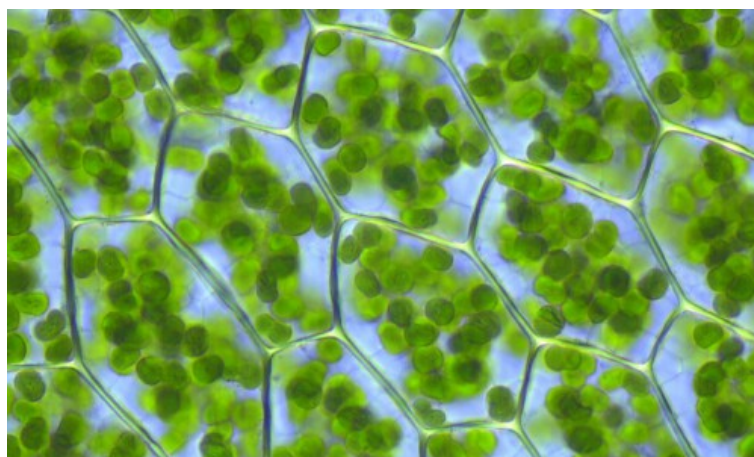
- А. Нейроны;
- Б. Эритроциты;
- В. Эндотелиальные клетки легких;
- Г. Сердечные мышечные клетки

(1 балл)

4. Какая из перечисленных функций принадлежит миоглобину в этих клетках?

- А. Структурная — формирование клеточного цитоскелета;
- Б. Связывание и хранение кислорода для последующего обеспечения кислородом клеток при гипоксии;
- В. Перенос кислорода по от легких к другим тканям;
- Г. Ускорение проникновения кислорода из вдыхаемого воздуха в легких.

(1 балл)



Железо и медь (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

В истории человечества существовали такие эпохи, как медный и железный века.

1. Что общего у этих эпох с эволюцией белков, служащих для переноса кислорода в живых организмах, и в чем различие, назовите эти белки? (4 балла)
2. Как вы думаете, какие свойства этих белков необходимы для выполнения их физиологической роли, в какой цвет окрашена кровь благодаря этим пигментам, в чем конкурентные преимущества гемоглобина позвоночных перед другими дыхательными пигментами? (6 баллов)



Баффи – истребительница вампиров (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

Баффи вместе с ее учителем химии изобретали новое оружие против вампиров. В итоге они научились «варить» особое зелье. Его основные ингредиенты: целые эритроциты и металл, который, согласно народным поверьям, смертелен для вампиров и оборотней. Зелье представляло собой жидкую суспензию наночастиц металла с целыми эритроцитами. Вначале изобретатели сталкивались с тем, что эритроциты «лопались» при смешивании с суспензией частиц металла. Баффи, прочитав древний фолиант, узнала, что вампиры пьют только жидкости с неразрушенными клетками крови. Для решения этой задачи эритроциты предварительно смешивали с другой жидкостью, а затем быстро добавляли суспензию наночастиц металла. После этой процедуры эритроциты в составе зелья оставались целыми.

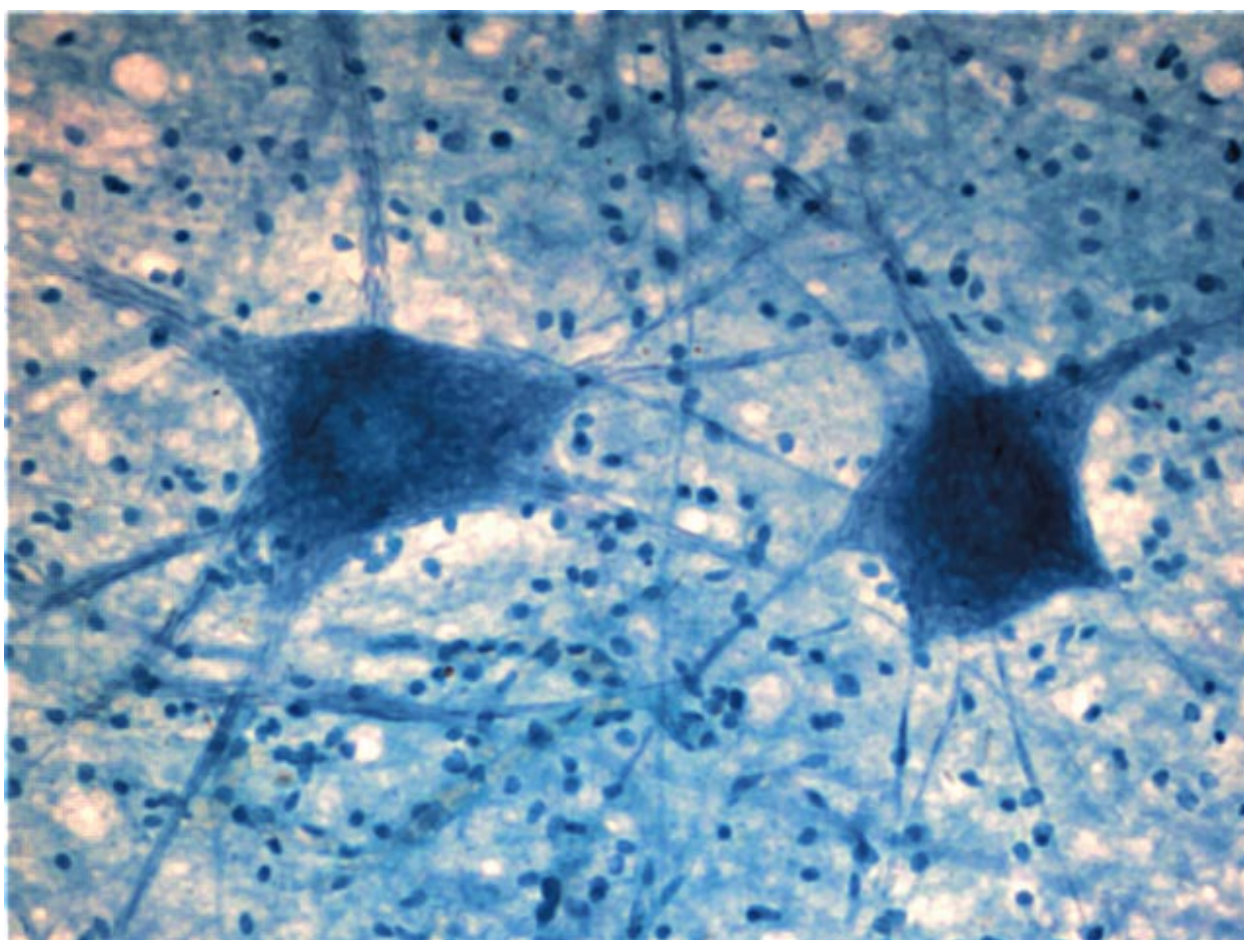
1. Как вы думаете, что собой представляет суспензия наночастиц металла? (2 балла)
2. Из-за чего эритроциты лопались при смешивании с суспензией наночастиц металла? (2 балла)
3. Как называется процесс, при котором эритроциты разрушаются, и от какого коллигативного свойства раствора суспензии наночастиц металла это зависит? (4 балла)
4. Каким коллигативным свойством должна обладать жидкость, с которой предварительно смешивали эритроциты? (4 балла)



Связи (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

Школьник Вася услышал на уроке биологии, что клеточная мембрана изолирует клетку от окружающей среды. А еще учительница рассказала, что клетки в организме могут передавать друг другу сигналы. Он пришел домой и спросил папу-биолога: «Почему клетки в моем организме не отваливаются друг от друга? А как они могут общаться между собой?» Как вы думаете, что ответил папа?

1. Как клетки в организме животных соединены друг с другом? Какие структуры обеспечивают прикрепление клеток к внеклеточному матриксу? Опишите, как устроены приспособления для соединения клеток. (2 балла)
 - а. А какие клетки ни к чему не прикрепляются и почему? (1 балл)
2. Какие структуры образуют непроницаемые соединения между клетками, способные изолировать одни среды организма от других? Приведите примеры таких клеток. (3 балла)
3. Как клетки передают друг другу информацию? Какие структуры они для этого используют? Приведите примеры. (4 балла)



Медицинский детектив (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

Три студента-медика собрались отметить в японском ресторане окончание ординатуры. Однако доктор Пенкин как всегда опаздывал, засидевшись за чтением научных статей по неврологическим болезням. Когда он появился в ресторане, его глазам предстала ужасная картина: один из его товарищей бился в судорогах на полу, а другой пытался оказать ему первую помощь, работники ресторана звонили в скорую помощь.

– Пенкин, помогай! Вроде фугу не заказывали! А еще Вася рассказал, что недавно менингитом болел.

– Менингитом... – задумчиво протянул Пенкин и покрутил в руках стоящую на столе полупустую баночку с приправой, белым кристаллическим порошком.

Вдруг он схватился за голову:

– Вот идиоты! Но оксibuтират должен помочь. Хотя вы даже, небось, не помните, почему назначают оксibuтират, а не ГАМК...

1. Что произошло с Васей, и о чем догадался доктор Пенкин? (6 баллов)
2. Какая приправа была в баночке? (3 балла)
3. Чем оксibuтират лучше, чем ГАМК, и вообще, к чему это Пенкин сказал? (6 баллов)



Серебряная косметика (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

В последние годы увеличивается популярность косметических средств (кремов, тоников, лосьонов и пр.) с наночастицами серебра или ионами серебра. Производители в своей рекламе не пишут, в чем же преимущество их продукции.

1. Предложите механизм/механизмы положительного действия любого косметического средства с наночастицами или ионами серебра на кожу. (2 балла)
2. В чем может быть преимущество по сравнению с лечебным кремом? (2 балла)
3. Какие возможные побочные действия возможны у косметики с наночастицами/ионами серебра? (2 балла)
4. Какие тесты для проверки возможных отрицательных эффектов такой косметики должны проводить производители? (2 балла)
5. Кроме косметики серебряные частицы и ионы серебра используются в фильтрах для очистки воды. Для чего? (1 балл)
6. Почему пить воду, очищенную в фильтре с серебром, хорошо, а постоянно пить воду, содержащую ионы или наночастицы серебра, плохо для здоровья? (1 балл)



Микроскоп в голове (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

Год назад в самых популярных научных журналах Science и Nature появились заметки о создании нано-флуоресцентного микроскопа, который может уместиться и удержаться на голове у ... мыши! Этот микроскоп был разработан для применения в нейрофизиологии – для исследования процессов формирования связей между нейронами, передачи сигналов и механизмов возникновения различных нейрональных патологий в условиях, максимально приближенных к реальным. По замыслу разработчиков нано-микроскоп фиксируется на голове у лабораторной мыши, а микроскопический объектив фокусируется на нужных областях мозга через специально сделанную дырочку в черепе. Мышь спокойно занимается своими делами или решает поставленные перед ней задачи, а экспериментатор на компьютере наблюдает за процессами в нейронах. Представьте, что вы можете использовать любые, самые фантастические материалы и компьютерное обеспечение.

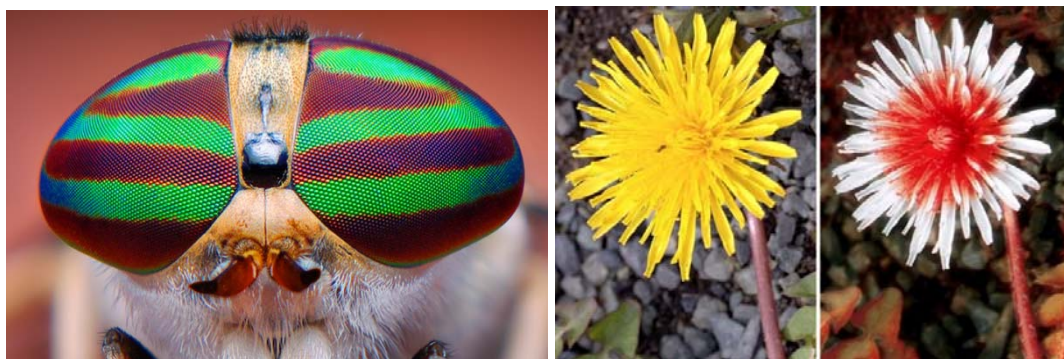
Перечислите, каким требованиям должен удовлетворять этот микроскоп, чтобы проследить все ступени:

1. взаимодействия между нервными клетками. (2 балла)
2. взаимодействия нервных клеток и кровеносных сосудов. (2 балла)
3. формирования памяти. (2 балла)
4. развития патологических состояний в нервной системе. (2 балла)
5. Кратко опишите постановку любого эксперимента из пунктов 1-4. Как именно вы будете исследовать интересующий вас процесс? (4 балла)



Тест. Как ОНИ видят? (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

Насекомые – самый многочисленный класс животных на Земле, они живут в почве, воде и в воздухе, заняли все возможные экологические ниши. Некоторые из них создают потрясающие своей сложностью архитектурные сооружения и имеют высокоорганизованную социальную структуру. Они имеют хорошо развитые органы чувств, в том числе сложные глаза, позволяющие им уверенно ориентироваться в пространстве. По внешнему виду эти глаза совсем не похожи на человеческие. А как насекомые видят и что они видят? Во всех вопросах, кроме 3-го, по одному правильному ответу.



1. Какой пигмент входит в состав светочувствительного аппарата насекомых? (1 балл)
 - а) хлорофилл
 - б) гемоцианин
 - в) родопсин
 - г) билирубин
 - д) витамин В12
 - е) гемоглобин
2. Почему «большой» глаз насекомого имеет сферическую форму? (1.5 балла)
 - а) для увеличения угла обзора
 - б) чтобы обеспечить хорошую аэродинамику
 - в) для того, чтобы скатывались капельки воды
 - г) чтобы испугать потенциальных врагов
 - д) чтобы лучше видеть близко расположенные объекты
 - е) чтобы лучше видеть объекты, расположенные вдали
3. Что насекомые видят такого, чего не видит человек? Выберите **все правильные варианты**. (2 балла)
 - а) предметы за преградой
 - б) ультрафиолетовую часть спектра
 - в) поляризацию света
 - г) инфракрасную часть спектра
 - д) биополе
 - е) электрический потенциал
4. По сравнению с человеком насекомые (1 балл)
 - а) близоруки (хорошо видят вблизи и плохо вдали)
 - б) дальнозорки (плохо видят вблизи и хорошо вдали)
 - в) видят так же
 - г) видят лучше и вблизи и вдали

5. Что увидит пчела по телевизору? (1.5 балла)

- а) расплывчатое синее пятно
- б) расплывчатое красное пятно
- в) то же, что и мы – цветное кино
- г) черно-белое кино
- д) набор отдельных статических картинок
- е) ничего не увидит

6. Когда насекомое сидит неподвижно (не летит), оно иногда мелко подрагивает. Зачем это может быть нужно? (1.5 балла)

- а) чтобы согреться
- б) чтобы его заметили
- в) чтобы стряхнуть капли воды
- г) чтобы обеспечить движение изображения перед глазами
- д) чтобы его не заметили

7. Как увидит пчела красный цветок? (1.5 балла)

- а) не увидит вообще
- б) он будет белого цвета
- в) он будет черного цвета
- г) он будет синего цвета
- д) неизвестно, т.к. человек не видит некоторые части спектра, которые видит пчела

Тест. Такие разные клетки (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

В некоторых вопросах возможно по несколько правильных ответов.

По мере развития живых организмов происходило постепенное усложнение тканей и органов с параллельной специализацией составляющих их клеток. Практически все клетки в нашем организме узкоспециализированы, обладают своей, только им присущей морфологией и внутренним строением и выполняют совершенно определенные функции.

1. А какие клетки человеческого организма не являются специализированными и могут при специальном воздействии развиваться в клетки любого или почти любого типа?

- 1.а. Нейроны;
- 1.б. Иммунные клетки;
- 1.в. Раковые клетки;
- 1.г. Стволовые клетки;
- 1.д. Половые клетки.

2. В каких тканях и органах взрослого человека обнаруживаются такие клетки?

- 2.а. Головной мозг;
- 2.б. Система кроветворения;
- 2.в. Половая система;
- 2.г. Кожа и другие покровные ткани.

3. Какие клетки организма, будучи исходно специализированными, изменяют свою морфологию и функцию, и переходят к неконтролируемому делению, вызывая заболевания?

- 3.а. Нейроны;
- 3.б. Иммунные клетки;
- 3.в. Раковые клетки;
- 3.г. Стволовые клетки;
- 3.д. Половые клетки;
- 3.е. Эпителиальные клетки.

4. Что может привести к переходу некоторых специализированных клеток к потере морфологии и функции и переходу к неконтролируемому делению?

- 4. а. Рост органа;
- 4.б. Некоторые вирусы;
- 4.в. Нарушение межклеточных взаимодействий;
- 4.г. Действие онкогенных химических веществ.

5. Какие клетки отслеживают и удаляют клетки с нарушенной функцией и неограниченным делением?

- 5.а. Иммунные клетки;
- 5.б. Эритроциты;
- 5.в. Кератиноциты;
- 5.г. Эпителиальные клетки;
- 5.д. Половые клетки.

6. Каких размеров НЕ бывают клетки в человеческом организме?

- 6.а. 10 мкм;
- 6.б. 1 см;
- 6.в. 50 нм;
- 6.г. 1000 нм.

7. У каких клеток нет ядра и митохондрий?

- 7.а. Нейроны;
- 7.б. Раковые клетки;
- 7.в. Эритроциты;
- 7.г. Дендритные клетки;
- 7.д. Половые клетки.

8. Какие клетки могут удалять наночастицы разной природы из организма?

- 8.а. Нейроны;
- 8.б. Раковые клетки;
- 8.в. Макрофаги;
- 8.г. Олигодендроциты;
- 8.д. Эритроциты

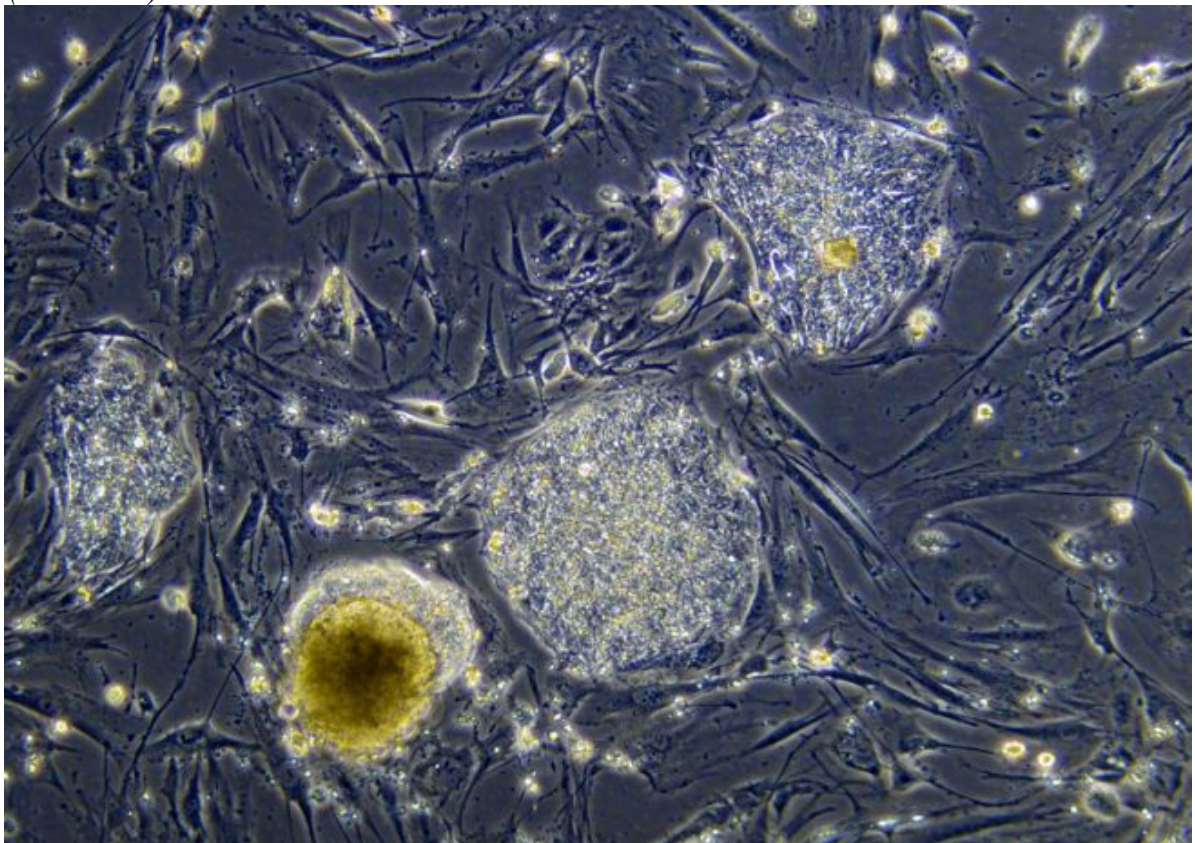
9. Какие клетки не могут перейти в раковые клетки?

- 9.а. Нейроны;
- 9.б. Эритроциты;
- 9.в. Эпителиальные клетки;
- 9.г. Глиальные клетки

10. Какая клетка содержит больше всего питательных веществ (1 балл за правильный ответ) и почему?

- 10.а. Эритроцит
- 10.б. Нейрон
- 10 в. Яйцеклетка
- 10 г. Сердечно-мышечная клетка
- 10д. Клетка печени

(11 баллов)



Шифрограмма (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Представьте, что аминокислотным шифром (однобуквенным обозначением протеиногенных аминокислот) в олигопептиде кодировано слово Наука на английском языке.

1. Переведите это слово в триплетный генетический код мРНК. Начните запись со старт-кодона и закончите стоп-кодоном; учитывайте принцип вырожденности; при записи укажите все возможные варианты в скобках (например L-Leu- (UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG)). (3 балла)
2. Рассчитайте длину нуклеотидной последовательности, кодирующей это слово, учитывая старт- и стоп-кодоны (длина одного нуклеотида – 0,34 нм). (1 балл)



Сушигейт (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

В октябре 2011 года Управление по контролю за продуктами и лекарствами США приняло положение об обязательном ДНК-штрихкодировании морских пищевых продуктов. Причиной этого послужил «сушигейт» – скандал, разразившийся после анализа потребителями рыбных продуктах в ресторанах. Выяснилось, что четверть морепродуктов, подаваемых в этих ресторанах, соответствуют своим названиям, в остальных случаях продукты заменялись более дешевыми. В настоящее время на основе ДНК-штрихкодирования разрабатываются тест-системы для определения видовой принадлежности рыб и морепродуктов в пище.

1. Объясните, как можно различать образцы морепродуктов, если невозможно определить видовую принадлежность по морфологическим признакам или характерному вкусу? Что для этого нужно сделать? (1 балл)
2. Дайте определение ДНК-штрихкодированию. (1 балл)
3. Что в настоящее время наиболее часто используется для определения видов рыб при применении штрихкодирования? (1 балл)
4. Какие достоинства и недостатки ДНК-штрихкодирования вы можете указать? (2 балла)



Таинственные субстанции (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

На карточках, лежащих на столе профессора Х., записаны названия веществ:

RGHFYDWMVQCINPSTWCAAQY

SYSMENFRWVGKPVGKKRRPVKVYPNGAEDESAAEAFPLEF

CYIQNCPLG

RKKHRHRKHRKKHRRHNNHKKRHRRRHHRKKKRRKNNHRKR

ALLVWVAPFPMAWWPMLPAMWPMMLAAFVWVAPFWA

DERKHDEEDKH

EHGRDEDPGHKRHWAFPMAWWVPALPPFFLALWPPMLW

1. Что это за вещества? (0,5 балла)
2. Какие из них, по вашему мнению, существуют на самом деле и почему? (1 балл)
3. Какую форму примут их молекулы при растворении в воде? Какие вещества растворятся, а какие нет? (1 балл)
4. Как будут отличаться размеры соединений 2, 4, 5 между собой в водном растворе? Какие силы будут определяющими в формировании их объемной структуры? (2 балла)
5. Как изменятся размеры соединений при увеличении температуры? При уменьшении температуры? (1 балл)
6. Как можно теоретически рассчитать размер этих соединений в воде? Какие величины необходимы для расчета размеров? Определите размер этих соединений в водном растворе, используя приближенные значения необходимых величин (принятые приближения обоснуйте). (2 балла)
7. Можно ли для приведенных соединений привести достаточно точный оценочный расчет размеров и почему? (0,5 балла)
8. Какие еще подходы (теоретические и экспериментальные) могут быть использованы для определения размеров данных соединений в растворе? (1 балл)



Отцовство не исключается! (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Однажды профессор математики Василий после неприятной аварии вынужден был взять отпуск по болезни. Неприятная авария закончилась почти удачно – была вдребезги разбита машина, стоимость которой почти покрыла страховка, да пострадал сам профессор, раны были не тяжелые, но потребовали значительного переливания крови. Оказавшись в вынужденном отпуске, Василий решил заняться подрастающим поколением и обратил серьезное внимание на своего младшего сына, чему подрастающее поколение было только радо – папа активно помогал делать уроки. И почти сразу случилось ЧП – вернувшись из школы, сын спросил у Василия родной ли он сын, ведь он – высокий худой брюнет с зелеными глазами, мама – высокая блондинка с голубыми глазами, а папа – полный, лысый и кареглазый брюнет. Василий успокоил сына, пообещав себе, когда он окончательно выздоровеет, пойти и закатить скандал в школе тем учителям, которые учат детей всякому безобразию. Однако в душе у профессора появились смутные сомнения. Беспокоить жену Василий не стал, а потихоньку передал образцы ДНК (образец крови) в лабораторию своему другу – генетику, который обещал проверить родство сына и отца. Через некоторое время анализ был готов. Он представлял из себя странную таблицу, в конце которой было непонятное заключение: «Отцовство не исключается»

Заключение

	Василий		Сын	
AM	X	Y	X	Y
TH01	6	9	6	7
D3S1358	14	16	14	17
vWA	15	18	15	15
D21S11	28,2	33,2	33,2	31,2
D16S539	11	14	11	11
D1S1656	11	17,3	13	3
D19S433	10	14	14	14
D8S1179	10	13	13	15
D2S1338	17	18	18	23
D10S1248	9	15	8	15
D22S1045	9	17	17	18
D12S391	16	18	18	24
FGA	22	24	22	23
D2S441	11	18,3	11	11
D18S51	13	15	13	15

«Отцовство не исключается»

– Как это понимать? Как это отцовство не исключается! Я роконосец? Ты плохо сделал анализ? – обрушился Василий на своего друга.

– Неужели ты думаешь, что раз я генетик, я должен плохо выполнять свою работу, тем более для своих друзей, а все анализы, если тебя это беспокоит, были взяты правильно. Давай немного подождем и сделаем анализ снова, – предложил генетик.

Василий, после долгих уговоров, согласился. И действительно, сделанный через месяц анализ (теперь брали мазок из внутренней стороны щеки) доказал отцовство Василия.

– А почему же тогда мы так различаемся, особенно по цвету глаз? – спросил Василий своего друга.

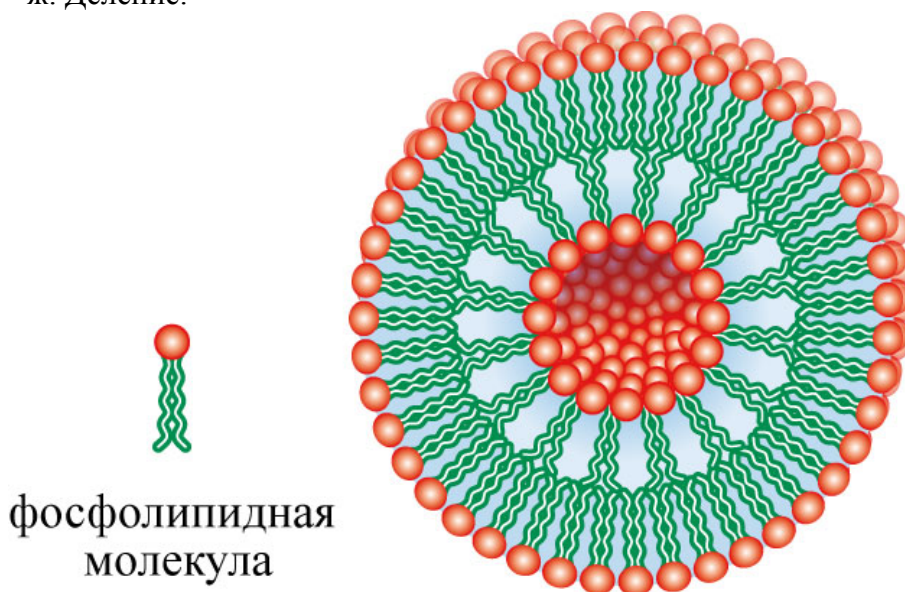
– Ну, это просто, – ответил он.

1. Что значат цифры в Заключении? (3 баллов)
2. Объясните, почему в заключении был выдан такой результат и в чем, по-вашему, причина такого вывода? (5 баллов).
3. Что, как Вы думаете, ответил генетик Василию? (2 балла)

Доставим липосомой (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Одно из перспективных направлений в фармакологии – создание специальных оболочек-лекарственных препаратов для улучшения их доставки в нужные ткани и клетки. В последние годы для таких целей начали использовать липосомы – замкнутые липидные мембраны, внутрь которых помещают нужный лекарственный препарат.

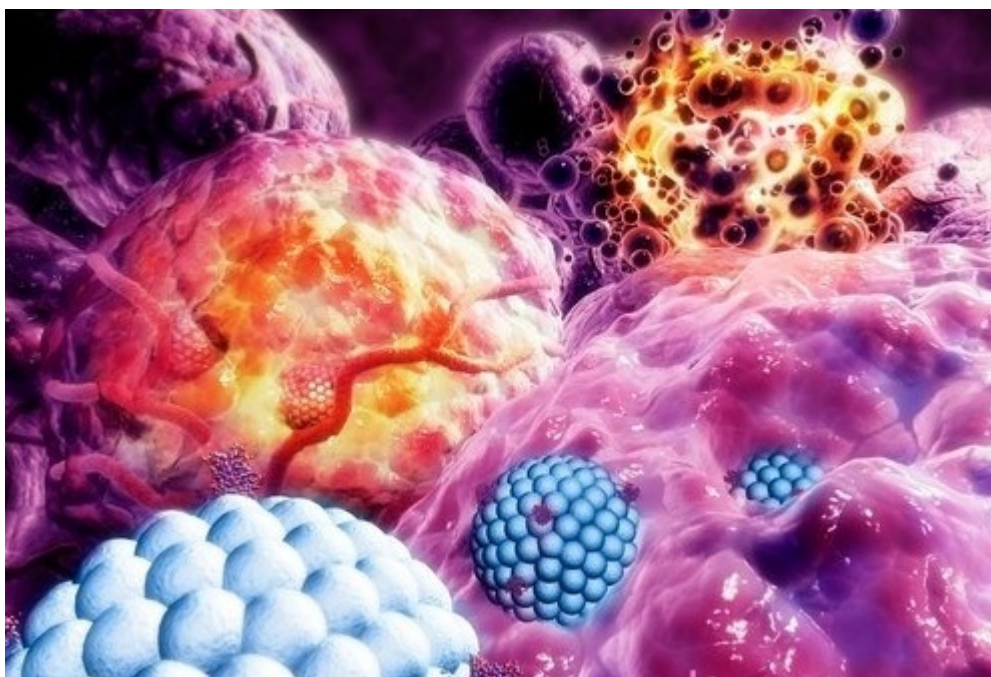
1. Какой клеточный процесс послужил примером для использования липосом в доставке лекарств? (1 балл)
2. Как действуют липосомы при доставке лекарств? (1 балл)
3. В чем преимущество липосом перед другими типами “капсул”? (1 балл)
4. Как можно увеличить селективность липосом по доставке лекарств в нужный тип клеток? (1 балл)
5. Какие клеточные органоиды – аналоги липосом вы знаете? В каких клеточных процессах они участвуют? Перечислите эти органоиды и процессы. (каждый органоид и процесс 1 балл)
6. В каком из процессов не участвуют клеточные “липосомы” (по 0.5 балла за правильный вариант, максимум 2 балла)?
 - а. Обновление плазматической мембраны;
 - б. Встраивание новых мембранных белков;
 - в. Внутриклеточный транспорт секреторных белков и медиаторов;
 - г. Синтез АТФ;
 - д. Синтез белков;
 - е. Репарация ДНК;
 - ж. Деление.



Наночастицы в клетках (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Развитие методов, позволяющих исследовать функционирование молекул внутри живых клеток, – это актуальная задача нанобиотехнологий. Одним из таких методов является спектроскопия комбинационного рассеяния (КР). В основе этого метода является взаимодействие молекул с падающими фотонами таким образом, что фотоны после взаимодействия увеличивают или уменьшают свою энергию. При этом на такую же величину, но с обратным знаком, изменяется энергия молекулы. Регистрируя изменение энергии фотонов, можно получить информацию об изменении состояния молекулы внутри клетки и сделать выводы о том, как изменились ее свойства и в каких клеточных процессах она участвует. Однако интенсивность КР-фотонов очень низка и часто находится ниже предела детектирования современных приборов. Модификацией метода является спектроскопия гигантского КР (ГКР), основанная на добавлении к клеткам или изолированным молекулам наночастиц серебра или золота (НЧС или НЧЗ). Если НЧС/НЧЗ оказываются на расстоянии не более 15-20 нм от интересующих молекул, то КР света усиливается на несколько порядков. Несмотря на такое преимущество метода, есть ряд сложностей в применении спектроскопии ГКР в клеточных исследованиях. В частности, наночастицы должны близко подойти к поверхности клеток, но при этом не нарушить их целостность.

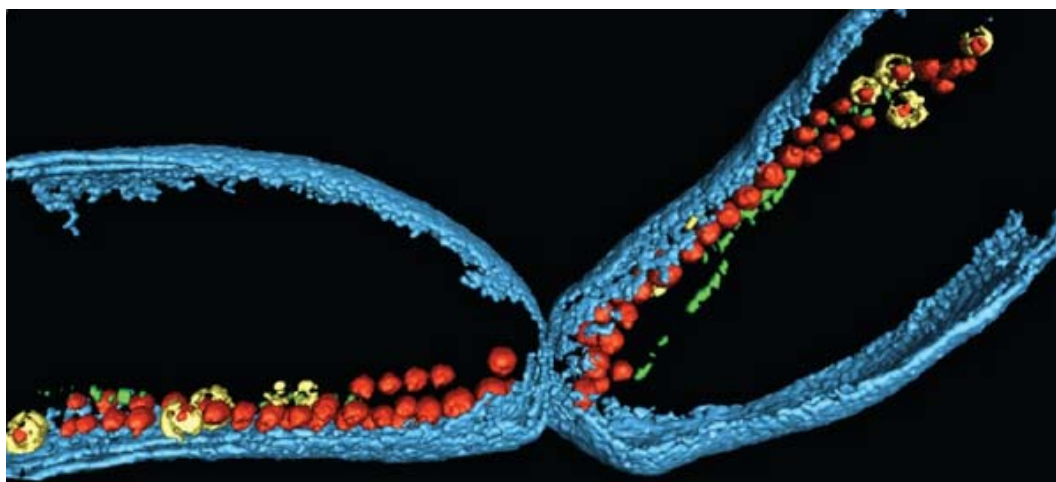
1. Каким образом можно увеличить взаимодействие наночастиц с клеточной поверхностью? (1 балл)
2. Влияет ли морфология и наноструктура поверхности клеток на способность наночастиц прикрепляться к клеткам? Объясните, почему и как. (1 балл)
3. Вам нужно добиться максимального контакта между наночастицами и поверхностью: эритроцитов, макрофагов, дендритных клеток, нейронов. Какие нужно взять наночастицы в каждом случае (подсказка – вы можете изменять формы и размер наночастиц, их поверхностный заряд, а также покрывать наночастицы какими-либо молекулами). (4 балла)
4. Какие клеточные молекулы можно исследовать методом спектроскопии ГКР при использовании НЧС/НЧЗ, адсорбированных на поверхности клеток? (3 балла)



Магнитосомы (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Известно, что умение многих живых организмов ориентироваться в пространстве в значительной степени связано с высокой чувствительностью последних к магнитному полю земли. Такая чувствительность обусловлена наличием магнитосом в органах и тканях. По оценке, чувствительность к изменению направленности геомагнитного поля земли составляет $1^\circ - 2^\circ$, что в значительной степени превышает чувствительность парамагнитных веществ «не живого» происхождения.

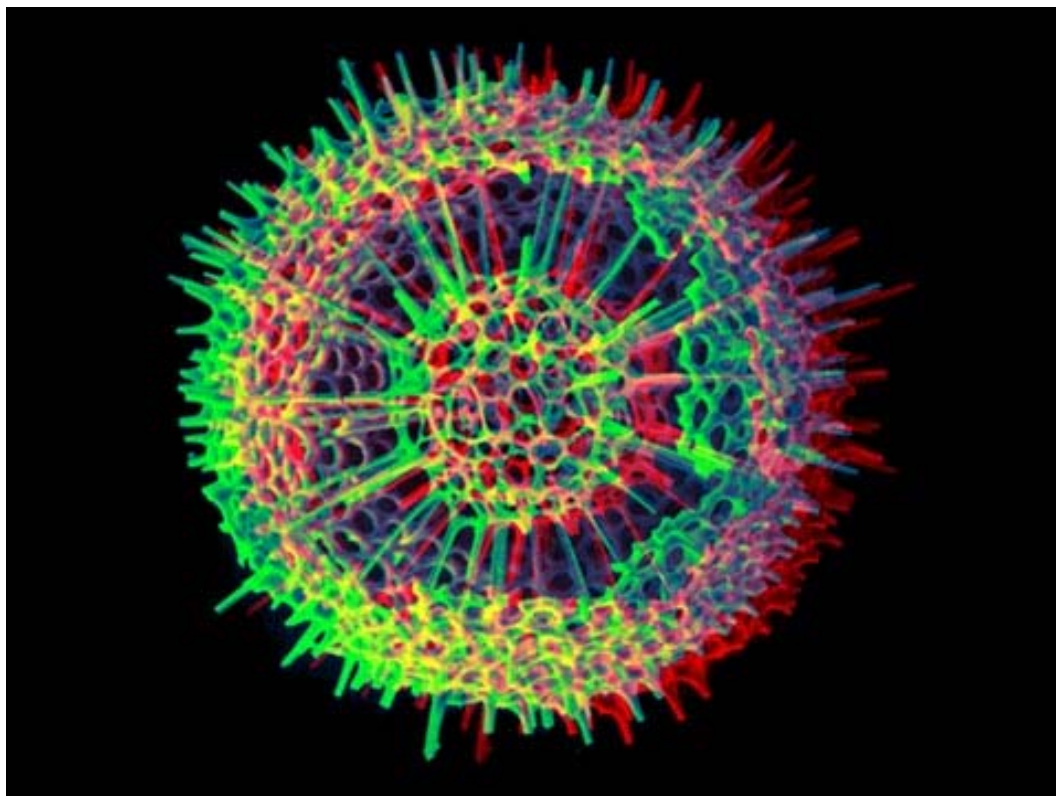
1. Объясните с точки зрения строения магнитосомы такую чувствительность живых организмов к геомагнитному полю. (3 балла)
2. Объясните происхождение магнитосом. (2 балла)
3. У каких живых организмов есть магнитосомы? (1 балл)



Радиолярии (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Юный нанотехнолог Вася увлёкся биологией. Для написания комплексной работы он решил получить упорядоченные наноструктуры кремнезёма методом биомиметики. Изучив основы альгологии и микробиологии, Вася быстро наткнулся на радиолярий – микроскопические организмы со скелетом из кремнезёма. Добыв нужный ему штамм, Вася поселил его в аквариум и начал растить. Для ускорения роста он решил подкормить радиолярий активным кремнезёмом и налил в аквариум канцелярского клея. Через небольшое время в аквариуме всё вымерло.

1. Почему радиоляриям мог быть полезен канцелярский клей? (1 балл)
2. Из чего состоит канцелярский клей? Как его получают? (2 балла)
3. Почему в аквариуме всё вымерло? (2 балла)
4. Как грамотно подкормить радиолярий? Опишите с уравнениями реакций вариант создания подкормки. (5 баллов)



Исследуем белок (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Биохимики часто имеют дело с новыми белками, для которых не известны ни аминокислотная последовательность, ни масса, ни размер. Зачастую первой определяемой характеристикой белка становится его молярная масса.

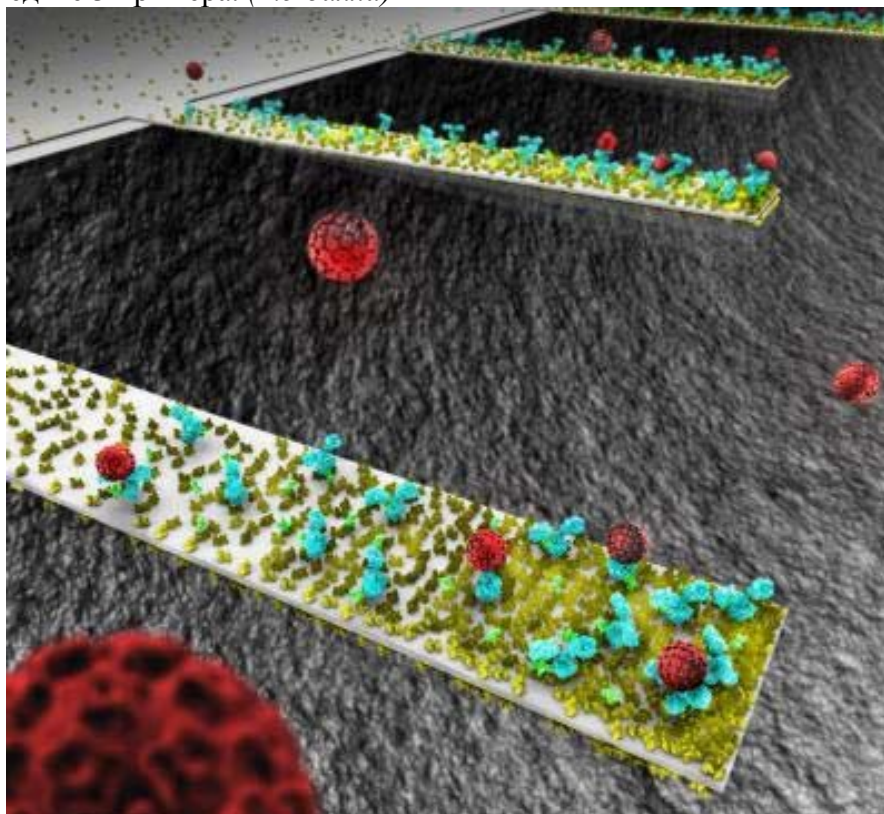
1. Какими физико-химическими методами можно определить массу белковой молекулы? Приведите как минимум четыре примера и поясните принципы, лежащие в их основе. (2.5 балла)

Следующей важной характеристикой является последовательность аминокислотных остатков. Перед ее расшифровкой, как правило, необходимо примерно оценить количество аминокислотных остатков в молекуле белка. В отличие от нуклеотидов, которые встречаются в м-РНК примерно одинаково часто, встречаемость аминокислот в белковых молекулах различна.

2. Напишите, чем это определяется. (1 балл)
3. Измеренная масса некоторого неизвестного прежде белка X составляет примерно 90 кДа. На основании ответа на п.2. оцените число аминокислот в X. (3 балла)
4. Какие предположения и приближения при этом были использованы? (1.5 балла)

Биохимические свойства молекул во многом определяются их размерами (которые, в свою очередь, определяются способом упаковки атомов). В отличие от других органических молекул, например, полимеров, атомы в отдельных субъединицах или доменах белков упакованы очень плотно, поэтому большинство белков имеет близкую плотность.

5. На основе справочной информации оцените размер молекул белка X. (2 балла)
6. Какие предположения и приближения при этом были использованы? (0.5 балла)
7. Как вы думаете, реальный размер молекулы X будет больше или меньше рассчитанного и почему? (1 балл)
8. Какими экспериментальными методами можно определить реальные размеры белка X? Приведите 3 примера. (1.5 балла)



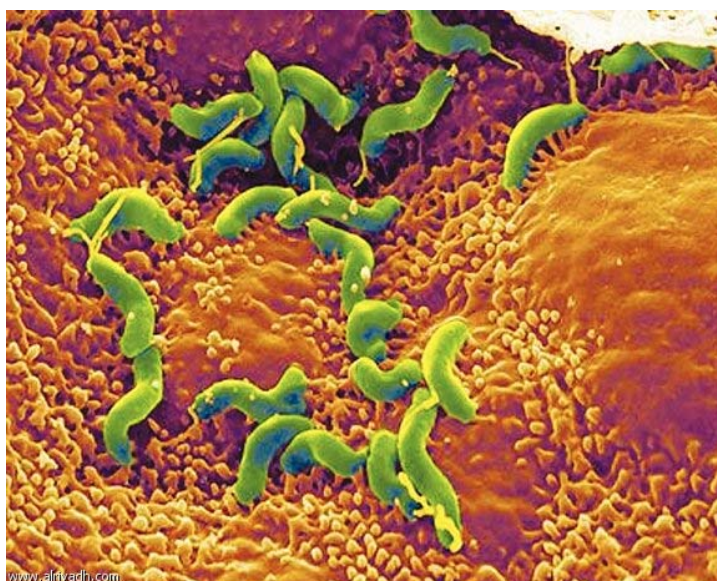
Нанобактерии (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Еще несколько лет назад «нанобактерии» в новостях и популярной, но не очень научной литературе претендовали на роль патогенной «серой слизи», которая уже главенствует на нашей Планете, а также виновата в гибели Марсианской цивилизации и ответственна за все болезни человечества, включая рак и СПИД. Некоторые считали их недостающим звеном эволюции, главной ступенькой в самоорганизации неживой природы в живые организмы. «Нанобактерии», послужившие причиной информационного бума, имели размер от 10 до 200 нм (по данным электронной микроскопии).

Предположим, что нанобактерии – это уменьшенные (упрощенные и плотноупакованные) копии обычных бактерий.

1. Напишите, вкратце, каковы принципиальные функциональные и структурные отличия бактерий от вирусов, какие клеточные компоненты являются необходимыми для жизнедеятельности бактерии и лимитируют ее размер. (1 балл)
2. Допустим, что нанобактерии упаковывают свою ДНК в сферу диаметром 15 нм (размером с внутреннюю полость капсида маленького вируса). Каков примерно минимальный размер такой нанобактерии? Может ли ее размер быть, как упоминалось выше, около 25 нм? (2 балла)
3. С какими принципиальными трудностями столкнется в своем жизненном цикле нанобактерия, сконструированная в п.2? Сможет ли она быстро размножиться? Если предположить, что подобные нанобактерии существуют, где бы вы их искали в природе? Ответы поясните. (3 балла)
4. Нужен ли такой нанобактерии жгутик, сможет ли она питаться с помощью эндоцитоза? Ответы аргументируйте. (2 балла)
5. Считается, что геном, отвечающий минимальному функционалу бактерии, должен содержать не менее 150 тысяч пар оснований. Получить оценку минимального размера бактерии можно, сравнив с ее капсидом подходящего вируса (вирусы, как известно, умеют плотно упаковывать генетический материал). Исходя из этого, оцените минимальные размеры бактерии. Какой вирус вы использовали для оценки, почему? (2 балла)
6. Чем на самом деле оказались нанобактерии? (2 балла)

Указание: принять форму нанобактерий и вирусов сферической, размером считать их диаметр.



Сложно устроенный белок (тест) (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

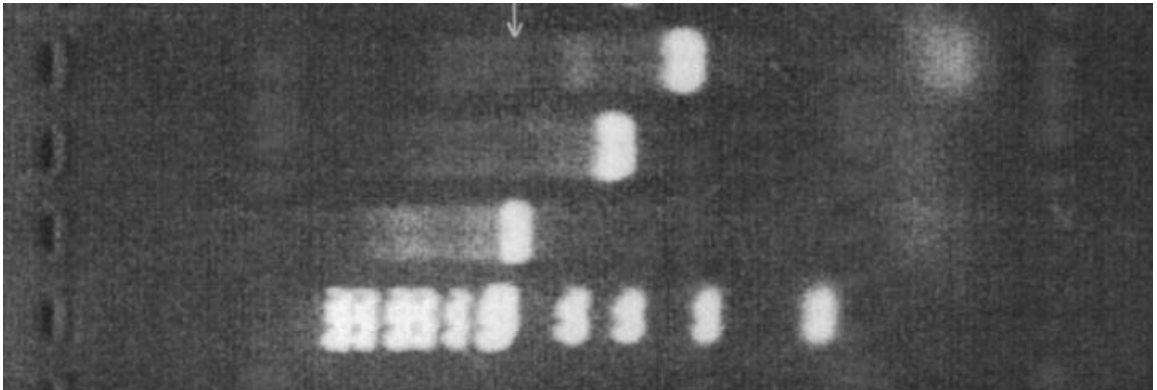
1. Этиология возникновения заболеваний различна. Существует множество факторов, приводящих к возникновению заболеваний. Некоторые из них изменяют геном организма, некоторые – клеточный метаболизм. А какие агенты способны непосредственно менять конформацию эндогенного клеточного белка, переводя его в токсичную форму?
 - 1) вирусы
 - 2) плазмиды
 - 3) микотоксины
 - 4) УФ-излучение
 - 5) прионы
 - 6) вироиды
 - 7) нейротоксиныА какие из них вызывают мутации?

2. На каком уровне организации белка прионы отличаются от «родных» белков клетки?
 - 1) первичная структура
 - 2) вторичная структура
 - 3) третичная структура
 - 4) четвертичная структура
 - 5) присоединение к белку небелковых компонентов.

3. Широко известна концепция «белок-машина», аналогия которой состоит в том, что белок, как и макроструктуры, сконструирован и приспособлен для выполнения конкретной функции, определенной работы. Что же может являться той силой, которая непосредственно заставляет белок «работать»?
 - 1) энергия гидролиза АТФ
 - 2) гидролиз белков
 - 3) связывание с лигандами
 - 4) гликозилирование
 - 5) электрохимический потенциал
 - 6) дезаминирование

4. В каких молекулярных образованиях встречаются структуры, напоминающие широко распространенную застежку на одежде и в честь нее названные?
 - 1) микротрубочки
 - 2) ДНК-связывающие белки
 - 3) жгутики бактерий
 - 4) спектриновые волокна
 - 5) т-РНК

5. Принцип метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) состоит в многократном копировании (амплификации) в пробирке отдельного участка ДНК при помощи фермента ДНК-полимеразы. При этом в качестве затравок работы фермента и ограничителей исследуемой последовательности используют олигонуклеотидные праймеры – специально синтезированные затравки из небольшого числа нуклеотидов, повторяющие участки, окружающие требуемую последовательность. Для просмотра результатов и, если необходимо, выделения исследуемого фрагмента, используют гель-электрофорез: смесь из пробирки наносят на гель и под действием слабого электрического тока продукты ПЦР разделяются на характерные группы, представляющие собой полосы. Фото электрофореза трёх различных ПЦР вы видите на иллюстрации. Основной продукт ПЦР – это характерная яркая полоса. Однако, кроме того везде виден также размытый шлейф, обозначенный стрелкой. Что это?



- 1) Неизрасходованные праймеры
 - 2) Деградирующая ДНК
 - 3) Побочные продукты ПЦР
 - 4) Дезоксинуклеотидтрифосфаты
6. Расположите в порядке возрастания толщины (диаметра)
- 1) центриоли
 - 2) средний размер жгутика бактерии
 - 3) плазматическая мембрана
 - 4) ДНК
 - 5) хроматида в метафазе
 - 6) F-пили
 - 7) нуклеофиламент
 - 8) микротрубочки

Искусственная кровь (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

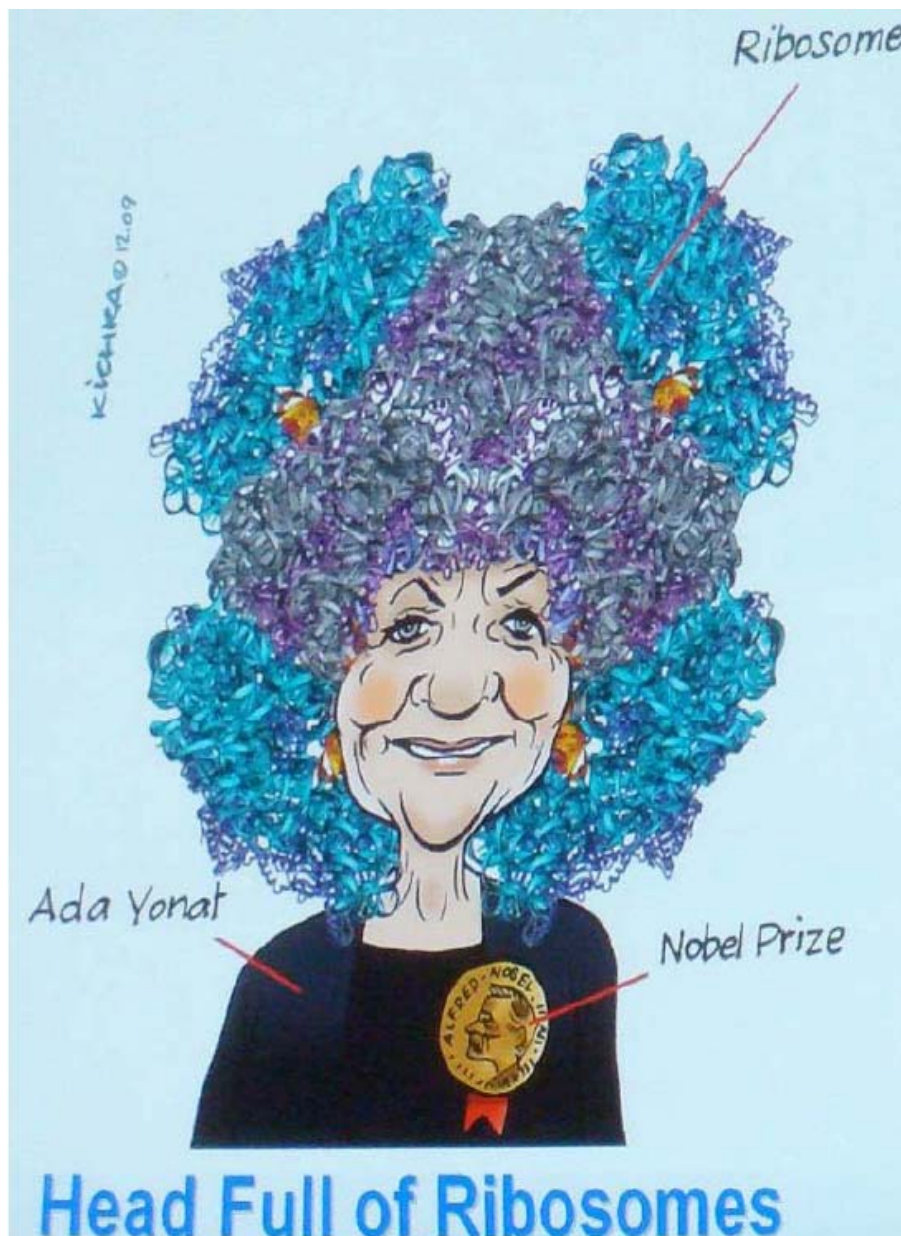
Создание искусственной крови для переливания людям при операциях и большой кровопотери – важная задача, над которой работают многие биомедицинские лаборатории. Однако существует ряд трудностей, из-за которых искусственная кровь, способная полностью заменить донорскую, пока не создана.

1. В чем преимущества искусственной крови перед донорской кровью? (2 балла)
2. Какие, по Вашему мнению, из перечисленных систем могли бы использоваться в качестве искусственной крови (1 балл)? Ответ поясните. (1 балл)
 - 2А. Эритроциты коров;
 - 2Б. Изолированный и очищенный гемоглобин;
 - 2В. Очищенный миоглобин;
 - 2Г. Гемоглобин, помещенный внутрь наноразмерных липосом;
 - 2Д. Органические полимеры, обладающие способностью связывать и выделять кислород.
3. Каким основным требованиям должна удовлетворять искусственная кровь (возможно несколько правильных ответов) (1 балл):
 - 3А. Связывать кислород, переносить его и выделять его в капиллярах тканей;
 - 3Б. Иметь красный цвет;
 - 3В. Не вызывать аллергических реакций;
 - 3Г. Стимулировать клетки иммунной системы;
 - 3Д. Быть совместимой с клетками крови и белками плазмы;
 - 3Е. Связывать белки плазмы;
 - 3Ж. Инактивировать сигнальные молекулы, попадающие в кровь из окружающих тканей;
 - 3З. Снижать давление.
 - 3И. Отсутствие токсического действия на организм.



Считаем РНК (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)

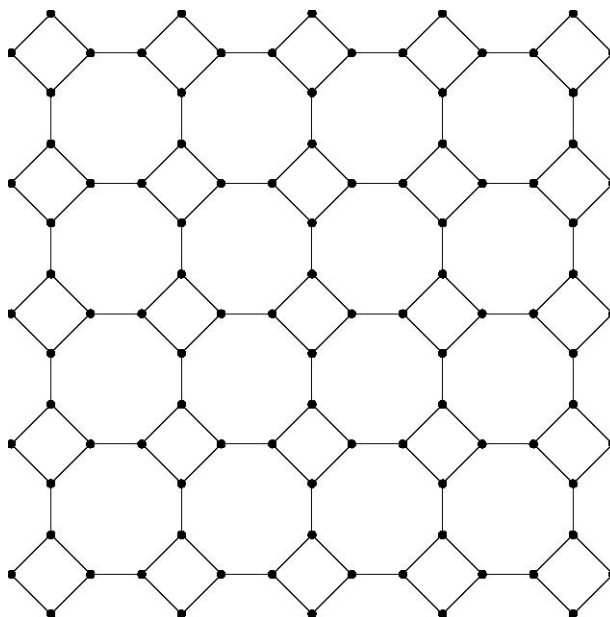
Участок молекулы мРНК из 9 нуклеотидов кодирует участок молекулы белка, состоящий из трёх аминокислот. Из скольких различных кусков мРНК получаются белки, содержащие лейцин? Таблицу соответствия троек нуклеотидов и аминокислот найдите в справочной литературе или сети Интернет. (2 балла)



Октаграфен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)

Недавно было предсказано открытие новой аллотропной модификации углерода — октаграфена. У октаграфена атомы находятся в узлах сетки, образованной восьмиугольниками и квадратами. Длина рёбер квадрата — $1.48A$, длина остальных С-С связей — $1.35A$.

Рассмотрим две решётки одинаковой площади: одна обычного графена, а другая — октаграфена. Какая из них тяжелее и во сколько раз? Площадь считать достаточно большой, чтобы краевыми эффектами можно было пренебречь. (2 балла)



Модель решётки октаграфена

Энергия фуллерена (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)

Напомним, что фуллерены — это молекулы C_n , причём атомы являются вершинами многогранника, все грани которого — пятиугольники и шестиугольники. Подробнее об устройстве фуллеренов можно узнать, решив задачу «Низшие фуллерены», или поискав информацию в сети Интернет.

В таблице представлены результаты вычислений суммарной энергии атомов фуллеренов с разным количеством атомов. Три правых колонки таблицы — полудиаметры молекулы фуллерена, измеренные в трех разных направлениях.

1. Авторы статьи предлагают считать «истинную» энергию, приходящуюся на один атом фуллерена, по формуле $E_{atom}^F = \frac{E_{total} - \delta E}{N - 60}$ (вместо естественной формулы $\frac{E_{total}}{N}$), чтобы исключить вклад пятиугольников. Здесь δE — суммарная энергия атомов фуллерена C_{60} . Вычислите «истинную» энергию, приходящуюся на один атом, в каждом фуллерене из этой таблицы. (1 балл)

2. Какая зависимость лучше всего описывает поведение E_{atom}^F при росте радиуса фуллерена (3 балла):

$$E_{atom}^F = E_0 + Cr^{-1}, E_{atom}^F = E_0 + Cr^{-2}, E_{atom}^F = E_0 + Cr^{-3} \text{ (для некоторых значений } E_0 \text{ и } C\text{)?}$$

Здесь r — радиус сферы, приближающей фуллерен.

3. Как найденное значение E_0 соотносится с энергией, приходящейся на один атом в плоском листе графена? Попробуйте объяснить полученное соотношение. (2 балла)

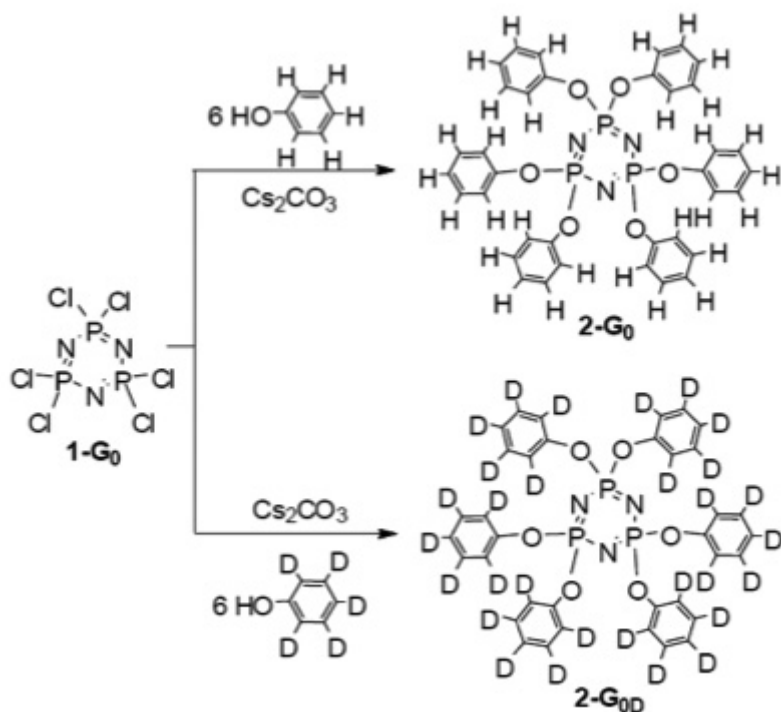
атомов (N)	E_{total} (эВ)	a-axis (°А)	b-axis (°А)	c-axis (°А)
60	-531.33	3.335	3.419	3.475
70	-622.58	3.465	3.542	3.973
76	-676.39	3.357	3.831	4.381
78	-693.86	3.576	3.679	4.298
80	-711.77	3.864	3.929	4.056
84	-748.46	3.277	4.250	4.791
100	-894.22	3.881	4.052	5.635
180	-1629.66	5.999	6.085	6.194
240	-2181.51	6.958	6.941	7.241
320	-2913.64	7.928	8.165	8.521
500	-4569.75	9.902	10.247	10.853
540	-4940.30	10.505	11.364	11.894

Дендримеры (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)

Прочтите статью «Синтез и сравнительная характеристика фосфорсодержащих дендримеров с фенокси- или дейтерифенокси- терминальными группами (ссылка на скачивание статьи <http://www.chem.msu.ru/rus/jvho/2008-1/100.pdf>, скопируйте ссылку и откройте ее в отдельном окне). В этой статье описан синтез дендримеров двух разных типов и приведены химические формулы, необходимые для решения этой задачи.

1. У синтезированного дендримера 96 терминальных (концевых) дейтерифенокси- групп (то есть C₆D₅O). Какой генерации этот дендример? (1 балл)
2. Какова его молекулярная масса? (2 балла)
3. Какая молекула тяжелее: молекула дендримера 5-й генерации с дейтерифенокси - группами или 6-й генерации с фенокси- группами (то есть C₆H₅O)? (2 балла)

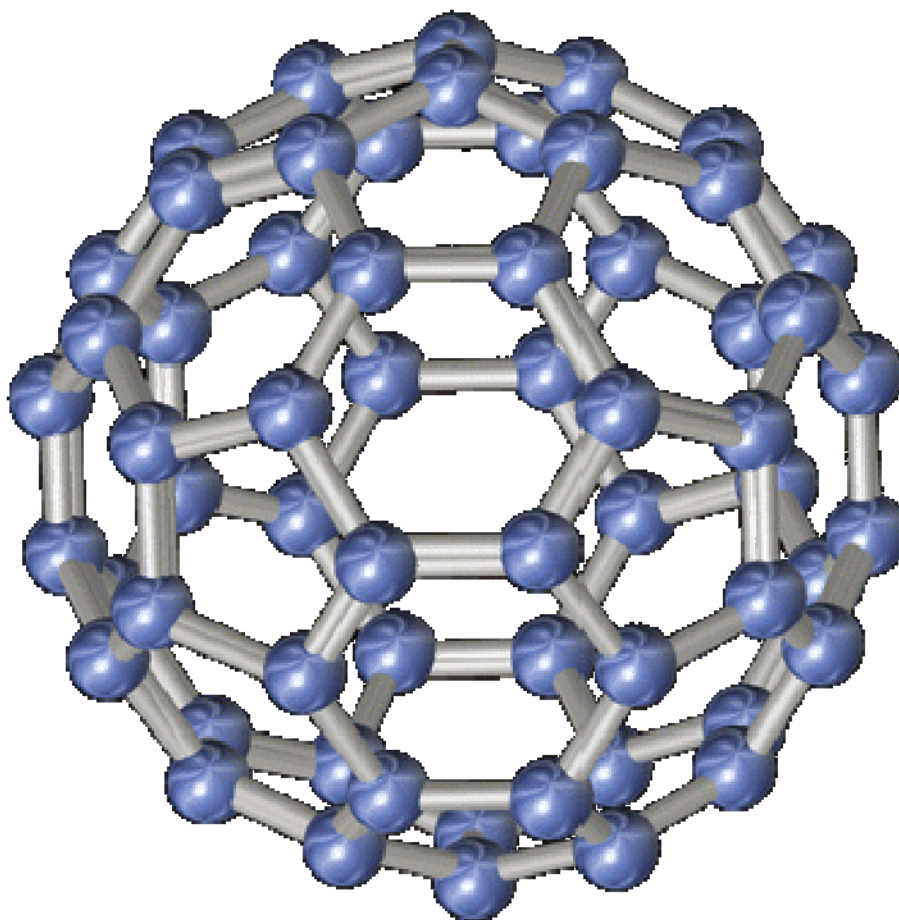
Комментарий: D — это изотоп водорода; молярная масса этого изотопа равна 2.



Раскраски бакибола (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)

Художник-футурист изготовил пространственную модель молекулы фуллерена C_{60} и покрасил 12 пятиугольных граней в красный цвет, а 20 шестиугольных граней — в зелёный цвет. Каждый день художник выбирает произвольную грань, после чего перекрашивает в противоположный цвет соседние с ней (по ребру) грани (красные грани становятся зелёными, а зелёные — красными).

1. Художник хочет, чтобы модель молекулы фуллерена стала полностью красной. Придумайте, как ему нужно действовать. (1 балл)
2. Какое наименьшее количество дней ему для этого понадобится? Приведите пример его действий и покажите, что за меньшее количество дней покрасить в красный цвет модель не удастся. (3 балла)
3. А получится ли у него сделать модель полностью зелёной? (1 балл)

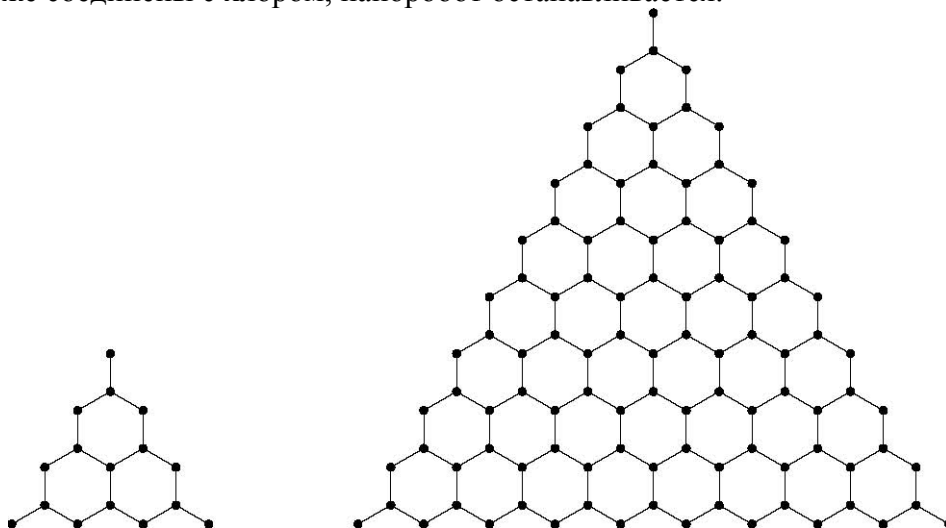


Хлорографен (2013, заочный тур, Математик, 7 – 11 класс)

Наноробот работает на треугольном участке графена со стороной $n\sqrt{3}a_{C-C}$, где a_{C-C} — расстояние между соседними атомами углерода (на рисунке схематически изображены такие участки для $n = 3$ и $n = 9$).

1. Сколько атомов углерода в таком куске графена? (1 балл)

Каждую секунду наноробот прикрепляет к атому углерода атом хлора, а затем переходит к соседнему (по ребру решетки) атому углерода. Наноробот никогда не возвращается к атому углерода, к которому он уже прикрепил атом хлора. Если все соседние атомы углерода уже соединены с хлором, наноробот останавливается.



2. Пусть $n=3$ (см. рис. слева). Какое максимальное количество атомов хлора может прикрепить к графену наноробот? (приведите пример действий наноробота, при которых получится такое количество атомов хлора, и докажете, что больше их быть не может). (1 балл)
3. Решите аналогичную задачу для $n=9$ (см. рис. справа). (3 балла)
4. Обобщите рассуждение из предыдущего пункта, и решите задачу для произвольного n . (2 балла)

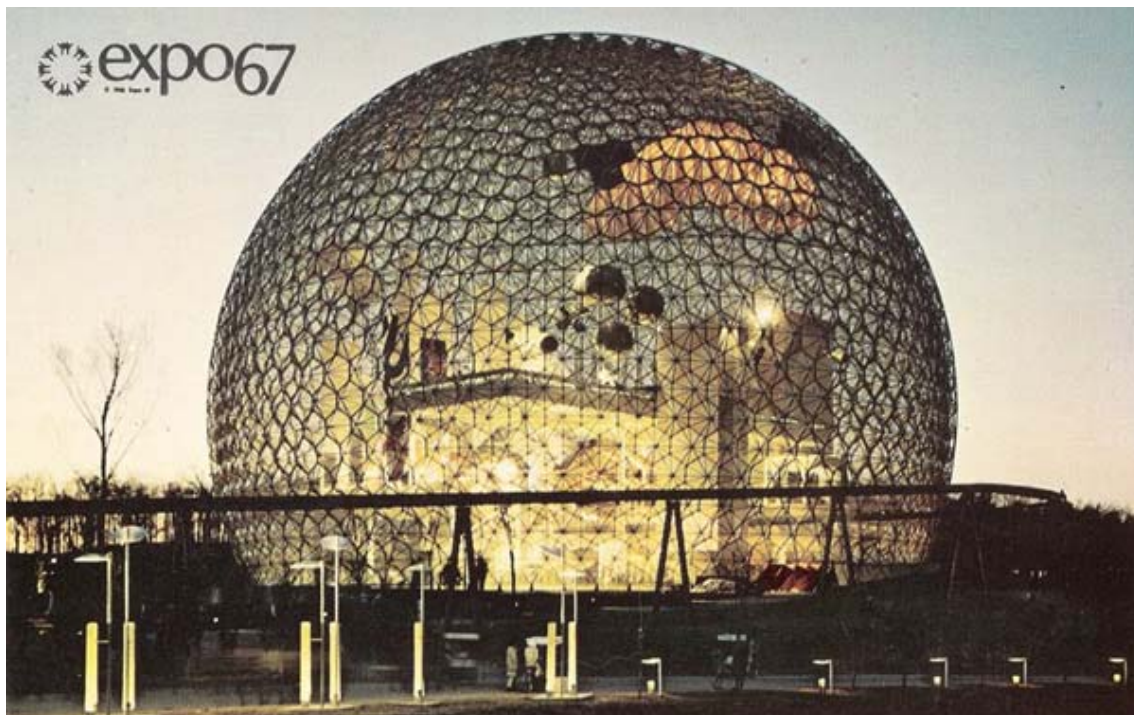
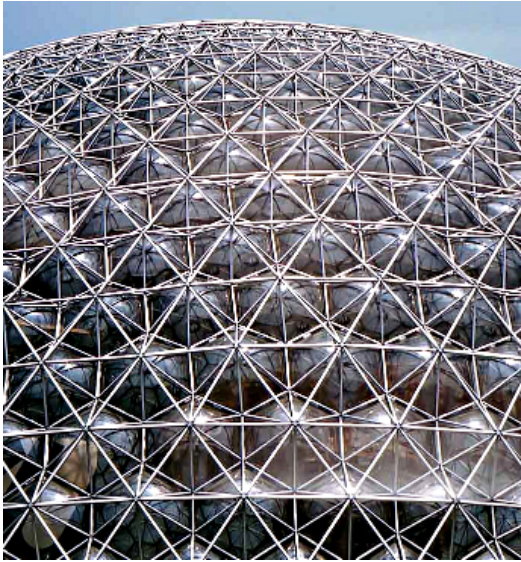


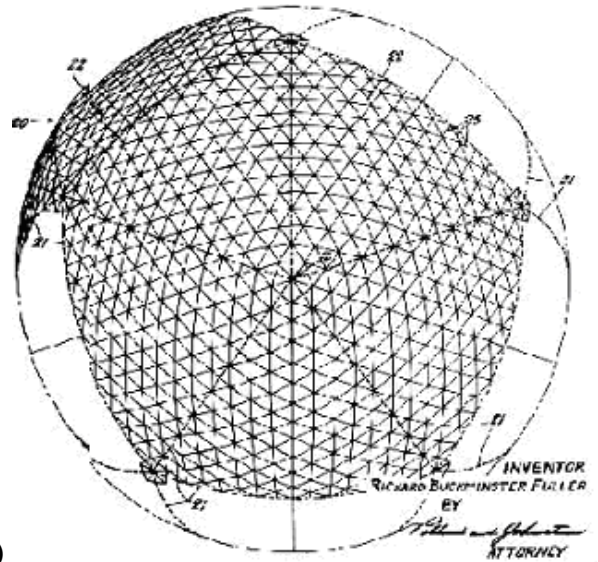
Рис. 1. Подсвеченный изнутри геодезический купол, спроектированный Ричардом Бакминстером Фуллером для Всемирной выставки Экспо-67 в Монреале, подсказал ученым принцип построения молекул фуллеренов, которые и были названы в честь выдающегося архитектора.

Одна из визитных карточек нанотехнологий – фуллерены, каркасные углеродные молекулы, состоящие из сопряженных пяти- и шестиугольников. Считается, что у них много общего с геодезическими куполами (Рис. 1), однако, на самом деле, в основе куполов Фуллера лежит совершенно иной конструкционный подход (см. Рис. 2 – в конце задачи).

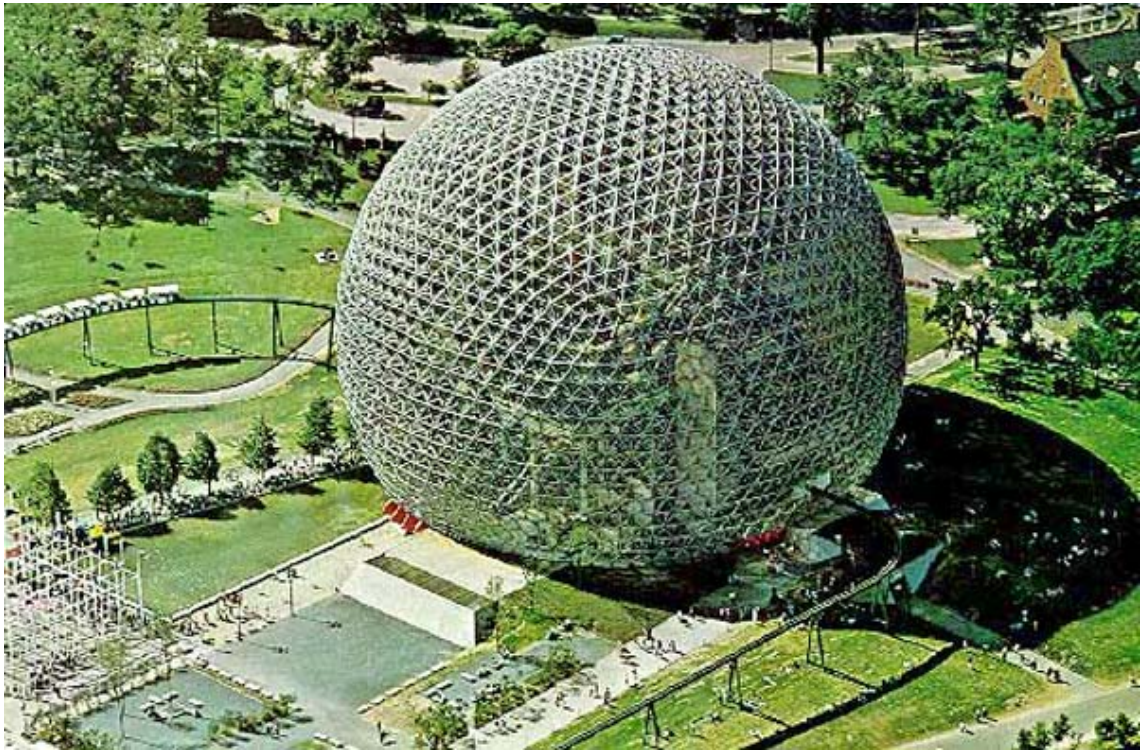
1. Какие именно правильные геометрические фигуры составляют конструкционную основу купола? Какую роль при этом выполняют ребра «фуллерена», которые мы можем видеть на Рисунке 1? (2 балла)
2. Исходя из приведенных в задаче рисунков, рассчитайте формулу Главного Бакминстер Фуллерена, соответствующего силуэту купола, представленного на Рисунке 1. Сколько пяти- и шестиугольников он содержит? Также оцените количество геометрических фигур, составляющих конструкционную основу купола, если размер купола – это примерно $\frac{2}{3}$ от сферы. (4 балла)
3. Оцените размер ребра купольной «модели» Главного Бакминстер Фуллерена, если внутренний диаметр купола составляет примерно 70 метров. Во сколько раз купольная модель больше молекулы Главного Бакминстер Фуллерена? Длину С-С связи считать равной 0,142 нм. (2 балла).



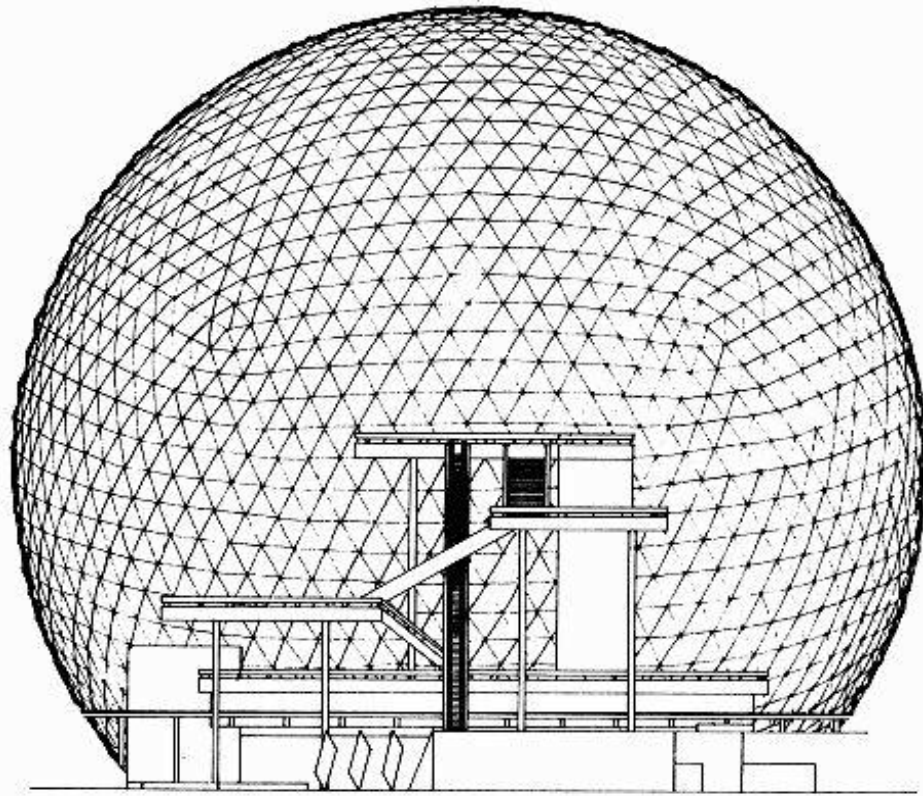
a)



b)



B)



г)
Рис. 2. Вспомогательные рисунки для решения задачи, геодезический купол в Монреале.
а) Крупный план строения стенки купола. б) Авторский чертеж купола. в) Фото без подсветки. г) Схематичное изображение купола, вид сбоку.

Выпуклые многогранники (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)

Для любого выпуклого многогранника справедлива теорема Эйлера: $V - P + G = 2$ где V , P , G – это, соответственно, число вершин, рёбер и граней многогранника. Рассмотрим далее многогранники, в каждой вершине которых сходятся три ребра. Пусть такой многогранник содержит G_3 треугольных, G_4 четырёхугольных, G_5 пятиугольных, G_6 шестиугольных, G_7 семиугольных, G_8 восьмиугольных, ..., G_n n -угольных граней и все многоугольники являются правильными.

1. Чему равно число вершин и число рёбер в таком многограннике? Запишите формулу Эйлера для данного многогранника через $G_3, G_4, G_5, G_6, \dots, G_n$. (1,5 балла)
2. Для каких n существуют многогранники, у которых все грани - n -угольники? Найдите количества граней в таких многогранниках. Как они будут называться? (1,5 балла)
3. «Раздвинем» в пространстве n -угольники в многогранниках из предыдущего пункта и построим новые многогранники, в которых «раздвинутые» n -угольники будут гранями, не имеющими общих вершин. Какое минимальное число вершин должно быть в новых многогранниках? Какие грани будут разделять исходные многоугольники? Назовите полученные многогранники – каждый в отдельности и общее название класса. (2,5 балла)
4. Можно ли полученные в п.3 многогранники встретить в наномире, и если – да, то где? (1,5 балла)



Математика кластеров (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)

Икосаэдрическая симметрия часто встречается в наномире. Упаковка атомов в нанокластерах с такой симметрией является одной из самых термодинамически стабильных. В простейшем случае это 13 одинаковых атомов, один из которых располагается в центре, а остальные 12 – в вершинах правильного икосаэдра. Если принять построение икосаэдра за основу, то при последовательном наращивании слоёв (рис. 1а) можно получить ряд икосаэдрических структур (см. рис. 1б).

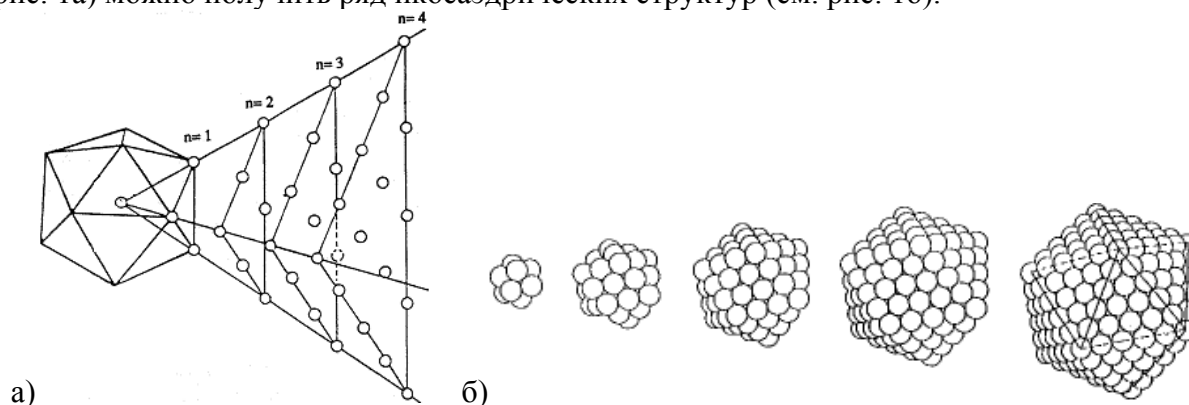


Рис. 1. Принцип послойного формирования простейших икосаэдрических кластеров: а) зависимость вида грани икосаэдра от порядкового номера оболочки n . б) внешний вид кластеров с $n = 1 - 5$.

1. А где еще в наномире встречается данный тип симметрии? (1 балл)
2. Исходя из данных, представленных на Рисунке 1, выведите формулу зависимости количества атомов в кластере N от числа оболочек n (формулу общего члена численного ряда N_n). Подсказка: для начала рассчитайте количество атомов в n -ном слое икосаэдрического кластера (6 баллов). Максимальным баллом оценивается наиболее полный вывод.
3. На основании полученной зависимости запишите формулы следующих икосаэдрических кластеров: $Au_{(n=1)}$, $Au_{(n=2)}$, $Fe_{(n=2)}$, $Fe_{(n=3)}$, $Pt_{(n=4)}(phen^*)_{36}O_{30}$, $Pd_{(n=5)}(phen)_{60}(OAc)_{180}$ (1 балл).
4. Рассчитайте размер металлического ядра для каждого из шести рассматриваемых в п. 3 кластеров. (Радиусы атомов принять $r(Au) = 0,144$ нм, $r(Pt) = 0,139$ нм, $r(Pd) = 0,138$ нм, $r(Fe) = 0,124$ нм). (2 балла)
5. Рассчитайте долю поверхностных атомов металла для каждого из кластеров, рассматриваемых в п. 3. (1 балл)

Можно пользоваться любыми справочными формулами, описывающими икосаэдр.

Низшие фуллерены (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)

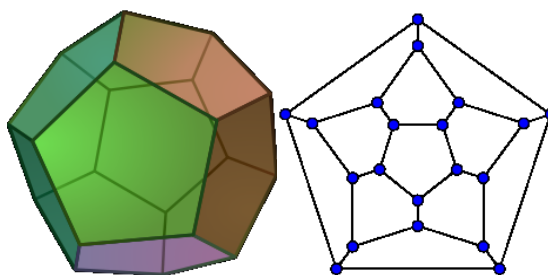
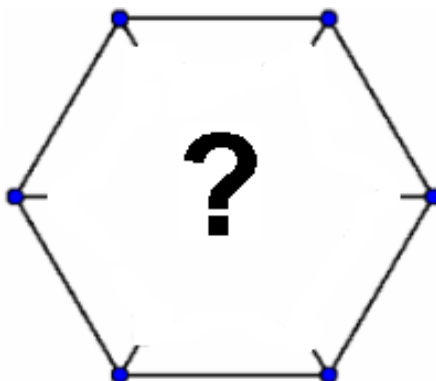


Рис. 1. Фуллерен C_{20} и его диаграмма Шлегеля.

Между самым маленьким фуллереном C_{20} и «классическим» фуллереном – бакиболом C_{60} – существует большое количество разнообразных фуллеренов, многие из которых имеют больше одного способа размещения пяти- и шестиугольников друг относительно друга. Разобраться с первыми членами этого ряда вам поможет диаграмма Шлегеля (рис. 1) – плоская проекция выпуклого многогранника на одну из его граней, не содержащая пересечений ребер.

1. Сформулируйте теорему Эйлера для произвольного фуллерена C_n . Выведите n через количество пяти- и шестиугольных граней (Γ_5 и Γ_6 , соответственно). Определите формулы фуллеренов с $\Gamma_6 = 1, 2, 3$. (1,5 балла)
2. Для каждого из трех рассматриваемых фуллеренов постройте диаграммы Шлегеля (или покажите невозможность их построения), а также постройте все возможные изомеры (или покажите, что их нет). (5,5 баллов)

Указания. Диаграмма Шлегеля будет легко читаема, если ставить точки в вершинах многоугольников. Чтобы упростить поиск, можете использовать тот факт, что среди перечисленных фуллеренов не существует ни одного с соприкасающимися шестиугольниками.



Рассматривая гипербакибол (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)

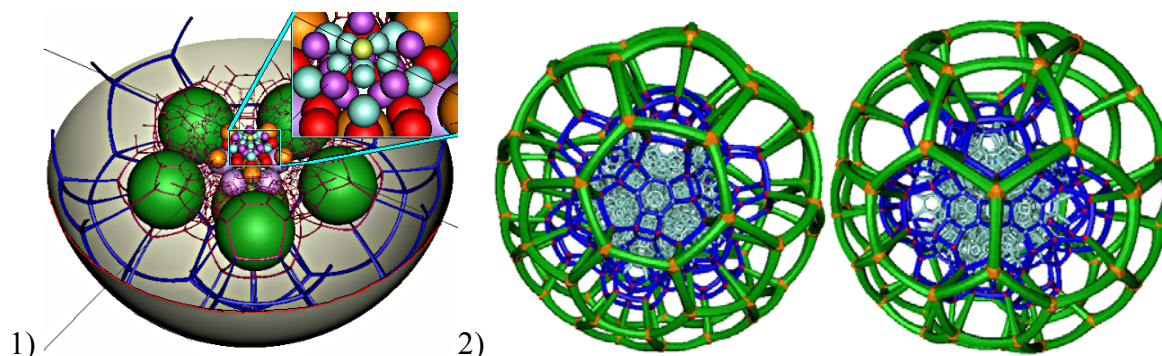


Рис. 1. Внешний вид 3D проекции Шлегеля* гипербакибола. 1) Разрез (полусфера) проекции. Внутри внутренних бакибольных ячеек C_{60} для визуализации помещены шары. В центральной части оставлены только помещенные внутрь ячеек шары, рёбра самого гипербакибола невидимы. 2) Полные проекции гипербакибола: две точки зрения.

В прошлом году некоторые из вас познакомились с додекаплексом C_{600} – самым маленьким 4D фуллереном – и гипербакиболом C_{7200} – четырёхмерным аналогом бакибола C_{60} (рис. 1). Несмотря на внушительный внешний вид, устроены они довольно просто. Додекаплекс состоит из одинаковых додекаэдров фуллерена C_{20} , а гипербакибол – из одинаковых ячеек фуллерена C_{60} . Интересен тот факт, что расположение ячеек C_{20} в 3D проекции Шлегеля додекаплекса и C_{60} в 3D проекции Шлегеля гипербакибола – идентично (доп. рис. 3).

Рассмотрим проекцию четырехмерного бакибола повнимательнее. Ячейки C_{60} в 3D проекции Шлегеля гипербакибола, в отличие от додекаэдрических ячеек в додекаплексе, не имеют общих вершин и разделены двумя типами дополнительных ячеек – пятиугольными призмами и ячейками X (рис. 2а, б).

1. Ячейку X можно получить усечением двух Платоновых тел. Назовите их. (1 балл)
2. На основе Рисунка 3, опишите ближайшее окружение каждого из трех типов ячеек (сколько и каких ближайших соседей, через какие грани они граничат). (2 балла)
3. Сколько пятиугольных призм и ячеек X содержит гипербакибол? Сколько и каких граней содержит гипербакибол? (4 балла)
4. Сколько всего ребер содержит гипербакибол? (1 балл)

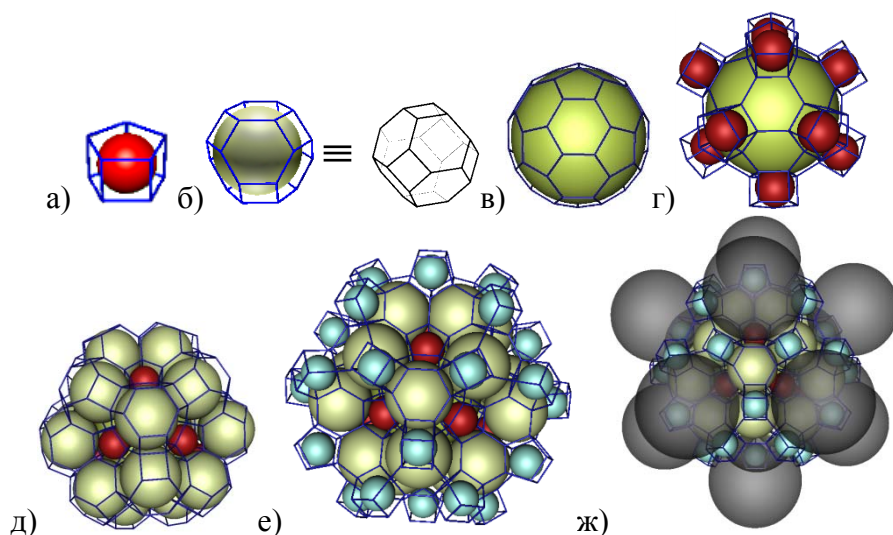


Рис. 2. Построение гипербакибола «снизу вверх»:

а) пятиугольная призма, **б)** ячейка **X**, **в)** центральная ячейка 3D проекции Шлегеля гипербакибола (№8 по рис. 3), **г)** на (в) построены пятиугольные призмы, **д)** на (г) построены ячейки **X**, **е)** на (д) построены пятиугольные призмы, **ж)** на (е) построен слой бакибольных ячеек (№7 по рис. 3).

При решении задачи не забывайте, что все однотипные ячейки гипербакибола эквивалентны, несмотря на возникающие при проекции геометрические искажения.

* - Подобно проецированию выпуклых 3D многогранников в 2D фигуры на плоскости, проекция Шлегеля 4D многогранников в одну из ячеек фигуры позволяет нам визуализировать их в виде трёхмерного объекта без самопересечений граней.









1  икосаэдр, 12 яч.	2  додекаэдр, 20 яч.	3  икосаэдр, 12 яч.	4  икосододекаэдр, 30 яч.
5  икосаэдр, 12 яч.	6  додекаэдр, 20 яч.	7  икосаэдр, 12 яч.	8  центральная ячейка

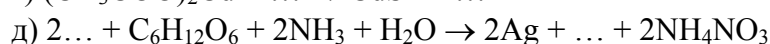
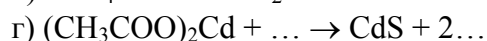
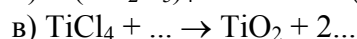
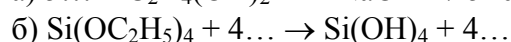
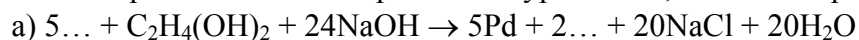
Рис. 3. Структура последовательного расположения слоев «основных» ячеек додекаплекса и гипербакибола

ОЧНЫЙ ТУР

Простые задачи по химии (2013, очный тур, Химия, простые задачи)

1. В 27 г нанотрубок неизвестного бинарного вещества состава X_mY_n содержится столько же атомов, сколько их содержится в 8 г углеродных нанотрубок. О нанотрубках какого вещества идет речь? Ответ подтвердите расчетом. (5 баллов)

2. Ниже приведены уравнения реакций получения различных наночастиц. Все коэффициенты расставлены. Завершите эти уравнения, заполнив пропуски. (5 баллов)



3. Сколько наночастиц серебра радиусом 5 нм теоретически можно получить из 1 г AgNO_3 ? Плотность серебра $10,5 \text{ г/см}^3$. (5 баллов)

4. Масса одного наноалмаза составляет $2,59 \cdot 10^{-19}$ г. Сколько атомов углерода входит в состав этой частицы? (5 баллов)

5. При восстановлении графена водородом получен материал, содержащий 1,64 масс.% водорода. Сколько процентов атомов углерода соединено с атомами водорода в этом материале? (5 баллов)

Синтез наночастиц (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

Для синтеза наночастиц бинарного соединения **Z**, содержащего 80% по массе и 50% по молям элемента **X**, использовали следующую методику. При обработке мочевины избытком смеси концентрированной азотной и серной кислот выделили продукт **Q**, имеющий следующий массовый состав: С 8,00%, Н 1,33%, N 37,33%, О 53,34%. Данный продукт растворили в ацетоне и добавили в раствор суспензию малахита. При этом наблюдалось выделение газа и образование синего раствора, из которого выделили кристаллы **M**, содержащие 24,1% элемента **X**. При хранении в эксикаторе над фосфорным ангидридом кристаллы рассыпаются в порошок **L**, а массовая доля **X** в них возрастает до 30,2%. Полученный порошок при небольшом нагревании разлагается с образованием черных наночастиц **Z**.

Определите все неизвестные вещества и напишите уравнения реакций. Рассчитайте, сколько граммов нанопорошка можно получить разложением 1,00 г **L** в предположении, что реакция протекает количественно. (15 баллов)

Нано-Мойдодыр (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

Многие современные производства, например производство медикаментов требуют соблюдения стандартов по стерильности помещения. Одним из возможных вариантов является использование активных наночастиц на поверхности для уничтожения микробов.

Для получения наночастиц был разработан следующий многостадийный процесс: серебристый металл **A** сожгли в токе хлора, полученный продукт **B** растворили в бензоле, добавили стехиометрическое количество изопропанола и при перемешивании прибавляли в полученный раствор безводный триэтиламин до прекращения выделения белого осадка. Осадок отфильтровали и промыли бензолом. Бензольный раствор упарили и перегнали в вакууме. При этом было получено жидкое при стандартных условиях вещество **B**. Далее вещество **B** растворили в абсолютном этиловом спирте до концентрации 1% и полученный раствор распыляли в кислородную горелку. Синтезированные в этом процессе наночастицы **Г** собирали и суспендировали в воде. Полученной суспензией обработали кафель, высушили и обожгли полученный материал для фиксации наночастиц. При падении на кафель ультрафиолетовых лучей он проявлял чрезвычайно сильную бактерицидную активность.

Определите все неизвестные вещества, если известно, что при переходе из **B** в **B** молярная масса увеличивается на 49,47%. Напишите уравнения описанных реакций.

(15 баллов)

Предшественники фуллеренов (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

Эlegantным примером того, что промежуточные продукты, выступающие предшественниками фуллеренов, не обязательно должны выглядеть как готовые фрагменты этих молекул, являются превращения соединений **A**, **B** и **C**.

Сгорание навески каждого из этих соединений массой 1,000 г в большом избытке кислорода приводит к образованию единственного продукта – углекислого газа массой 2,749 г. Известно, что молекулярные массы соединений **A**, **B** и **C** относятся друг к другу как 3:4:5 и лежат в диапазоне 250-750 г/моль.

1. Определите молекулярные формулы соединений **A-C**.

Данные о соединении **A**:

- содержит 4 типа атомов углерода;
- содержит 4 цикла;
- содержит только sp^3 и sp^2 -гибридизованные атомы углерода, причем в равном количестве;
- в соединении отсутствуют фрагменты 1,2-диенов ($C=C=C$).

2. Предложите возможные структуры **A**.

Воздействие лазерного облучения на одно из соединений рассматриваемой тройки приводит к образованию углеродного моноциклического кластера, из которого в одну стадию путем взаимодействия двух частиц образуется фуллерен C_{60}^+ .

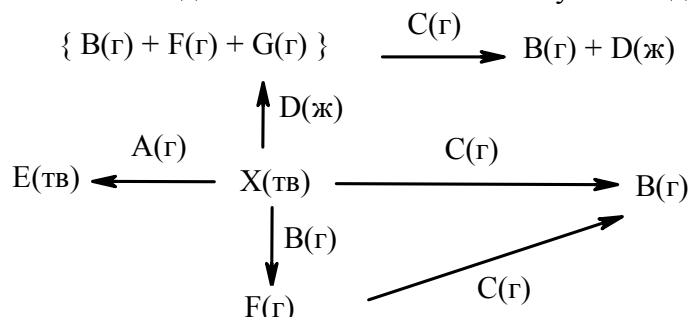
3. Какое из соединений **A-C** использовалось в опыте, если структура соединений **B** и **C** крайне схожа со структурой **A**?

Ответ обоснуйте. (15 баллов)

Ошибка юного химика (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

Юный химик Полуэкт решил изучить реакции некоторого простого черного вещества **X**. Взяв одинаковые навески **X**, он поместил каждую из них в автоклавы с избытками газов **A**, **B**, **C** и жидкости **D**, затем, выдержав при 700°C в течение некоторого времени, охладил до комнатной температуры. После этого Полуэкт решил изучить содержимое автоклавов. К своему удивлению, он не смог обнаружить твердых веществ в автоклавах 2, 3 и 4 – во всех трех случаях продукты взаимодействия оказались газообразными. Пропустив эти газы в смеси с избытком **C** над некоторым нанокатализатором, Полуэкт получил только использованные им при синтезе вещества (см. схему).

Лишь в автоклаве 1, в котором проводилось взаимодействие с газом **A**, Полуэкт обнаружил черное твердое вещество, в масс-спектре которого содержатся пики с массовыми числами 840 и 880. Один из сигналов соответствует исходному веществу **X**.



1. Расшифруйте схему превращений, если все вещества, кроме **X**, входят в состав атмосферы Земли, и газ **C** имеет плотность 16 по газу **G**.
2. Какой класс соединений хотел получить юный химик? В чем заключалась его ошибка? Приведите примеры газов, с которыми таким способом можно получить данный класс соединений. Каким способом с **B** и **D** можно получить запланированные Полуэктом продукты?

3. Где в повседневной жизни используется процесс превращения **F** в **B** под действием **C** в присутствии нанокатализатора?
(15 баллов)

Секретное задание (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

Большой секрет для маленькой такой компании
Советский мультфильм

В химическую лабораторию при N-ском университете поступил секретный заказ от одной из крупнейших мировых компаний на исследование химических и физических свойств вещества **X**. Транспортировка **X** к месту назначения в университетский городок проводилась в контейнерах, охлаждаемым жидким азотом. С веществом **X** было проведено несколько опытов.

Опыт № 1. Сгорание 0,857 г **X** в большом избытке кислорода привело к образованию только 1,00 г воды и 172,3 мл ($p = 1,00$ атм., $T = 20,0$ °C) газа **Y** (индивидуальное вещество), реагирующего с раствором гидроксида натрия.

Опыт № 2. Медленное нагревание навески **X** в закрытой камере объемом 1,00 л, предварительно заполненной аргоном до давления в 40,62 кПа при 203,0 К, дало следующие результаты (соотнесены показания манометра и термометра).

параметр	порядковый номер измерения			
	1	2	3	4
$T, ^\circ\text{C}$	-70,0	20,0	100,0	125,0
$p, \text{кПа}$	40,62	81,11	247,80	264,41

Объемом твердых и/или жидких продуктов, которые могут образовываться в ходе эксперимента, пренебрегите.

1. Определите вещества **X** и **Y**.
2. Объясните результаты опыта №2, приведя необходимые расчеты.
3. Предложите наиболее приемлемые пространственные структуры **X** и **Y**.

Как Вы считаете, в чем состоит коммерческий интерес изучения свойств вещества **X**?
(15 баллов)

Давление в фуллерене (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

Рассчитайте «давление» (в атм.) при температуре 25°C в некотором сферическом фуллерене радиусом $r = 1.5$ нм, содержащем во внутренней полости 4 атома гелия.

(5 баллов)

Кластер в электрическом поле (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

В вакуумированной камере между горизонтальными пластинами конденсатора покоится заряженная металлическая наночастица – кластер Pt_x^{2+} . Рассчитайте число атомов в кластере x , если напряженность электрического поля составляет $E = 1,79$ мН/Кл. Молярная масса платины составляет 195 г/моль. (5 баллов)

Мембрана (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

Найденная экспериментально удельная электрическая емкость некоторой биомембраны составляет $C_{уд} = 0,55$ мкФ/см². Определите толщину мембраны, если диэлектрическая проницаемость составляющих ее липидов равна $\varepsilon = 2,6$. $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. (5 баллов)

Нанонагреватель (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

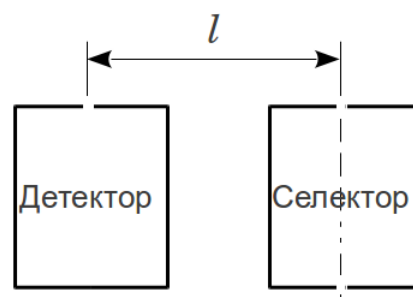
Современная компьютерная техника имеет тенденцию к миниатюризации. При этом создатели новых портативных устройств сталкиваются с рядом проблем, в том числе с проблемой повышенного тепловыделения.

Определить до какой температуры нагреется медный провод круглого сечения за время $\tau = 3$ минуты, если плотность постоянного тока j , текущего по нему, равна 10^6 А/м². Начальная температура $t = 20^{\circ}\text{C}$. Удельное сопротивление меди $P = 0.017$ мкОм·м, плотность меди $\rho = 8.92$ г/см³, удельная теплоемкость меди $c = 385$ Дж/(кг·К). Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Диаметр круглого сечения $D = 100$ нм. Длина провода $l = 1$ мм.

Чему равна мощность W , выделяемая в таком проводнике? (5 баллов)

Масс-спектрометрия (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

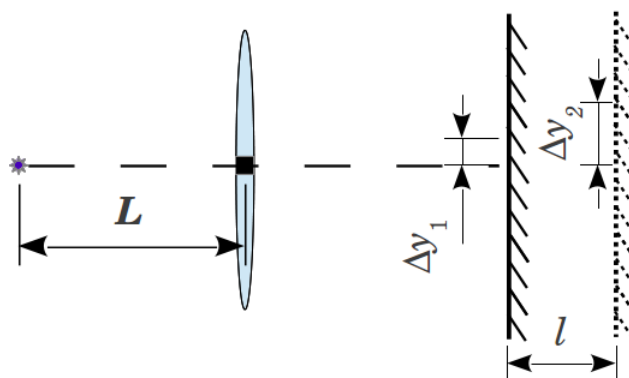
Масс-спектрометрия - это метод, позволяющий определить отношение массы к заряду иона. Ионизировав вещество, с помощью этого метода можно определить его элементный состав. Устройство масс спектрометра можно представить себе так: пучок ионов с начальной скоростью попадает в камеру, называемой селектором скоростей, назначение которого формирование однородного по скорости ионного пучка. Селекция происходит в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях. При значениях напряженности электрического поля $E = 120$ В/см и индукции магнитного $B_1 = 0,06$ Тл поля пучок ионов попадает в выходную щель селектора, которая находится напротив входной. Далее, на пути к детектору они попадают в пространство, где имеется только однородное магнитное поле B_2 , направленное также как и в селекторе. Спустя некоторое время τ ионы попадают во входную щель приемника, изменив направление своей скорости на противоположное. Расстояние между выходной щелью селектора и входной щелью приемника $l = 50$ см. Ионы считать однозарядными.



Указать направления всех полей на рисунке. Определить время пролета τ от выходной щели селектора до входной щели приемника. (5 баллов)

Нанометрический штангенциркуль (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

Для того чтобы определить толщину пленки молодым экспериментатором был предложен следующий способ. Взять тонкую собирающую линзу, сделать ровный разрез посередине, так чтобы разрез делил линзу на две равные части вдоль диаметра. Затем нанести исследуемую пленку на место разреза одной из половин, и прижать второй половиной. В результате опять получается собирающая линза, но с непрозрачной тонкой полоской посередине.



На расстоянии $L = 10$ см от линзы находится точечный источник монохроматического света ($\lambda = 100$ нм). При этом на экране, находящемся за линзой, детектором регистрируются интерференционные полосы. Расстояние между ближайшими полосами $\Delta y_1 = 0,4$ мм, а если экран отодвинуть на $l = 2$ мм, то расстояние между ближайшими полосами станет $\Delta y_2 = 0,6$ мм. Фокусное расстояние линзы $F = 5$ см.

1. Изобразить на рисунке ход лучей и кратко объяснить, откуда появились интерференционные полосы. (3 балла)
2. Определить толщину плёнки Δx . (3 балла)

Магнитный накопитель информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

Потребности современной компьютерной индустрии требуют постоянного повышения плотности записи информации. Одним из основных носителей информации по-прежнему остаются магнитные накопители. Задумавшись над тем, до каких пор теоретически можно повышать плотность записи, один пытливый студент решил оценить величину индукционного тока в считывающей головке стандартного по современным меркам жесткого диска. Он нашел в справочной литературе некоторые средние характеристики для диска диаметром $D = 8,75$ см, такие как: частота вращения шпинделя $\nu = 7200$ об/мин, средняя скорость последовательного считывания информации $b = 600$ Мегабайт/сек, плотность записи дорожек $M = 2500$ штук/см. Студент полагал, что жесткий диск содержит только одну тонкую цилиндрическую поверхность, на которую ферромагнитный слой нанесен лишь с одной стороны. Ещё пытливый студент выяснил, что остаточная намагниченность ферромагнитного покрытия соответствует индукции магнитного поля $\mathbf{B} = 0,1$ Тл, а электрическое сопротивление обмотки считывающей катушки $R = 1$ мкОм.

1. Используя все полученные данным студент оценил силу электрического тока индуцированного в головке. При этом, он сделал следующие предположения: головку он представил себе, как обычную катушку индуктивности с числом витков $N = 100$. Площадь сечения витка, сопоставима с размером доменной области. Предложите своё решение и оценку величины тока в считывающей головке, полагая, что зазор между ней и магнитным покрытием составляет $d_1 = 100$ нм. (3 балла)
2. Как изменится результат, если зазор увеличится до $d_2 = 10$ мкм? (15 баллов)

Капилляры информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

Как известно, стволы деревьев содержат множество продольных капилляров, необходимых для осуществления передачи питательных веществ между корнями и кроной. Рекордсмены среди деревьев возвышаются над землей более чем на 100 м, а их возраст может достигать нескольких тысяч лет. Определить высоту дерева h , если известно, что его питание осуществляется за счет капилляров с минимальным диаметром $d = 300$ нм.

Коэффициент поверхностного натяжения и плотность восходящих веществ принять равными соответствующим значениям для воды: $\sigma = 73$ мН/м и $\rho_{\text{в}} = 1$ г/см³. Капилляры считать вертикальными цилиндрическими трубками, а эффект смачивания – полным. Какой скорости V достигнет сферическая наночастица пористого кремния радиусом $r = 25$ нм, двигаясь в таком капилляре без начальной скорости от подножия дерева к его вершине, если известно, что на частицу действовала сила сопротивления, пропорциональная скорости $\mathbf{F} = -k\mathbf{V}$ ($k = 3,14 \cdot 10^{-21} \frac{\text{Н}}{\text{м/с}}$), а весь подъем занял время $t = 19,4$ с?

Пористость наночастицы $P = 60\%$, плотность кремния $\rho_{\text{Si}} = 2,33$ г/см³, плотность пористого кремния ρ_{PS} можно найти из определения его пористости: $P = \left(1 - \frac{\rho_{\text{PS}}}{\rho_{\text{Si}}}\right) \cdot 100\%$. Движением жидкости в капилляре, а также влиянием стенок капилляра на перемещение наночастицы пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 9,81$ м/с². (15 баллов)

Клатраты – застывшая нанопена информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

На заочном туре вы уже познакомились с задачей Кельвина, ее решением в виде структуры Уэйра-Фелана и природным воплощением этой структуры – простейшими клатратами.

Напомним, что каркас простейшего клатрата (Рис. 1.) состоит из соединенных в цепочки 14-тигранников (24 вершины), которые разделяют додекаэдры (12 граней, 20 вершин). При этом все однотипные многогранники в структуре эквивалентны.

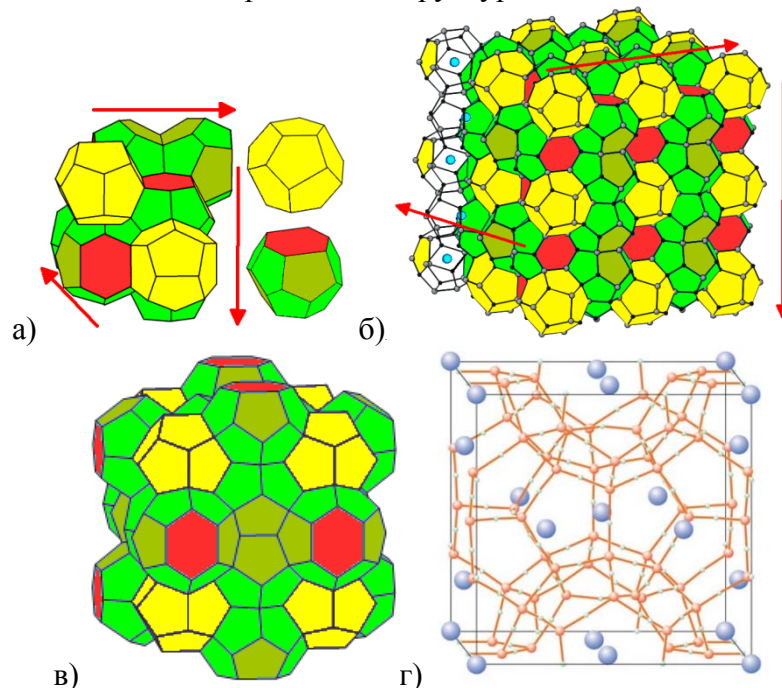
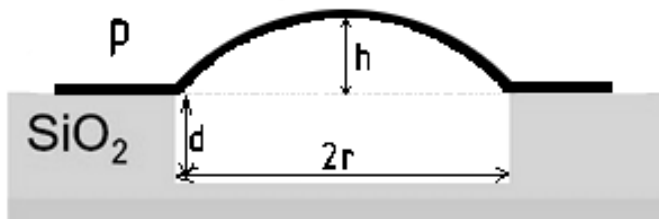


Рис. 1. а-в) Структура простейшего клатрата - газогидрата. Молекулы гостя занимают центры всех ячеек. г) Элементарная ячейка клатрата.

1. Почему молекулы воды в клатратах образуют каркас, состоящий из многогранников-«фуллеренов», а не из каких-либо других многогранников, которые также могут целиком заполнять пространство, например, из кубов, шестиугольных призм, тетраэдров с октаэдрами? Дайте физическое и химико-математическое обоснование.
 2. Со сколькими многогранниками граничат додекаэдр и 14-тигранник? Каким образом расположены додекаэдры вокруг 14-тигранника, сколько их?
 3. Рассчитайте соотношение додекаэдров и 14-тигранников в клатрате.
 4. Скольким ячейкам каркаса одновременно принадлежит каждая молекула воды? Рассчитайте общую формулу этого клатрата. Сколько молекул воды содержит элементарная ячейка (Рис. 1г).
 5. Экспериментальное определение состава гидрата метана дает формулу $\text{CH}_4 \cdot 5,99\text{H}_2\text{O}$. Как вы думаете, в чем отличие реальной структуры от идеальной? Ответ поясните.
 6. Посчитайте объем газа, который можно получить из 1 кг гидрата метана.
- (15 баллов)

Физика графенового шара (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

В боксе с давлением гелия 1,17 атм подложку с цилиндрическим углублением ($r = 5$ мкм, $d = 380$ нм) накрывают листом графена.



1. Какова будет высота образовавшегося графенового пузыря h , если подложку с графеном вынуть из бокса на воздух?
2. С использованием молекулярно кинетической теории оцените время, через которое высота графенового пузыря станет равна нулю, если в нем проделать отверстие диаметром 0,3 нм.
3. Как вы думаете, быстрее или медленнее «сдувается» пузырь на самом деле? Почему?

Дополнительная информация:

- объем шарового сегмента равен $V = \pi h(3r^2 + h^2)/6$;
- средняя энергия молекулы равна $3/2 \cdot kT$;
- опыты проводились при 25°C и давлении 1 атм;
- считать, что:
 - графен является невесомым и абсолютно эластичным;
 - выемка, накрытая графеном, герметична;
 - в ходе «сдувания» объемная концентрация атомов гелия в пузыре не меняется;
 - через отверстия проникают только атомы гелия.

(15 баллов)

Простые задачи по биологии (2013, очный тур, Биология, простые задачи)

1. а) Одним из современных направлений терапии раковых заболеваний является направленная доставка противоопухолевого препарата в раковые клетки. Действие лекарства основано на генерации активных форм кислорода (АФК). Что такое АФК?

б) В какие органели предпочтительнее доставка АФК-генерирующего лекарства для гарантированной гибели клеток? Выберите правильные варианты ответа.

- а. ядро
- б. лизосомы
- в. митохондрии
- г. центриоли
- д. комплекс Гольджи.

в) Почему? В каких из перечисленных органелл АФК образуются в ходе нормальной жизнедеятельности клеток? (5 баллов)

2. Представьте, что Вы – начальник транспортной компании (TransCell Corporation), занимающейся доставкой грузов и другими транспортными процессами в живых клетках. Вам необходимо доставить везикулу, содержащую ацетилхолин, по аксону к синаптическому окончанию.

Выберите правильный «транспорт» и «дороги», «топливо», а также другие необходимые элементы. Составьте краткий отчет о «перевозке» - опишите, какие события происходили.

В Вашем распоряжении: кинезин, миозин, динеин, АТФ, АМФ, НАДФ, глюкоза, Ca^{2+} , Cd^{2+} , микротрубочки, актиновые микрофиламенты, промежуточные филаменты.

(5 баллов)

3. Предположим, Вы укололи палец. Сигнал от рецепторов на коже распространяется по рефлекторной дуге, достигает соответствующих мышц и заставляет Вас отдернуть руку. Почему сигнал по нервному волокну распространяется только в одну сторону? Каковы особенности строения ионных каналов (каких?), лежащие в основе этого процесса?

(5 баллов)

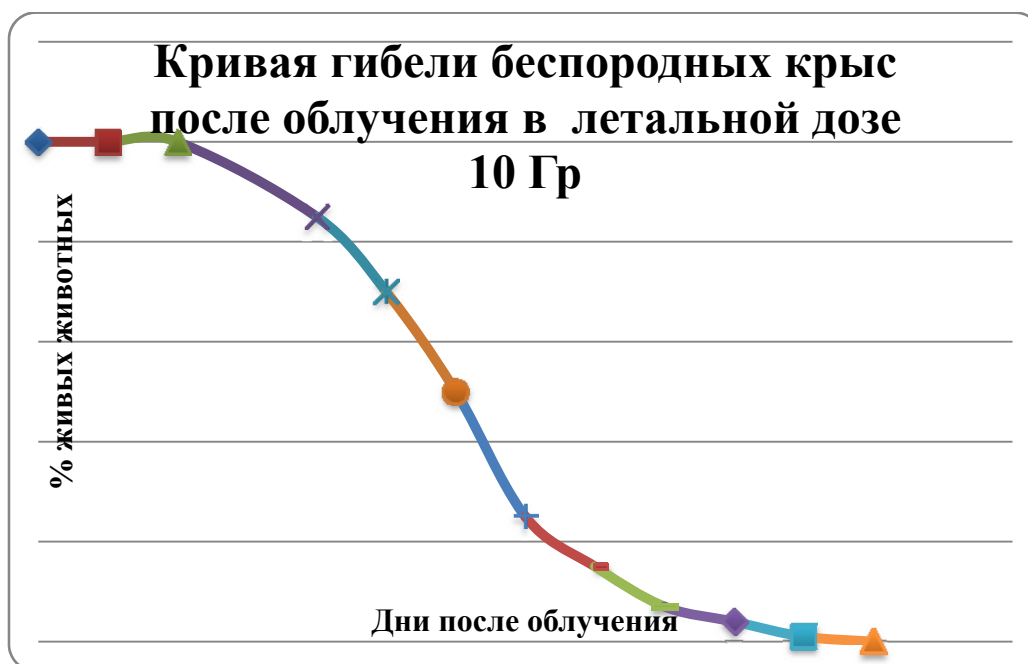
4. Одно из перспективных направлений нанобиотехнологии – использование живой клетки как фабрики для производства ДНК-наноконструкций. Для того, чтобы создать такую фабрику на базе живой клетки, нужно использовать знание как генной инженерии, так и клеточной биологии.

1) Вы создали комплекс по переносу генетической информации на основе ретровируса. Объясните, какие свойства этих вирусов делают их привлекательными для молекулярного клонирования, а какие нет?

2) Какова структура вируса? (5 баллов)

Беспородные крысы (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)

На рисунке представлена кривая гибели беспородных белых крыс после облучения в летальной дозе 10 Гр.



В дальнейшем были облучены линейные крысы (генетически однородная популяция крыс), при этом линия Alfa была менее устойчива к облучению, чем беспородные крысы, а линия Gamma более резистентна. Выбранная доза 10 Гр, вызывала 100% гибель животных в течение 30 дней не зависимо от линии.

Нарисуйте, как будут выглядеть кривые гибели крыс линии Alfa и Gamma по сравнению с кривой гибели беспородных крыс, объясните почему?

В следующей серии экспериментов был апробирован новый радиопротектор на основе наноматериалов, который по своим свойствам относится к профилактическим радиопротекторам одномоментного кратковременного действия. В настоящее время, считается, что первичное действие радиоактивного излучения на организм связано с прямым попаданием на ткани и тканевые жидкости, а вторичное действие с повреждающими эффектами свободных радикалов, возникающих в результате ионизации, создаваемой излучением в жидких средах организма и клеток. В связи с этим, как Вы думаете, на чем основан механизм действия нового радиопротектора, какими свойствами он должен обладать? Как будет выглядеть кривая гибели животных всех трех популяций при профилактическом и терапевтическом введении нашего нового радиопротектора, объясните свои предположения? (15 баллов)

Саморегуляция (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)

Функционирование организма возможно только при взаимосвязанной регуляции и координации работы органов, тканей и клеток.

а. Перечислите и опишите способы регуляции работы органов и систем органов, которые расположены относительно далеко друг от друга. б. Каким образом осуществляется взаимодействие близко расположенных клеток? в. Опишите, при помощи каких процессов и каких сигнальных молекул осуществляется регуляция внутриклеточных процессов. г. Что такое обратная связь во взаимодействии клеточных структур/клеток/органов и для чего она нужна? При ответе на каждый вопрос приведите примеры.

Приведите примеры заболеваний, при которых нарушены регуляторные процессы на уровне органов и систем органов и на субклеточном уровне.

За счет чего углеродные или металлические наночастицы, попав в организм, могут нарушить регуляцию работы органов, межклеточные взаимодействия или внутриклеточную сигнализацию? Опишите предполагаемые процессы и “мишени” действия наночастиц.

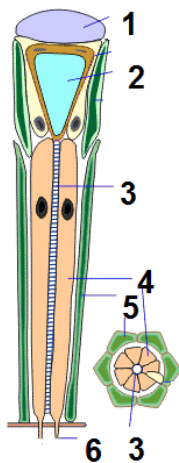
Предложите механизмы, при помощи которых гипотетические наноконструкции, введенные в кровеносное русло, могли бы откорректировать нарушенные процессы регуляции работы органов и клеток. (15 баллов)

Глаза насекомых (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)

Известно, что насекомые обладают хорошо развитыми органами зрения. В отличие от человека, они даже могут воспринимать ультрафиолетовую область спектра, а также чувствительны к поляризации света. Сложный глаз насекомых состоит из отдельных маленьких глазков (см. рисунок).

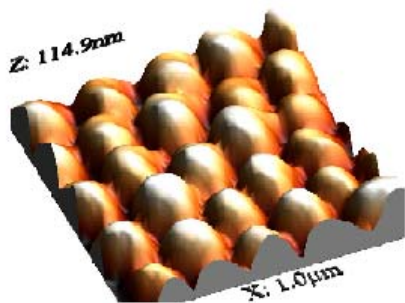
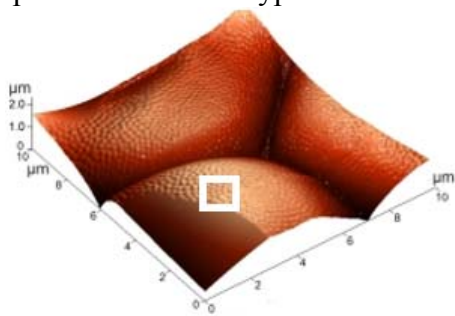
Как называется простой глазок насекомых, входящий в состав сложного фасеточного глаза? По-возможности, напишите названия структур глаза насекомых, отмеченных на рисунке, и коротко опишите их назначение.

1. Какие структуры глаза насекомых могут обеспечивать способность насекомых



воспринимать поляризацию света? (Как правило, естественные источники света – солнце, пламя свечи, электрическая лампа – излучают неполяризованные электромагнитные волны. Вектор напряженности электрического поля, перпендикулярный направлению распространения волны, беспорядочно изменяет свою ориентацию во времени, так что в среднем все направления колебаний оказываются равноправными. Однако в некоторых случаях колебания вектора напряженности электрического поля происходят в одной плоскости, такой свет называется поляризованным.) Опишите возможные механизмы и особенности структур глаза, позволяющие насекомым воспринимать поляризацию света. Для чего насекомым необходимо различать поляризацию света? Где в природе наблюдается поляризованный свет?

У человека количество света, попадающего на сетчатку и т.о. приспособление к уровню освещенности регулируется сужением и расширением зрачка.



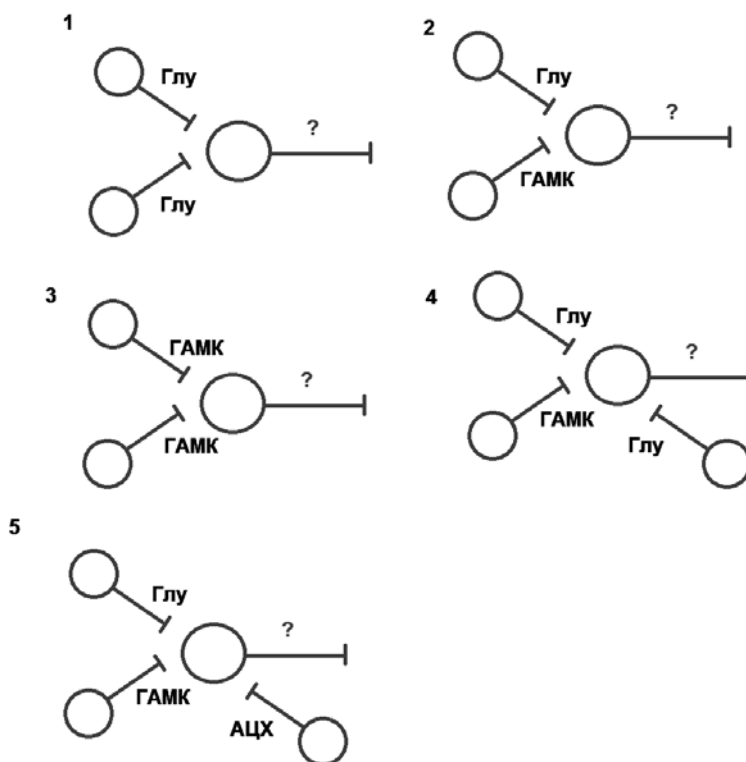
Как глаз насекомых может приспособиться к изменению освещенности?

Поверхность простого глазка насекомых в составе сложного представляет собой выпуклую шестигранную фасетку. Однако с внешней стороны у дневных и ночных бабочек, мух и других насекомых она покрыта выпуклыми прозрачными бугорками, высотой около 200 нм и расстоянием между максимумами около 300 нм. Какие функции могут выполнять у насекомых такие бугорки? Опишите все возможные варианты. Какие аналогичные приспособления существуют в рукотворной оптике и для чего они служат? (15 баллов)

Быть или не быть – вот в чем вопрос? (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)

Как нервные клетки определяют, передавать ли сигнал дальше по цепочке или «молчать»? Бросит ли человек горячую чашку кофе или постарается аккуратно поставить ее на стол? Подробные механизмы принятия решений на уровне сознания еще неизвестны, однако для отдельной клетки вполне можно выяснить причины наличия или отсутствия передачи возбуждения.

1. Нарисуйте схему передачи нервного импульса от одной нервной клетки к другой, отметьте ее составляющие и направление передачи импульса.
2. Как изменится потенциал на постсинаптической мембране при активации ГАМК-эргического синапса в головном мозге? Глутамат-эргического синапса в головном мозге? Ацетилхолин-эргического синапса при нервно-мышечной передаче возбуждения?
3. Сколько пузырьков с медиатором (например, глутаматом) должно выделиться в синаптическую щель для того, чтобы клетка начала генерировать потенциал действия? Где в нервной клетке располагается область «принятия решений»?
4. В каких случаях представленная на схеме постсинаптическая нервная клетка в головном мозге будет генерировать возбуждение при условии активации всех входящих синапсов (принять, что активация всех синапсов приводит к одинаковому по модулю изменению мембранного потенциала)? (5 схем)



(15 баллов)

Гекко-скотч (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

Учеными-нанотехнологами создан скотч, имитирующий лапки ящерицы-геккона. Его поверхность покрыта огромным количеством очень маленьких волосков. Какой площади (в см^2) скотч понадобится для удержания на потолке человека массой $m = 75$ кг, если известно, что:

каждый такой волосок имеет среднюю площадь контакта с поверхностью $S_1 = 1300$ мкм^2 ,

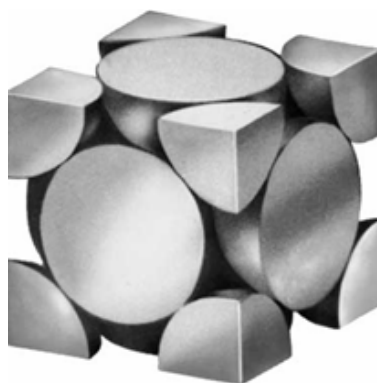
на 1 см^2 липкой ленты приходится $n = 29100$ волосков,

удельная сила «прилипания» волоска к поверхности составляет $F = 45 \text{ кН/м}^2$. (5 баллов)

Нанотрубка из металла (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

Рассчитайте внешний диаметр одностенной нанотрубки из атомов платины, если известно, что

- ее перпендикулярное сечение представляет собой замкнутую цепочку из $x = 15$ соприкасающихся атомов серебра (см. иллюстрацию),
- для серебра в объемных образцах характерна кубическая гранецентрированная упаковка,
- плотность платины $\rho = 10.50 \text{ г/см}^3$,
- атомная масса платины $M = 108 \text{ г/моль}$. (5 баллов)

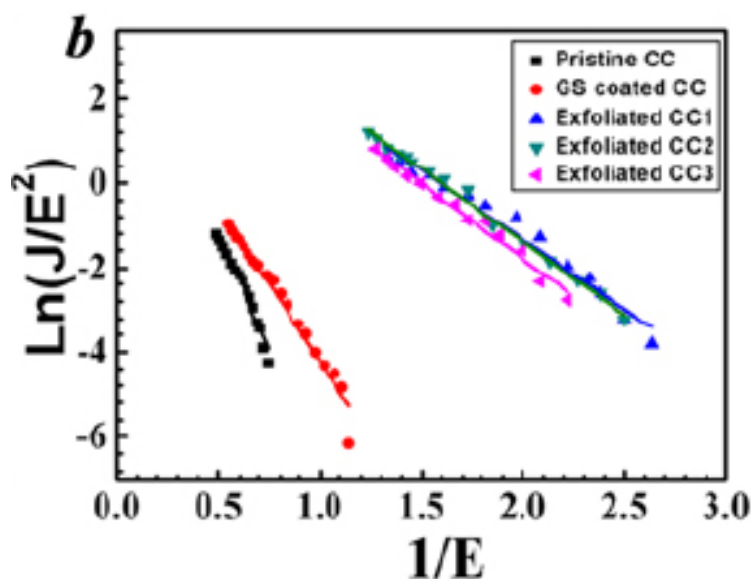


Фуллерен (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

Фуллерены представляют собой выпуклые многогранники, составленные из атомов углерода в sp^2 гибридизации и содержащие только пяти- и шестиугольные грани. Посчитайте, сколько одинарных и двойных связей, а также шестиугольников содержится в фуллерене C_{84} . (5 баллов)

График (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

На рисунке изображена вольт-амперная характеристика эмиттеров на основе графена в координатах Фаулера–Нордгейма $1/E, \ln(J/E^2)$, где E – средняя напряженность поля, J – плотность тока эмиссии. График взят из статьи J.Liu et al., Appl. Phys. Lett. 101, 153104 (2012).



Круглые метки (вторая слева полоса) соответствуют эмиттеру на основе графеновых листов, полученных методом CVD.

- а) Считая, что график вольт-амперной характеристики этого эмиттера – прямая, найдите коэффициенты этой прямой.
- б) Выразите плотность тока J через напряженность поля E .
- в) Постройте эскиз графика вольт-амперной характеристики в координатах J, E .
(5 баллов)

Нанопродукт 2.0 (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

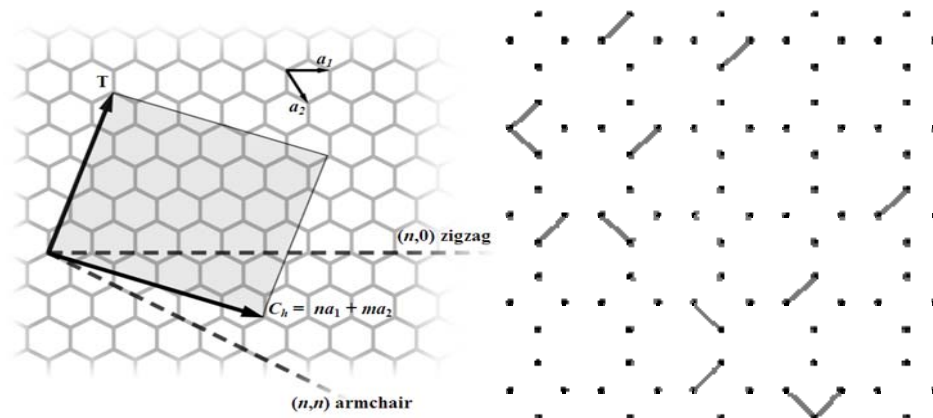
Точно так же, как персонаж известного мультфильма предложил измерять длину удава в попугаях, площадь поверхности наночастиц, можно измерить в площадях еще более маленьких объектов – молекул азота. При температуре 77К и некотором небольшом давлении молекулы азота покрывают поверхность изучаемого образца одним сплошным слоем (монослоем).

1. Рассчитайте величину удельной площади поверхности ($\text{м}^2/\text{г}$) Нанопродукта массой $m = 5.0$ г, если объём адсорбированного азота в каждом случае равен $V_{\text{N}_2} = 0.36$ л (н.у.), плотность Нанопродукта - $\rho = 4.0$ г/см³, площадь, занимаемая одной молекулой азота – 0.162 нм².
2. Рассчитайте линейные размеры (радиус, длина ребра) частиц Нанопродукта, если известно, они имеют форму: а) шара; б) куба; в) цилиндра ($d:h = 1:1$).
(5 баллов)

Нанотрубки из октаграфена (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)

Как известно, основной характеристикой углеродной нанотрубки является её *хиральность* – координаты (m, n) вектора C_h , вдоль которого надо свернуть лист графена, чтобы получить эту нанотрубку, в базисе (a_1, a_2) .

1. Введите аналогичное понятие хиральности для нанотрубок из октаграфена. Требуется, чтобы хиральность нанотрубки была парой целых чисел.
2. Сколько нанотрубок из октаграфена с хиральностью вида (n, n) имеет диаметр меньше 30 Å, но больше 20 Å? Напомним, что в решётке октаграфена стороны квадратов равны 1.48 Å, а длины остальных С-С связей равны 1.35 Å.
(15 баллов)



Изолированные шестиугольники (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)

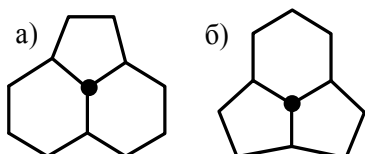


Рис. 1. а) 2 шестиугольника и 1 пятиугольник, сходящиеся в вершине; б) 2 пятиугольника и 1 шестиугольник, сходящиеся в вершине.

Самый маленький фуллерен, в котором все *пятиугольники* являются изолированными – это бакибол C_{60} : каждая его вершина принадлежит одновременно двум шестиугольникам и одному пятиугольнику (рис. 1а).

По аналогии, можно предположить, что самым большим фуллереном, содержащим полностью изолированными *шестиугольниками* (далее ИШ), будет фуллерен C_N , у которого каждая вершина будет принадлежать двум пятиугольникам и одному шестиугольнику (рис. 1б).

1. Исходя из этого предположения, рассчитайте значение N .
2. Можно ли геометрически построить такой фуллерен C_N ? Ответ объясните.
3. Самый простой фуллерен с ИШ – C_{24} , содержит два шестиугольника и 12 пятиугольников. Постройте схемы Шлегеля для всех фуллеренов с полностью изолированными шестиугольниками и запишите их формулы.
4. Симметрией какого Платонова тела обладает фуллерен с максимальным количеством ИШ? (15 баллов)

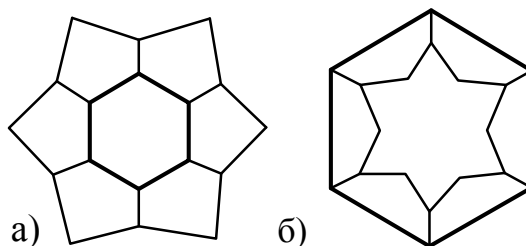
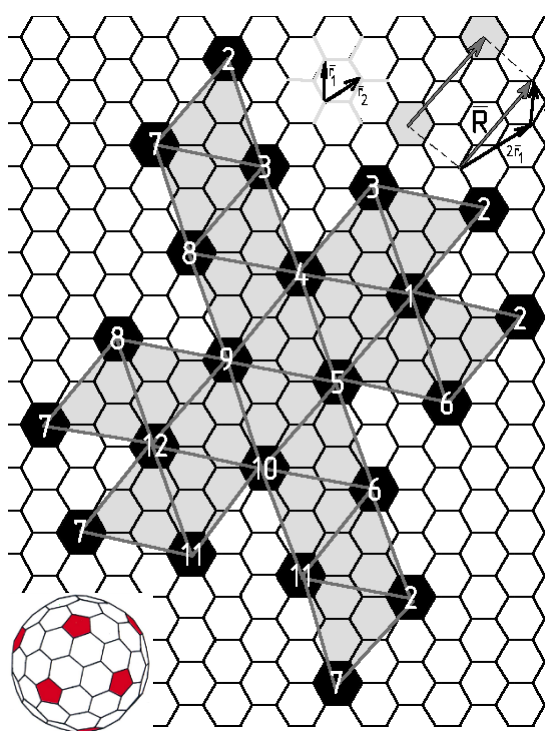


Рис. 2. а) Изолированный шестиугольник, б) изолированный шестиугольник в основе схемы Шлегеля.

Икосаэдрический фуллерен (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)



Всю поверхность икосаэдрического фуллерена C_N можно представить в виде «выкройку» из графенового листа, которая состоит из 20 одинаковых равносторонних треугольников (рис. 1). Чтобы однозначно задать такую «выкройку», достаточно задать относительное расположение центров двух будущих пятиугольников на графеновом листе, которое определяется вектором $\vec{R} = n \cdot \vec{r}_1 + m \cdot \vec{r}_2$ (суммой единичных векторов с коэффициентами n и m).

1. Для произвольных (n, m) найдите количество шестиугольников в развертке и установите формулу соответствующего ей икосаэдрического фуллерена C_N . (5 баллов)
2. Выведите формулы фуллеренов, являющихся аналогами зубчатых ($m = n$) и зигзагообразных ($m = 0$) нанотрубок. Аналогами каких типов нанотрубок являются бакибол C_{60} ($N = 60$) и додекаэдр C_{20} ($N = 20$)? (5 баллов)
3. У фуллерена C_{140} существуют два икосаэдрических изомера. Как называются такие изомеры? (15 баллов)

Рис. 1. Пример $(n, m) = (2, 1)$: Единичные векторы r_1 и r_2 , результирующий вектор $\vec{R} = 2\vec{r}_1 + 1\vec{r}_2$. Развертка, задаваемая вектором R : если склеить вершины треугольников с одинаковыми номерами, получится фуллерен C_{140} (при этом, в местах склейки вершин образуются пятиугольники).

Ещё раз о РНК (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)

Напомним, что молекула мРНК представляет собой цепочку из нуклеотидов А, G, C и U (аденин, гуанин, цитозин и урацил). Кодон – это тройка подряд идущих нуклеотидов. Участок молекулы мРНК состоит из 100 кодонов.

1. Сколько существует цепочек, не содержащих старт-кодонов AUG?
2. Каких цепочек больше: тех, которые содержат старт-кодоны, или тех, которые не содержат? (15 баллов)

Шесть изотопов (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)

На решётке графена 6 вершин, образующих правильных шестиугольник со стороной 1 мкм, заменили изотопами. Кроме того, внутрь шестиугольника поставили несколько датчиков. Каждый датчик измеряет количество изотопов на расстоянии не больше 1 мкм. Сколько было расположено датчиков, если сумма их показаний оказалась равна 7? (15 баллов)

РЕШЕНИЯ

Наночастицы с пленкой (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

- $1. n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = 0.348/22.4 = 0.0155$. $m(\text{Fe}) = 0.016 \cdot 56 = 0,87$ г. $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,51$ г, что соответствует $0,51 \cdot 3/232 = 0,259$ ммоль Fe. Итого было $0,259 + 15,5 = 15,759$ ммоль Fe. Окислилось $\chi(\text{Fe}) = 0,37/(0,37+0,87)=0,2984$ % или 29,84 % атомов железа.
- Частица состоит из двух слоев – в центре железо, снаружи – магнетит. $V(\text{частицы}) = V(\text{Fe}_3\text{O}_4) + V(\text{Fe}) = 4/3 \pi R^3$. Пусть число частиц N , тогда
 $m(\text{Fe}_3\text{O}_4)/\rho(\text{Fe}_3\text{O}_4)N + m(\text{Fe})/\rho(\text{Fe})N = 4/3 \pi R^3$.
 $0,51/5,18N + 0,87/7,874N = 4/3 \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-7})^3$
 $N = 4,15 \cdot 10^{17}$
Отсюда $V(\text{Fe}) = 4/3 \pi R^3 = m(\text{Fe})/\rho(\text{Fe})N = 2,68 \cdot 10^{-19}$. Отсюда $R(\text{Fe}) = 4$ нм
Толщина пленки равна 5 нм – 4 нм = 1 нм.

Как получить нанопорошок (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

1) Нанопорошок никеля

2) Используется как катализатор гидрирования, также при получении эластичного слоистого электропроводящего материала, мелкодисперсных покрытий на керамических, кварцевых, металлических, пластмассовых, композиционных изделиях любой сложности формы; в изготовлении конденсаторов; в электронной промышленности.

3) Молярная масса B равна $M = 2,75 \cdot 32 = 88$ г/моль. Этому значению соответствуют только два газа — CF_4 и PF_3 . CF_4 не подходит, потому что он не реагирует с водой, поэтому B — PF_3 .

Рассчитаем объем фторида фосфора при н.у.: $PV/T = P_0V_0/T_0$

Давление стандартное, поэтому:

$$V/T = V_0/T_0$$

$$0,1956/298 = V_0/273$$

$$V_0 = 0,1956 \cdot 273/298$$

$$\underline{V_0 = 0,1792 \text{ (л)}}$$

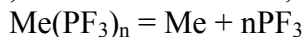
Масса вещества A равна массе продуктов реакции, поэтому:

$$m(\text{PF}_3) = V/V_M \cdot M = 0,1792/22,4 \cdot 88 = 0,704 \text{ (г)}$$

$$m(A) = 0,704 + 0,1174 = 0,8214 \text{ (г)}$$

PF_3 образует комплексные соединения вида $M(\text{PF}_3)_n$, скорее всего, A — именно такое соединение. Пусть молярная масса $M = x$, найдём молярную массу A по уравнению реакции:

$$0,8214 \text{ г} \qquad 0,1792 \text{ л}$$



$$x + 88n \text{ (г/моль)} \qquad 22,4n \text{ (л/моль)}$$

Найдём x :

$$x + 88n = 0,8214 \cdot 22,4n / 0,1792$$

$$x + 88n = 102,675n$$

$$\underline{x = 14,675n}$$

По закону эквивалентов находим n :

$$n: \quad M(\text{металла}): \quad \text{Подходящий металл:}$$

$$1 \quad 14,675 \quad \text{—}$$

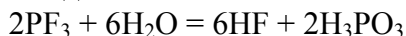
2	29,35	—
3	44,025	—
4	58,7	Ni

Итак, формула А — $\text{Ni}(\text{PF}_3)_4$

При реагировании с хлоридом кальция обе кислоты дают осадок, поэтому можно различить их по реакции с KOH .

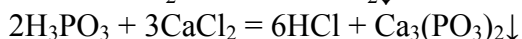
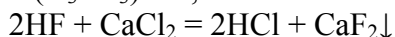
24 мл 1М KOH — $2,4 \times 10^{-2}$ экв

Найдём количества эквивалентов образующихся кислот по уравнениям реакций:



$$m(\text{HF}) = 0,48 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_3) = 0,656 \text{ г}$$



$$m(\text{CaF}_2) = 0,936 \text{ г}$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_3)_2) = 1,112 \text{ г}$$

Итак, 0,936 г осадка даёт HF , D — HF , C — H_3PO_3

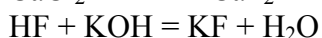
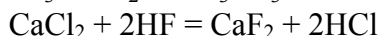
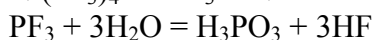
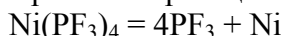
Ответ: А — $\text{Ni}(\text{PF}_3)_4$

В — PF_3

С — H_3PO_3

D — HF

Уравнения реакций:



Сказочное золото (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Персонаж	Название подхода	Суть подхода (2 – 3 фразы)	Преимущества	Недостатки
Тортилла	Ядерное превращение	Альфа-распад ядер свинца	Получено настоящее золото	дороговизна
Буратино	Нанопечать	Нанесение на серебро атомов серебра с целью изменения угла отражения падающего света, что приводит к появлению окраски	Имитация золота за счет изменения состояния поверхности	Трудность попадания в «цвет» чистого золота, технология находится в стадии разработки
Мальвина	Нанесение пленки другого металла различными методами (гальванически, напыление и	Имитация золота за счет нанесения пленки золота или нитрида титана	Дешевизна	Изменение окраски при повреждении поверхностного слоя

	т.д.)			
Пьеро	Появление окраски за счет введения донорной примеси	Изменение электронной структуры сплава при введении донорной примеси	Устойчивость окраски при повреждении поверхности	Токсичность мышьяка

Неизвестные наноструктуры (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

1) Z - углеродные нанотрубки, X – ацетилен, Y – азот.

2) Один из способов получения углеродных нанотрубок основан на реакции разложения газа ацетилена на наночастицах кобальта. Для проведения опыта в кварцевую трубку помещается фарфоровая лодочка с частицами катализатора. В течение нескольких часов через трубку прокаливается газовая смесь ацетилена и азота (в ней преобладает газ азот) нагретая до 1000⁰С. После этого прибор охлаждают в токе газа азота. После проведения эксперимента на стенках трубки были обнаружены четыре типа структур:

- (1) частицы аморфного углерода на поверхности катализатора;
- (2) частицы катализатора, окруженные графеновыми слоями;
- (3) нити, образованные аморфным углеродом;
- (4) углеродные нанотрубки.

Наименьшее значение внутреннего диаметра полученных углеродных нанотрубок составляет 10 нм. Длина углеродных нанотрубок зависит от времени протекания реакции и составляет величину от 100 нм до 10 мкм.

3) (а) Пусть молярная масса смеси 27,80 г/моль. Пусть x- мольная доля ацетилена, а (1-x) – мольная доля азота. Тогда средняя молярная масса смеси равна

$$26x + 28(1-x) = 27,80$$

x = 0,1 или 10% по объему (мольная доза для газов совпадает с объемной). Тогда азота будет 90%.

(б) Пусть молярная масса смеси 27,95 г/моль, тогда, рассуждая аналогично, получаем

$$26x + 28(1-x) = 27,95$$

x = 0,025 ацетилена или 2,5% по объему. Тогда азота будет 97,5%.

Таким образом, смесь содержит от 2,5 до 10 % об. ацетилена.

Ответ: состав смеси – от 2,5 до 10% ацетилена.

Дамасская сталь (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

1. Самый простой способ решения задачи – на калькуляторе, последовательным делением на 2. Начальная толщина полоски 1 мм или 1000000 нм. Для получения 15,26 нм необходимо разделить на 2 16 раз.

Несколько более сложный способ связан с логарифмами:

$$1000000/2^x = 15$$

$$x \cdot \ln 2 = \ln(1000000/15)$$

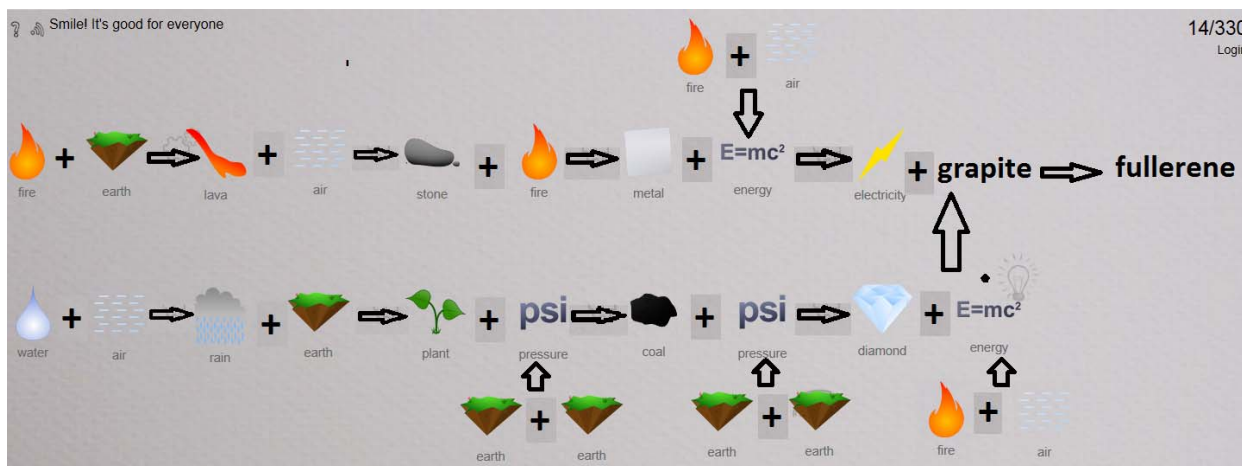
$$x = \ln(1000000/15)/\ln 2 = 16,02$$

2. Для обеспечения сваривания пластин необходима взаимная диффузия металла из разных слоёв. Это вызовет перемешивание и усреднение его состава, то есть вместо чётких границ на 15 нм каждая полоска будет иметь размытые границы толщиной

2-5 нм и после дальнейших перековок металл станет однородным. Получится хорошая сталь, но уникальные свойства дамаска она потеряет.

Алхимия и фуллерен (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

Основной порядок решения представлен на рисунке (скриншоте):



Стадии получения графита и самого фуллерена разработчиками программы не предусмотрены. Логика решения основана на ретроградном пути расшифровывания пути синтеза фуллерена. Известно, что фуллерены в основном получают путём сжигания графитовых электродов в электрической дуге в инертной атмосфере. Поэтому в качестве отправных точек следует рассматривать графит - двумерную аллотропную модификацию углерода и электричество (в логике попарного смешения символов, принятого в игре). Найти маршрут к электричеству - относительно простая задача, решаемая перебором получаемых производных символов и базовых элементов. Из близких к графиту веществ разработчиками предусмотрен только алмаз, еще одна аллотропная модификация углерода. Переход алмаза в графит возможен при нагревании (подводе энергии) в инертной среде. Дополнительной проверкой решения служит общее количество использованных символов базовых стихий.

К проверке также будут приниматься любые схемы синтеза фуллерена, отличные от указанного выше и не противоречащие здравому смыслу.

Молекулярные деревья (2013, заочный тур, Химия задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

1. Номер поколения равен числу атомов фосфора на пути от центрального атома до концевой группы. Дендример, изображенный на рисунке, относится к 4 поколению.
2. Трехвалентный атом фосфора имеет одну неподеленную пару электронов во внешнем уровне и находится в состоянии sp^3 -гибридизации (аналогично азоту в NH_3). Для этого состояния характерно тетраэдрическое окружение, следовательно структура – объемная, а не плоская.
3. Молярная масса группы X равна атомной массе фосфора, поэтому массовая доля фосфора равна его мольной доле. Отсюда для формулы P_aX_b имеем:

$$a : b = 45,45 / (100 - 45,45) = 1 : 1,2 = 5 : 6.$$

Простейшая формула дендримера P_5X_6 . Рассмотрим формулы первых нескольких поколений:

поколение 1	PX_3
поколение 2	P_4X_6
поколение 3	$P_{10}X_{12}$

Можно вывести общую формулу для n -го поколения (попробуйте сделать это сами!), однако ответ уже найден: дендример 3-го поколения $P_{10}X_{12}$ соответствует полученной простейшей формуле.

Нано-звезды (2013, заочный тур, задачи для начинающих, Химия, 7 – 9 класс)

1. Очевидно, что валентность ядра «звезды» должна быть равна числу звеньев. Самый простой вариант решения – взять элемент с подходящей валентностью. Для первой звезды – атом углерода, для второй – фосфора (напомним, что азот пятивалентным не бывает!), для третьей – серы.
2. Можно придумать вариант решения с тремя звездами (можно и два звена, но это не будет звездой), но самый простой вариант – 6 одинаковых звеньев состава $C_{10}H_{20}Br$, или $(CH_2)_{10}Br$, а в качестве ядра выступает бензольное кольцо без атомов водорода, C_6 .
3. а) Наномедицина: к звеньям полимеров можно присоединять молекулы лекарственных средств и доставлять их в нужные места организма.
б) Нанокатализ: на звеньях можно закреплять не только лекарственные средства, но и частицы катализатора.
В обоих случаях полимер используется в качестве носителя.
в) Специальным образом сконструированные звенья можно использовать для молекулярного распознавания, то есть полимер будет выступать в роли «нано-датчика».

Ряд чисел (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

1. Так как какое-то из двух соединений состоит из двух элементов, одним из которых является кислород, то мы несомненно имеем дело с оксидом неизвестного металла. Проведем расчет для обоих значений массового содержания кислорода (x), приведенных в условии, на основании общей формулы оксидов $MeO_{n/2}$, где n – степень окисления металла Me : $M(Me) = 8,00 \cdot n \cdot \frac{100-x}{x}$
Перебор возможных вариантов приводит к единственному ответу: неизвестный металл – гафний, образующий оксид HfO_2 ($n=4$) с содержанием кислорода 15,20% (соединение **В**). Отметим, что при решении необходимо обратить внимание на высокую точность значений, представленных в условии.
Для определения соединения **А** определим массу, приходящуюся в нем на безкислородный остаток: $51,65 \cdot m$, где m – число атомов кислорода в молекуле **В**. С учетом атомной массы гафния имеем неравенство $m > 3$. Если $m=4$, то за вычетом атомной массы гафния остается 28,11 г/моль, что соответствует атому кремния и общей формуле – $HfSiO_4$. При других m разумных вариантов структуры соединения **В** получить не удастся.
Итак, соединение **А** – HfO_2 и соединение **В** – $HfSiO_4$.
2. Указанные соединения гафния преимущественно используются в производстве полупроводниковой техники. Исходя из того, что мы имеем дело с объектами,

размеры которых находятся в нанодиапазоне, общего понижательного тренда для указанной последовательности, можно предположить, что в задаче рассматривается эволюция технических устройств, содержащих полупроводниковые элементы. Действительно, данный ряд отражает этапы развития технологического процесса полупроводникового производства. Так как при производстве полупроводниковых интегральных микросхем применяется литографическое оборудование, то разрешающая способность (в нм) применяемого инструментария и определяет название конкретного технологического процесса. Наиболее быстро решить данную задачу получится у тех, кто знаком с историей и перспективами развития центральных процессорных устройств.

Недостающими цифрами ряда являются 28 и 22 нм, которые отражают современное состояние дел в производстве полупроводниковых микросхем.

3. Продолжение ряда возможно в обе стороны. Сдвиг влево отражает первые этапы технологического процесса полупроводникового производства (свыше 100 нм), происходившие в прошлом веке. Сдвиг вправо отражает будущее полупроводниковой техники: компанией Intel уже заявлены планы перехода на 14 нм и даже 10 нм процессы. Однако уменьшение размеров технологического процесса не беспредельно, оно не сможет быть меньше атомарного размера.
4. Замена диоксида кремния при изготовлении диэлектрика затвора на так называемый изолятор high-k, изготовленный на основе рассмотренных соединений гафния и обладающий высокой степенью диэлектрической проницаемости, приводит к увеличению полевого эффекта транзистора, уменьшению слоя диэлектрика и снижению тока утечки.

Магнитный композит (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

1. Вещество X – сульфит натрия Na_2SO_3 , который используется в качестве восстановителя для частичного восстановления ионов железа $3+$ до ионов железа $2+$. После добавления раствора хлорида бария образуется осадок BaSO_4 , нерастворимый в кислотах.

В 16,86 г $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ содержится сульфата:

$$M((\text{SO}_4)_3)/M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 288 \times 100\% / 562 = 51,2 \%$$

$$16,86 \times 0,512 = 8,63 \text{ г}$$

В образовавшемся BaSO_4 содержится сульфата:

$$M(\text{SO}_4)/M(\text{BaSO}_4) = 96 \times 100\% / 233 = 41,2 \%$$

$$23,3 \times 0,412 = 9,6 \text{ г}$$

$$9,6 - 8,63 = 0,97 \text{ г сульфата получается из добавленного вещества X.}$$

Предполагается, что это сульфит, являющийся восстановителем, который окисляется до сульфата.

Для образования 0,97 г сульфата необходимо 0,80 г сульфита. Содержание сульфита в веществе X – $0,80 \cdot 100\% / 1,26 = 63,5 \%$, следовательно молярная масса вещества X равна:

$$M(\text{SO}_3) / 0,635 = 80 / 0,635 = 126 \text{ г/моль.}$$

$$126 - 80 = 46 / 2 = 23 - \text{это натрий, вещество X – сульфит натрия } \text{Na}_2\text{SO}_3.$$

2. Раствор аммиака добавляют с целью создания щелочной среды, в которой происходит восстановление, а также для дальнейшего образования гидроксидов железа, переходящих в оксиды.
3. Это наночастицы магнетита, стабилизированные биосовместимым полимером, содержащим функциональные формильные группы. Они представляют собой шарообразные частицы магнетита, снаружи окруженные полимерной матрицей

(поливиниловый спирт), содержащей формильные группы, позволяющие им прикрепляться к различным поверхностям. Образовавшаяся пространственная структура полимера препятствует агрегации частиц магнетита, позволяя получить частицы заданного размера.

4. Глутаровый альдегид – это диальдегид. Каждая его молекула имеет две карбонильные группы, одну из которых она использует для прикрепления к поливиниловому спирту путем образования полиацеталей со спиртовыми группами. Часть альдегидных групп остается свободной и может использоваться для пришивки магнитных наночастиц к различным частицам с целью их транспорта, а также к вирусам и злокачественным образованиям. При взаимодействии композита с глутаровым альдегидом происходит одновременная модификация и сшивка полимерного слоя по гидроксильным и аминогруппам.

Бензин с водой (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

1. Для введения воды в органическую фазу потребуются эмульгаторы. В случае воды эмульгаторы могут быть любого типа: анионные ($\text{SDS} \cdot \text{NH}_4$), катионные (октадециламин хлорид) и неионогенные (Плюроники, кремофоры, твины). В случае солей – только неионогенные, либо сильно диссоциирующие ионные. В обоих случаях противоионы ионогенных ПАВ должны быть полностью летучими, например аммоний, нитрат, хлорид. Непригодны ПАВ с противоионами типа сульфата, фосфата, кальция, натрия и т. д.
В нашем случае пригодны только неионогенные ПАВ (например, кремофоры), так как концентрация нитрата аммония очень высока и он подавляет диссоциацию ионогенных ПАВ любого типа. После введения эмульгатора необходимо интенсивное перемешивание раствора либо высокоскоростной механической мешалкой, либо дезинтегратором, либо действием ультразвука или фильтрацией через наноразмерный фильтр (поры порядка диаметра мицеллы)
2. При сгорании топлива с водой заметно понизится температура сгорания топлива, так как тепло будет расходоваться на испарение воды. Расход топлива уменьшится, но мощность упадет незначительно, так как помимо продуктов сгорания топлива будет образовываться значительное количество высокотемпературного пара, способного совершить работу. Температурный цикл сместится в область более низких температур. В целом износ двигателя сократится.
При сгорании топлива с нитратом аммония мощность и динамика двигателя вырастут, так как в топливной смеси будет присутствовать готовый окислитель. Возрастут выбросы окислов азота. Возможна детонация топлива и “прострел” двигателя.
При сгорании топлива с сульфатом натрия мощность упадет. Кроме того, будет сильный абразивный и коррозионный износ двигателя, так как сульфат натрия при сгорании будет образовывать твердые частицы сульфата, либо сульфида натрия. Возможно выделение окислов серы.
3. Топливо будет иметь молочно-белый цвет из-за рассеяния света на коллоидных частицах воды. Размеры частиц можно оценить по закону рассеяния Рэлея, так как система полностью отвечает необходимым условиям по поглощению света. Для оценки нужны светофильтры и источник света. Можно также заморозить топливо в жидком азоте и изучить дифракцию света.

Пептидное судоку (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

1. Решение головоломки:

A	N	D	V	G	R	C	F	K
C	F	K	D	A	N	V	R	G
G	V	R	C	F	K	A	D	N
F	K	A	N	V	G	R	C	D
D	G	C	R	K	F	N	V	A
V	R	N	A	D	C	K	G	F
K	A	G	F	C	V	D	N	R
R	C	F	K	N	D	G	A	V
N	D	V	G	R	A	F	K	C

2. Данным способом можно шифровать только:

- 1) пептиды, содержащие девять аминокислотных остатков (нонапептиды);
- 2) все аминокислотные остатки, образующие пептид, должны различаться (другими словами, не возможен дубляж какой-либо аминокислоты).

3. В шифровальном квадрате есть по девять вертикалей и горизонталей (всего - 18), однако мы не знаем направление прочтения (например, справа-налево или наоборот), поэтому возможна кодировка 36 наонапептидов.

4. В составе искомого пептида есть аминокислотные остатки и аргинина, и лизина. Чтобы в результате обработки X трипсином образовывался только один пептид (остальное - отдельные аминокислоты), возможны следующие варианты (1)-(10):

- K- _ _ _ _ _ -R (1);
- R- _ _ _ _ _ -K (2);
- K-R- _ _ _ _ _ (3);
- R-K- _ _ _ _ _ (4);
- _ _ _ _ _ -K-R (5);
- _ _ _ _ _ -R-K (6);
- _ _ _ _ _ -R-K- (7);
- _ _ _ _ _ -K-R- (8);
- K- _ _ _ _ _ -R- (9);
- R- _ _ _ _ _ -K- (10).

Сопоставление шести вариантов с полностью разгаданной головоломкой приводит к выявлению двух пептидов, располагающихся на третьей снизу горизонтали:

K-A-G-F-C-V-D-N-R и R-N-D-V-C-F-G-A-K,

одного пептида из крайней левой вертикали (сверху вниз): A-C-G-F-D-V-K-R-N, одного пептида из третьей слева вертикали (снизу вверх) V-F-G-N-C-A-R-K-D.

5. Перефразируя условие задачи, можно заключить, что нам необходимо найти общее число наонапептидов, которое можно образовать при помощи 22-х протеиногенных аминокислот (к 20 общеизвестным за последнее время добавились две: селеноцистеин и пирролизин, информация по ссылке http://en.wikipedia.org/wiki/Proteinogenic_amino_acid), если каждая аминокислота может быть использована только один раз. Отсюда формула для расчета:

$$N = 22 \cdot 21 \cdot 20 \cdot 19 \cdot 18 \cdot 17 \cdot 16 \cdot 15 \cdot 14 = 180503769600$$

Также хотелось бы обратить внимание на тот факт, что нАнОпептид и нОнАпептид совершенно разные понятия.

Фильтр Васи́ка (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

1) На первой стадии протекает кислотный гидролиз связей Si-O-Me, с выделением метанола и образованием сшитой сетки полимера. Кислота необходима для ускорения гидролиза и предотвращения оплывания структуры шланга при нагревании. На второй стадии идёт полное выгорание органической составляющей силиконового полимера и образование структуры из кремнезёма. Попутно испаряется и полностью удаляется кислота. Возможно её восстановление до оксида серы. Полученные керамические трубки фиксируются в патроне эпоксидной смолой.

2) Кислота необходима для ускорения гидролиза и предотвращения оплывания структуры шланга при нагревании, так как её присутствие заметно снижает температуру гидролиза. При её отсутствии шланг может размякнуть и просесть под собственным весом раньше, чем приобретёт достаточную прочность.

3) Пусть у нас 1 см^3 шланга. Тогда его масса равна 1 г. Молярная масса звена $(-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_2-)$ = 74 (г/моль). Молярная масса кремнезёма = 60 (г/моль). Значит, при выгорании 1 г шланга образуется 0,81 г кремнезёма. Плотность α -кварца равна $2,655 \text{ г/см}^3$. Объём, занимаемый кварцем – $0,3054 \text{ см}^3$.

Пористость, таким образом, составляет $1 - 0,3054 = 0,6946$ или 69,46%

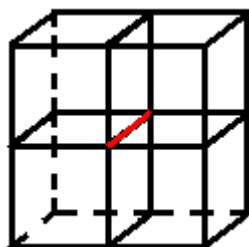
4) Так как расположение волокон равномерное, то мы можем представить фильтр как систему кубиков, рёбра которых сложены волокнами диаметром 200 нм. Размер частицы, таким образом, равен размеру внутренней полости куба. Рассчитаем параметры куба. Площадь сечения волокна равна $S = \pi r^2 = 31416 \text{ нм}^2$.

Объём кварца = $0,3053 \cdot 10^{21} \text{ нм}^3$. Следовательно, длина волокна равна $9,72 \cdot 10^{15} \text{ нм}$.

Каждый кубик состоит из 12 рёбер



Причём каждое ребро принадлежит 4 кубикам (ячейкам)

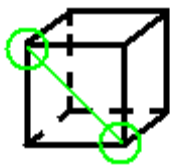


Одному кубу, таким образом, принадлежит $12/4 = 3$ ребра

Суммарная длина рёбер в кубе равна $3 \cdot a \cdot x$, где x – число кубиков, а a – длина ребра куба.

Общий объём равен $x \cdot a^3$ (10^{21} нм^3). Решая эту систему, получаем $a = 555,5 \text{ нм}$.

Диагональ грани куба равна 785,67 нм. (наибольший размер поры)

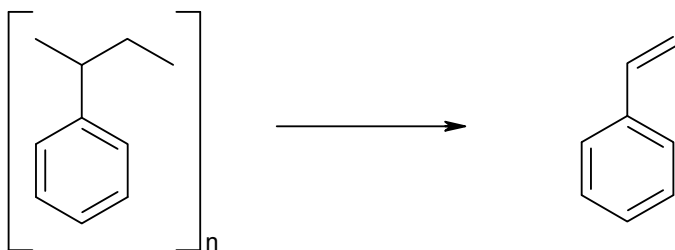


Из этой величины надо отнять 200 нм (два радиуса волокна), Следовательно, размер поры 585,6 нм. Частицы размерами менее 585 нм проходят, более 585 нм – задерживаются. На самом деле, распределение пор более хаотично и они значительно плотнее. Кроме того, необходимо учитывать возможность модификации поверхности и её забивания фильтруемым материалом.

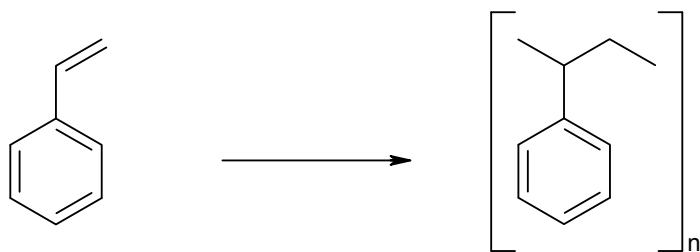
Голь на выдумку хитра (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

1. Лёня получил наночастицы полистирола, суспендированные в воде и стабилизированные привитыми сульфатными группами.

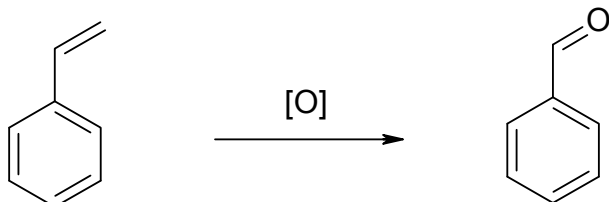
2. Он провёл деполимеризацию полистирола...



...и его суспензионную полимеризацию.



Наблюдал реакцию окисления стирола до бензальдегида (запах яблочных косточек).



3. Друзья увидели характерную картину, образовавшуюся за счёт дифракции света на частицах полистирола. По расстоянию до максимумов дифракции и зная длину волны лазера можно оценить размер частиц.

4. Необходим был персульфат аммония или лучше натрия. Хлорные отбеливатели не подходят категорически. Возможно, подходят отбеливатели на основе перкарбонатов или перборатов.

5. При пропускании пара по резиновому шлангу из него вымывается пластификатор и на выходе получается сильно пахнущий дистиллят. ПВХ шланги более пригодны, так как из них ничего не вымывается.

6. Лёня изготовил:

1 - Дистиллятор для воды, состоящий из нагревателя (чайник), холодильника (ведро с водой) и приёмника (пластиковая бутылка).

2 - Установку пиролиза полистирола, состоящую из нагревателя (чайник + паяльная лампа), холодильника (труба, обмотанная мокрой тряпкой), приёмника. Стирол кипит при 145°C, поэтому для его улавливания достаточно даже воздушного холодильника. Мокрая тряпка с гарантией держит температуру ниже 100°C. Стыки установки заделаны свинцом, так как газы при пиролизе: во-первых, горючие, во-вторых, довольно ядовитые. Алебастр в общем-то бесполезен, так как температура пиролиза полистирола должна быть порядка 250 градусов, а дегидратация гипса проходит при 150.

3 - Установку перегонки стирола, состоящую из нагревателя (чайник + плитка), холодильника (труба, обмотанная мокрой тряпкой), приёмника. В данном случае уже необходим термометр, хотя при большом опыте практической работы можно обойтись и без него.

4 - Механическую мешалку из дрели и куска жёсткой проволоки.

5 - Реактор для синтеза с нагревательной водяной рубашкой из банки с водой и кастрюли.

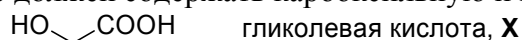
Биодеградирующий полимер (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

Формулу соединения **Y**, исходя из данных условия, можно записать как $C_nH_nO_n$, где n – натуральное число. Принимая во внимание уравнение реакции (1), определим суммарную формулу 2-х молекул соединения **X**: $C_nH_nO_n + H_2O = C_nH_{n+2}O_{n+1}$. Найдем n из уравнения для расчета массовой доли кислорода:

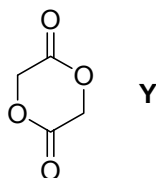
$$\frac{8 \cdot (n + 2)}{6,005 \cdot n + 1,008 \cdot (0,5 \cdot n + 2) + 8 \cdot (n + 2)} = 0,6312$$

Решая, получаем, что $n=4$.

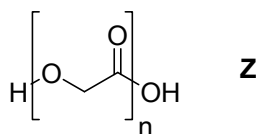
Отсюда формула соединения **X** – $C_4H_6O_4$. Из определения термина поликонденсация как процесса синтеза полимеров из полифункциональных (чаще всего бифункциональных) соединений, сопровождающегося выделением низкомолекулярных побочных продуктов (в нашем случае – воды), принимая во внимание степень ненасыщенности соединения **X**, легко видеть, что мономер должен содержать карбоксильную и гидроксильную группы:



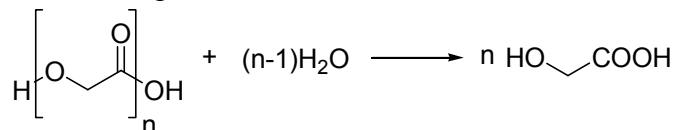
Y однозначно является циклическим диэфиром гликолевой кислоты (так называемый гликолид):



Полимеризация с раскрытием цикла гликолида приводит к образованию полигликолида (далее – PGA):



1. Биодegradация PGA представляет собой процесс гидролиза сложноэфирных связей и приводит в конечном итоге к образованию гликолевой кислоты:



2. Гидролиз сложноэфирных связей PGA в условиях *in vitro* протекает за счет диффузии воды в аморфные регионы полимерной матрицы с последующей спонтанной реакцией гидролиза. При моделировании того же процесса на уровне живых объектов значимую роль приобретает ферментативный путь разрушения сложноэфирных связей путем привлечения ферментов эстераз.

3. Гликолевая кислота образуется при гидролизе PGA постоянно в небольшом количестве, поэтому легко утилизируется в рамках цикла трикарбонных кислот до углекислого газа и воды, соответственно, не неся никакой токсикологической опасности. В свою очередь, одномоментный прием значительного количества гликолевой кислоты приводит к ее окислению до токсичной щавелевой кислоты (оксалат-иона), которая опосредует все негативные эффекты на здоровье человека.

4. PGA формирует временную подложку, задающую правильную архитектуру роста клеток, включая корректное формирование межклеточных связей, соединительно-тканного матрикса и т.д. В случае, если матрица будет быстро гидролизована, правильные межклеточные взаимодействия еще не будут установлены, что поставит под угрозу структурную адаптацию клеточных структур.

5. В качестве примера можно привести полилактид, мономером которого выступает молочная кислота, или сополимер молочной и гликолевой кислот.

Всё дело в трубке (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

1. NaCl

2. MoS₂, MoSe₂, WS₂, WSe₂, VO_x, GaOOH, B₃2, B_xN_x, GeH.

Главная структурная особенность всех этих материалов – анизотропия кристаллографической ячейки, слоистая структура. При этом в пределах слоя связи ковалентные, а между слоями – слабые, например, водородные.

3. Как минимум одной из солей должен быть сульфат натрия, образующийся при нейтрализации избытка гидроксида натрия. Действительно, находим для кристаллизующегося из водного раствора десятиводного сульфата натрия Na₂SO₄*10H₂O содержание серы 9,9% - соль Г.

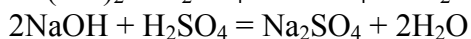
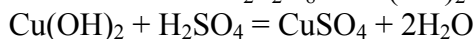
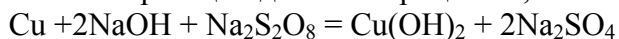
Можно догадаться, что голубой сульфат – это медный купорос (CuSO₄*5H₂O), а можно, обозначив формулу сульфата Д как Me_x(SO₄)_y*z(H₂O) и перебирая правдоподобные x, y и z,

найти молярную массу меди по формуле: $M = \left(\frac{100 \cdot 32y}{\omega(\text{S})} - 96y - 18z \right) / x$ при x = 1, y = 1,

z = 5.

В итоге имеем, что металл А – это медь. Она реагирует с некоторой солью, причем продуктами данной реакции являются сульфат натрия и какое-то производное меди, которое под действием серной кислоты превращается в сульфат меди. Очевидно, что соль Б – это производное сульфата натрия, обладающее окислительными свойствами – персульфат натрия Na₂S₂O₈. В водном щелочном растворе медь будет окисляться с образованием гидроксида – В условно Cu(OH)₂ (оксид меди не является синим).

Запишем реакции для всех процессов, описанных в условии.



4. В качестве ответа рассматриваются любые разумные предположения. Например, получение супергидрофобной поверхности (Рис. 1а), получение структурированного оксидного катализатора (после прокаливания), или обладающей каталитической активностью меди (после восстановления).

Преимущество свертков перед нанотрубками – большая доступная, например, для адсорбции, удельная площадь поверхности, что играет значительную роль в том же катализе.

5. Методы получения:

Получение нанотрубок для веществ, имеющих большую склонность к их образованию:

- выращивание углеродных нанотрубок методом химического осаждения из пара;
- синтез оксидных нанотрубок и наносвертков VO_x золь-гель методом;
- самопроизвольное образование нанотрубок при обработке в токе $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2$ плёнок молибдена или вольфрама, нанесенных на кварцевую подложку.

Получение нанотрубок для веществ, имеющих меньшую склонность к их образованию:

Темплатный метод синтеза. Часто применяют для получения многослойных композитных нанотрубок – нанотрубок, содержащих слои разного состава. В качестве основы (матрицы) используют стабильные нанотрубки (обычно, углеродные), которые затем покрываются слоями различных металлов. Также можно использовать наностержни (вискеры) с последующим удалением (травлением) основы.

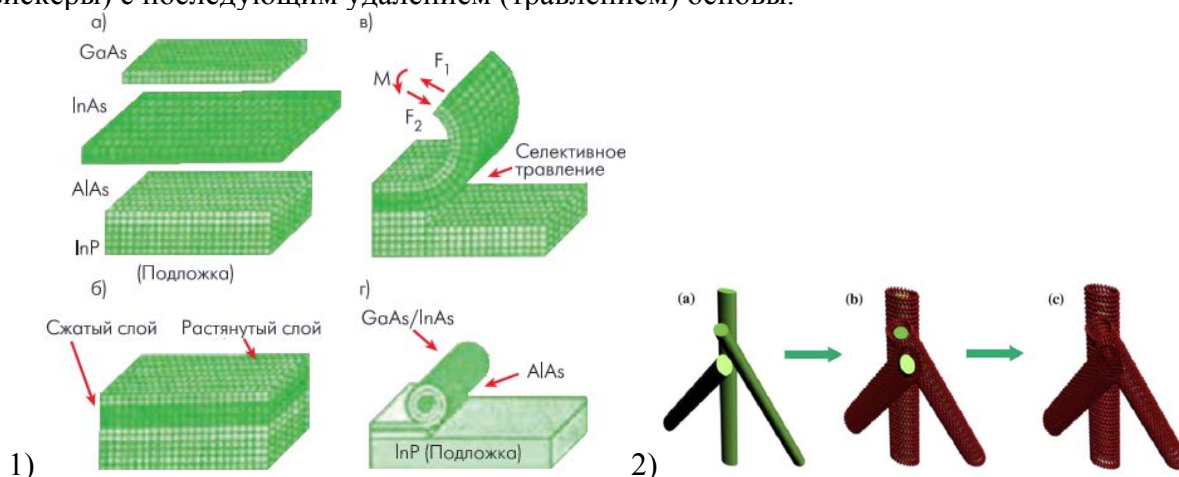


Рис. 2. 1) Метод самосворачивания. 2) Термоокисление основы: (а) вискер CuSe, (б) образование на поверхности оболочки CuO, (с) формирование полой структуры.

Самосворачивание напряженной гетероструктуры (например, SiGe/Si, InAs/GaAs, InGaAs/GaAs) (Рис. 2.1). Метод основан на формировании напряженной двухслойной пленки, решетка которой стабилизируется решеткой подложки. После селективного травления промежуточного между подложкой и гетеропленкой слоя («жертвенного» слоя) происходит неодинаковая деформация двухслойной пленки, и как следствие скручивание ее в сверток.

Термоокисление, основанное на реакции твёрдое-газ. Окисление вискеров CuSe на воздухе приводит к формированию пористых трубок CuO (рис. 2.2). Процесс основан на эффекте Киркендалла: через образующийся на поверхности исходного вискера оболочку CuO диффузия CuSe происходит быстрее, чем диффузия кислорода воздуха вовнутрь. Это приводит к переносу CuSe из глубины вискера на поверхность с последующим окислением. В конце реакции, таким образом, получается полая структура.

Разрежем и сошьём (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

1. Первая стадия «пробивает брешь» в симметричной молекуле фуллерена C_{60} , цепляя «застежку», которую можно при надобности «отцепить» обратно. Затем брешь в несколько стадий расширяется последовательным направленным окислительным раскрытием циклов, находящихся рядом с «дефектом», проходящим с перегруппировками углеродного скелета. Окислительное «расстегивание» циклов в соединении **2** с образованием **3** и **4** можно повернуть вспять использованием восстановителя. Такой подход используют для введения во внутреннюю полость соединения **4** (**5**) молекул (атомов) гостя, с образованием эндоэдральных комплексов. Последующие превращения данных комплексов по Схеме 1 приводят к эндоэдральным комплексам фуллерена $M@C_{60}$.

2. Поскольку молекула воды примерно в 5 - 6 раз меньше, чем молекула толуола, то только вода проникает в эндоэдральную полость.

Вещества **4** и **5** существуют в водном растворе в обратимом равновесии, в тоже время, у **4** размер отверстия больше, поэтому вода проникает во внутреннюю полость именно соединения **4**.

3. Два изомера. У атома водорода спин может принимать 2 возможных значения $+1/2$ и $-1/2$, поэтому в молекулах, содержащих 2 атома водорода, возможны 2 комбинации спинов – сонаправленные и противоположные. Такие изомеры называются *спиновыми*.

Фуллереновая оболочка экранирует эндоэдральную молекулу воды, тем самым значительно увеличивая расстояние (по сравнению с «незащищенными» молекулами воды), на которое к ней могут подойти внешние молекулы, способные вызвать конверсию спина (например, парамагнитные молекулы кислорода), что стабилизирует спиновые изомеры.

4. Сигнал воды в **Б** сильно экранирован по сравнению с водой в растворителе. Это объясняется наличием сильных диамагнитных кольцевых токов, циркулирующих внутри частично делокализованных π -электронных систем. Протоны воды ведут себя как внутренние протоны канонического [18]-аннулена.

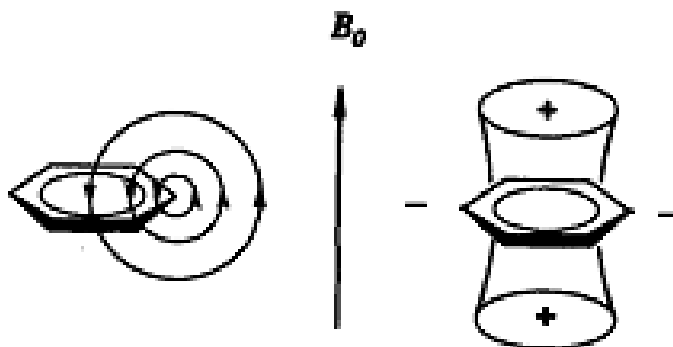


Рис. 1. Кольцевые токи в бензольном кольце и зоны увеличенного (+) и уменьшенного (-) экранирования.

5. Очевидно, что не все атомы углерода эквивалентны по отношению к зафиксированной молекуле воды. Однако наличие всего одного синглета в спектре показывает, что молекула воды вращается внутри C_{60} , и именно это не позволяет различить отдельные состояния методом ЯМР. Чтобы это подтвердить, можно попробовать снять спектр при низких температурах, когда вращение воды будет заторможено.

6. Триплет (Рисунок 2 условия) могут давать либо 2 соседних протона (3 спиновых комбинации: +1, 0, -1), либо один дейтрон (+1, 0, -1). Отсутствие дополнительных сигналов в ^{13}C ЯМР, а также близость сигнала второго продукта к сигналу $\text{H}_2\text{O}@C_{60}$, позволяет сделать вывод, что это $\text{HDO}@C_{60}$.

Тогда жидкость **X** – D_2O (или смесь обычной воды с тяжелой - $\text{H}_2\text{O}-\text{HDO}-\text{D}_2\text{O}$), **B2** - $\text{HDO}@C_{60}$ (среди продуктов также есть $\text{D}_2\text{O}@C_{60}$ сигнал которого отсутствует в ^1H ЯМР).

Удивительное Супернано (2013, заочный тур, Химия, 10 – 11 класс)

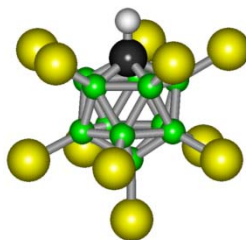
1. 1) Обозначим **X**: $\text{C}_m\text{H}_n\text{Cl}_o\text{Y}_p$

$$m : n : o : p = \frac{\omega(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{\omega(\text{H})}{M(\text{H})} : \frac{\omega(\text{Cl})}{M(\text{Cl})} : \frac{1 - \omega(\text{C}) - \omega(\text{H}) - \omega(\text{Cl})}{M(\text{Y})} = \frac{0,0230}{12,01} : \frac{0,0039}{1,01} : \frac{0,7458}{35,45} : \frac{0,2274}{M(\text{Y})}$$

$$m : n : o : p \approx 1 : 2 : 11 : \frac{118,74}{M(\text{Y})}, M(\text{Y}) = 118,74/p, \text{ при } p = 11 \text{ находим элемент второго периода}$$

В. Таким образом, **X** – $\text{CH}_2\text{B}_{11}\text{Cl}_{11}$

2) Наличие оси пятого порядка показывает, что часть атомов должна быть эквивалентна и находится в вершинах пятиугольников, другая же часть должна лежать на оси:



Структура аниона $\text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$

3) По условию, при протекании всех реакций соотношение хлора и бора остается неизменным, то есть, все описанные реакции протекают с участием аниона $\text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$.

4) Первая реакция – протонирование фуллерена, **A** - $[\text{C}_{60}\text{H}]^+ \text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$.

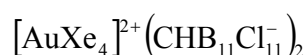
5) Вторая реакция – отщепление гидрид иона и перегруппировка карбокатиона в более стабильный трет-бутильный карбокатион, **B** - $[\text{t}-\text{C}_4\text{H}_9]^+ \text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$.

6) Третья реакция – протонирование бензола с образованием сигма комплекса, **C** - $[\text{C}_6\text{H}_7]^+ \text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$

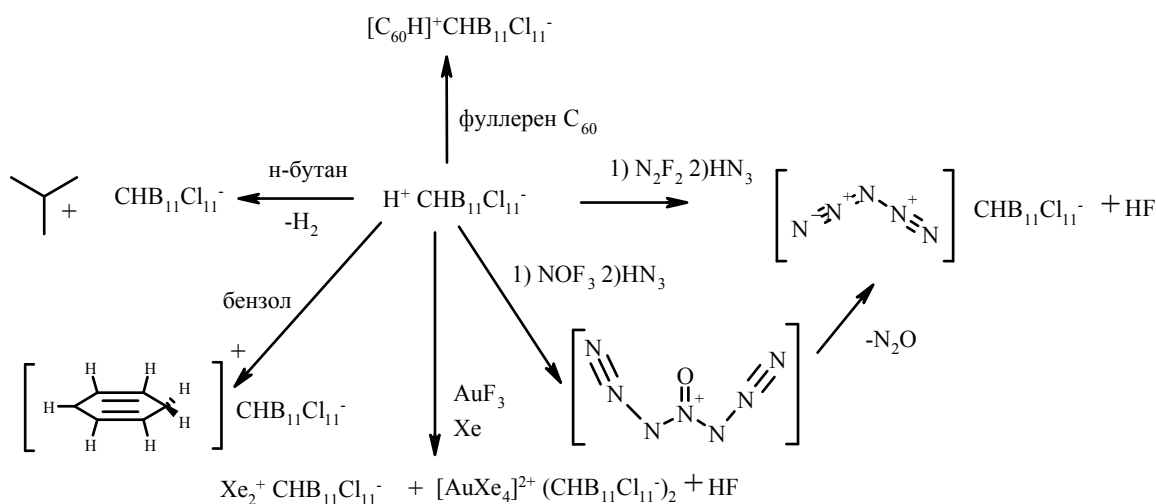
7) Четвертая реакция – образование трёх продуктов, только два из которых содержат в своем составе анион $\text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$ – **D** и **E**.

Расшифруем **D**: $\text{Xe}_m[\text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-]_n$ $m : n = \frac{0,3347}{131,29} : \frac{0,6653}{521,88} \approx 2 : 1$, то есть $\text{Xe}_2^+ \text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$ (заряд на ксеноне, поскольку суммарно соединение должно быть электронейтрально).

Расшифруем **E**: $\text{Xe}_m\text{Au}_n[\text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-]_o$ $m : n : o = \frac{0,2974}{131,29} : \frac{0,1115}{196,97} : \frac{0,5911}{521,88} \approx 4 : 1 : 2$, то есть



8) Расшифруем **G**: $\text{N}_m[\text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-]_n$ $m : n = \frac{0,1183}{14,01} : \frac{0,8817}{521,88} \approx 5 : 1$, то есть $\text{N}_5^+ \text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$.



2. Соединение **D** содержит связь Xe-Xe в катионе Xe_2^+ , порядок связи 0,5. В катионе $[AuXe_4]^{2+}$ ксенон играет роль лиганда.



3. **X** является суперкислотой, кластером, карбораном.

Его удивительные свойства обусловлены свойствами крайне стабильного аниона, входящего в его состав. Главные особенности аниона:

- Делокализация заряда между 12 атомами внутри кластера.
- Электроноакцепторные свойства заместителей (Cl).
- «Стерическое» затруднение подходов к кластеру.
- Крайне слабый нуклеофил.
- Маленькая плотность заряда и большой размер – мягкая кислота (ЖМКО).

Чтобы получить более сильную суперкислоту, в анионе $CHB_{11}Cl_{11}^-$ можно заменить хлор на сильные электроакцепторные группы, например, на трифторметильную.

4. Протон быстро перемещается по всей молекуле фуллерена.

Фотоэлектронная спектроскопия (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)

В основе метода РФЭС лежит явление фотоэффекта. Уравнение фотоэффекта в этом случае выглядит следующим образом: $E_{фотона1} = E_{связи} + E_{выхода} + E_{кинетич1}$. Поскольку по условию, пик наблюдается один и тот же, а работа выхода неизменна для того же образца, то избыток энергии фотона идет на сообщение большей кинетической энергии.

$$E_{фотона2} - E_{фотона1} = E_{кинетич2} - E_{кинетич1}$$

1) Учитывая, связь длины волны и энергии фотона: $E_{фотона} = h \cdot c / \lambda$, и для электрона: $E_{кинетич} = p^2 / 2m_e$, имеем

$$p = \sqrt{p_0^2 + 2 m_e \cdot h c \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{\phi 2}} - \frac{1}{\lambda_{\phi 1}} \right)} \approx 1.7 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Связь энергии фотона и его импульса: $E_{фотона} = p_{\phi} \cdot c$, тогда $p_{\phi i} / p_i = h / (\lambda_i \cdot p_i)$

для $i=1$

$$\frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{0.95 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot 1.5 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}} \approx 0.047$$

для $i=2$

$$\frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{0.8 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot 1.7 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}} \approx 0.049$$

3) Импульс налетающих фотонов почти на 2 порядка меньше (!!!) вылетающих электронов. Система фотон + электрон не изолирована. Следует пользоваться другим фундаментальным законом: сохранения энергии, т. е. уравнением фотоэффекта.

Дифракция электронов (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)

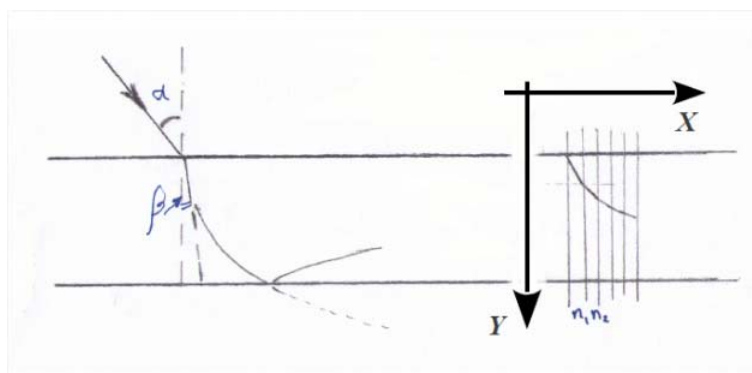
Условие наблюдения дифракционных максимумов в проходящем свете $d \cdot \sin(\alpha) = m\lambda$.

Длина волны Де-Бройля $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2 m_e E}} \approx 1.3 \text{ \AA}$.

где $E = eU$.

Постоянная решетки $d = \frac{m \lambda h}{\sin(\alpha) \sqrt{2 m_e eU}} \approx 4.9 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 4.9 \text{ \AA}$

Оптическое волокно (2013, заочный тур, Физика, 10 – 11 класс)



При первом падении выполняется закон преломления $\sin(\alpha)/\sin(\beta) = n_0$. Далее, ввиду неоднородности среды луч будет отклоняться от прямолинейного распространения так, как показано на рисунке. Если мысленно разбить волокно на множество тонких слоев, внутри которых показатель преломления можно считать постоянным, и воспользоваться законом преломления, то получим:

$$\frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)}{\sin(\gamma_1)} = \frac{n_1}{n_0} \Rightarrow \cos(\beta) n_0 = \sin(\gamma(x)) n(x)$$

Касательная к траектории луча — это тангенс угла наклона к оси OX . Этот угол — есть угол преломления луча в точке с координатами (X, Y) . Таким образом:

$$\frac{dy}{dx} = \text{tg}(\gamma(x))$$

Выполнив, ряд преобразований приходим к дифференциальному уравнению:

$$dy = \frac{dx}{\sqrt{\frac{(n_0 + kx)^2}{n_0^2 \cos^2(\beta)} - 1}}$$

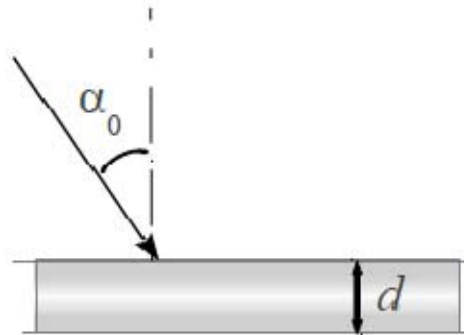
принимая во внимание начальные условия (при $x=0, y=0$), интегрируем почленно. Интеграл сводится к табличному. Дальнейшие выкладки позволяют найти расстояние, которое пройдет луч вдоль оси OX до противоположной грани ($X_l \approx 0,97 \text{ см}$). Это даёт возможность определить показатель преломления в этой точке $n(X_l) = 1,79$ и угол полного внутреннего отражения на этом расстоянии $\beta_{\text{ПВО}} = \arcsin(0,56) \approx 34^\circ$.

Рассчитав производную $\frac{dy}{dx} = \frac{1}{\sqrt{\frac{(n_0 + kx)^2}{n_0^2 \cos^2(\beta)} - 1}}$

в точке с координатой X_l , получаем угол падения луча к нижней грани $\approx 52^\circ$, что превышает угол полного внутреннего отражения. Таким образом, *луч не выйдет* из волокна.

Ввиду сложности строгого аналитического решения, допускалось приближенное, не учитывающее искривление траектории (приводится ниже). Участники предпринявшие попытку строгого аналитического решения получали максимальную оценку.

Приближенное решение:



Пренебрежем искривлением траектории луча внутри волокна, предполагая, что он распространяется прямолинейно. При первом падении выполняется закон преломления $\sin(\alpha)/\sin(\beta)=n_0$. Далее, луч внутри распространяется прямолинейно, падает и отражается под углом β , а вышедший луч преломляется под все большим углом, пока не будет выполнено условие полного внутреннего отражения $1/\sin(\beta)=n(l_{\max})$.

Отсюда длина отрезка, от точки падения, до точки последнего выхода луча l_{\max} , определяется следующим образом:

$$l_{\max} = \frac{n - n_0}{k} = \frac{n_0 - n_0 \cdot \sin(\alpha)}{k \cdot \sin(\alpha)}$$

Учитывая, что расстояние на поверхности от одного попадания луча до другого на противоположной стороне $\Delta l = d \cdot \operatorname{tg}(\beta)$, получаем число раз, которое луч выйдет из волокна

$$N = \frac{n_0(1 - \sin(\alpha))}{k \sin(\alpha)} \cdot \frac{1}{d \operatorname{tg}(\beta)} \approx 1,7$$

противоположной стороне.

Задача о ЦП (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

1. При уменьшения размеров формируемых в технологическом процессе элементов процессора неизбежно начинают сказываться такие факторы, как: а) *наличие нежелательных примесей в исходной подложке* (абсолютно «чистых» веществ нет) – даже один «чужеродный» атом будет способен изменить параметры всего элемента; б) *более заметную роль будут играть флуктуации*: когда количество атомов, из которых сформирован каждый элемент, исчисляется сотнями и, тем более, десятками, малейшие (неизбежные) отклонения в их числе тем сильнее скажутся на свойствах объекта, чем он меньше, что будет затруднять формирование однородного по свойствам массива идентичных элементов.

2. Тактовая частота – это частота электрических импульсов, которые синхронизируют выполнение всех операций процессора. В первом приближении тактовая частота задает количество выполняемых процессором операций в единицу времени. Обратная к частоте величина – период, т.е. время между двумя последовательными синхроимпульсами. Этот период должен быть заведомо больше, чем время, необходимое для передачи текущего синхроимпульса ко всем частям процессора, иначе начало следующей операции в одной части процессора будет опережать окончание предыдущей операции где-то на его «периферии», что приведет к сбою синхронизации. Таким образом, наличие верхнего предела тактовой частоты определяется конечной скоростью распространения электрических синхроимпульсов, которую для оценки можно положить равной скорости света в вакууме.

В таком случае, чтобы оценить верхний предел тактовой частоты одноядерного (простейшего) процессора, необходимо посчитать время t , которое затрачивает свет в вакууме на преодоление пути, равного линейному размеру кристалла процессора L . Обратная к t величина и будет составлять верхний предел тактовой частоты ν_{max} . Примем для оценки $L = 1$ см (вполне разумное значение, соответствующее реальному), тогда $\nu_{max} \approx \frac{c}{L} \approx \frac{3 \cdot 10^{10} \text{ см/с}}{1 \text{ см}} \text{ с}^{-1} = 30 \text{ ГГц}$.

Эффект просветления оптики (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

Для простоты будем рассматривать нормальное падение света на объектив с просветляющим слоем. Просветление происходит вследствие интерференции лучей, отраженных от верхней и нижней границ тонкой пленки. При этом минимум отражения соответствует наличию минимума в интерференции отраженных лучей и достигается при оптической разности хода лучей кратной нечетному числу длин полуволн. Поскольку оптическая разность хода при нормальном падении равна удвоенной толщине пленки умноженной на ее показатель преломления, то первый минимум интерференции соответствует оптической толщине пленки в четверть длины волны. Действительно: $\Delta = 2dn = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Подставляя $m = 0$, получаем $dn = \frac{\lambda}{4}$. Таким образом, первая ошибка Иванова состоит в определении толщины наносимого просветляющего слоя d : 540 нм необходимо поделить не просто на 4, а на произведение $4n$, что в случае с фторидом магния или бария дало бы значение $d \approx 98$ нм. Однако, приведенная выше формула «не работает» в случае с глицерином и в этом состоит вторая, и главная, ошибка Иванова.

Вышеуказанные рассуждения верны для случая, когда показатель преломления просветляющего слоя меньше, чем показатель преломления материала объектива (и больше, чем для воздуха: $1 < n_f < n_o$). В таком случае в расчетах нет необходимости учитывать дополнительный набег фазы в π , возникающий при отражении от оптически более плотной среды, т.к. он встречается дважды (для луча, отраженного как от верхней, так и от нижней границ тонкой пленки) и, в конечном счете, компенсируется. В случае же с глицерином это условие не выполняется ($1 < n_f > n_o$), таким образом, в формуле для условия минимума появляется дополнительный член равный $\frac{\lambda}{2}$ (соответствующий набегу фаз в π при отражении лучей от верхней границы пленка/воздух): $\Delta = 2dn - \frac{\lambda}{2} = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, что дает при подстановке $m = 0$ значение оптической толщины $dn = \frac{\lambda}{2}$. Таким образом, для просветления на длине волны 540 нм правильно было бы нанести просветляющий слой глицерина толщиной $d = \frac{\lambda}{2n} = 187.5$ нм.

Наконец, понять свою ошибку без анализа прошедшего через объектив света Иванов мог по цвету нанесенной пленки в отраженном свете. Дело в том, что наличие минимума

отражения, например, в зеленой области спектра, неизбежно приведет к тому, что цвет пленки будет восприниматься как дополнительный к зеленому, т.е. фиолетовый (дополнительные цвета – такие, при оптическом смешении которых образуется белый цвет). В свою очередь Иванов использовал пленку с толщиной 135 нм, что соответствует длине волны просветления: $\lambda = 2dn \approx 389$ нм, что является светом фиолетовой области спектра. То есть ситуация получилась полностью обратной: фиолетовый свет будет отражаться меньше, следовательно, пленка будет иметь зеленоватый окрас в отраженном свете, что и может говорить Иванову о его ошибке.

Таким образом, для правильного ответа на первый вопрос необходимо иметь представление о дополнительных цветах.

Цветные растворы серебра (2013, заочный тур, Физика, 7 – 9 класс)

1. За счет эффекта поверхностного плазмонного резонанса коллоидные растворы серебра окрашены и цвет раствора напрямую связан с размером наночастицы. В связи с отсутствием полного внутреннего отражения часть видимой области оптического спектра поглощалась раствором, который приобретал окраску «дополнительную» к поглощенному цвету.

Коллоидный раствор серебра Апполиария (раствор А) имеет максимум поглощения в сине-голубой области (400 нм). «Дополнительной окраской в данном случае является желто-оранжевый. Коллоидный раствор Онуфрия (раствор О) наиболее интенсивно поглощает в области 620 нм (красно-оранжевый диапазон), что придает раствору сине-зеленую окраску («цвет морской волны»).

2. При ответе на данный вопрос требовалось сформулировать критерии оценки качества коллоидных растворов серебра. К основным критериям оценки можно отнести следующие:

1) Монодисперсность частиц (разброс по размеру относительно среднего значения) является важнейшим критерием оценки качества коллоидного раствора. Методики получения коллоидного серебра с узким распределением частиц по размеру является сложнейшей синтетической задачей, требующей невероятных аккуратности и усердия. В настоящее время также активно развиваются методики фракционирования наночастиц с целью выделения фракций с наиболее узким распределением по размеру.

В коллоидном растворе А распределение частиц по размеру уже, что говорит о его более высоком качестве.

2) Размер металлических наночастиц обуславливает их функциональные свойства. Исходя этого критерия, можно сделать вывод, что раствор А лучше, так как размер наночастиц в этом случае меньше, чем в случае раствора О.

3) Различная интенсивность окраски растворов, вероятно, обусловлена различием концентраций наночастиц. В растворе Апполиария концентрация наночастиц больше, чем в растворе Онуфрия. С этой точки зрения коллоидный раствор А мог быть оценен как «лучший».

3. Чтобы изобразить спектры поглощения растворов, необходимо найти коэффициенты I_0 и b для двух уравнений вида $I = I_0 \cdot e^{-b \cdot (\lambda - \lambda_{\max})^2}$. В случае коллоидного раствора А спектр поглощения имеет вид $u(x)$, для коллоидного раствора О – вид $g(x)$, где x – длина волны. С целью самопроверки предлагается сопоставить соотношения значений поглощения растворов А и О при некоторых длинах волн с табличными значениями, приведенными в условии задачи.

Чтобы найти вид спектра поглощения коллоидного раствора, полученного смешением равных объемов А и О, необходимо суммировать спектры и учесть, что при смешении растворов концентрации каждого вида наночастиц уменьшается вдвое. На рисунке ниже спектр двухкомпонентного раствора показан зеленым цветом, как функция $k(x)$.

4. Опираясь на табличные значения в условии задачи, предлагается разбавить коллоидный раствор А примерно в 5 раз. В качестве альтернативного метода может быть рассмотрен вариант изменения размера наночастиц одного из коллоидных растворов путем химического или физического воздействия на систему с целью получения растворов одинаковой окраски.

5. Этот вопрос подразумевал описание принципа действия спектрофотометра. Большинство участников с заданием справились успешно.

6. При увеличении размера наночастиц серебра происходит смещение полосы резонансного поглощения в длинноволновую область спектра. Этот эффект называют «красным сдвигом». Размер наночастиц в коллоидном растворе А меньше, чем частиц в коллоидном растворе О.

$$y(x) := 0.35 \cdot e^{-1.5 \cdot 10^{-4} \cdot (x-400)^2}$$

$$g(x) := 0.2 \cdot e^{-7.75 \cdot 10^{-5} \cdot (x-620)^2}$$

$$k(x) := \frac{y(x) + g(x)}{2}$$

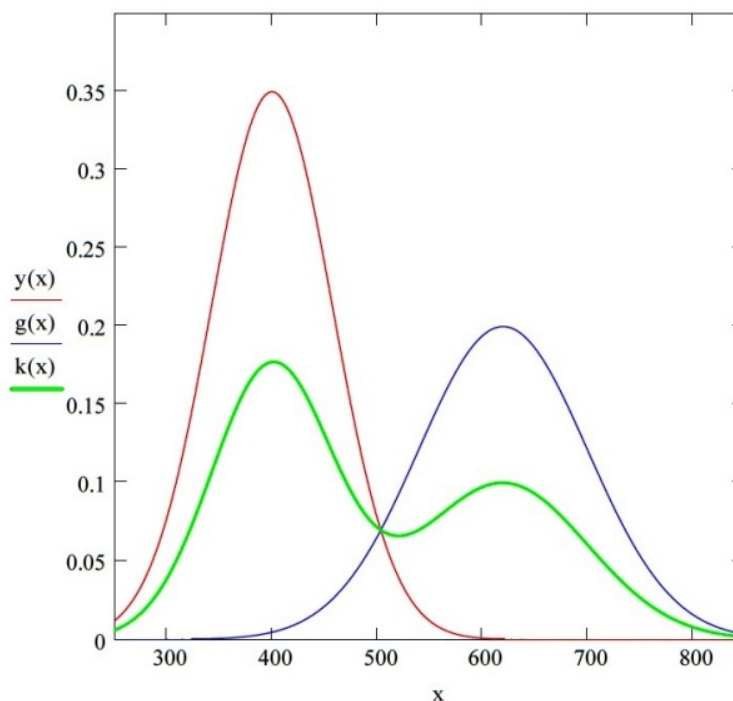


Рис.1. Спектры поглощения растворов коллоидного серебра:
 $y(x)$ – раствор А, $g(x)$ – раствор О. $k(x)$ – спектр поглощения общего раствора

Клатраты – застывшая нанопена (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

1. Аэрогель.
2. Решением задачи Кельвина на плоскости является шестиугольная решетка, напоминающая пчелиные соты или строение листа графена.
3. Не является, так как не выполняется главное условие – равный объем ячеек. Каркас клатрата построен из одинаковых атомов (молекул), что обуславливает равенство ребер структурных многогранников. При этом объем тетраэдра будет больше, чем объем додекаэдра. В структуре Уэйра-Фелана длины ребер и грани изменены таким образом, чтобы многогранники имели равный объем, поэтому 12-тигранник и 14-тигранник искажены по сравнению с клатратами.
4. Молекулы воды в клатрате связаны водородными связями.

Как можно видеть, ребра каркаса сходятся в узлах по 4, то есть, узлы расположены в центре тетраэдра. Таким образом, в узлах каркаса газового гидрата находятся атомы кислорода в sp^3 гибридизации, их валентность равна четырем.

- Поскольку узлы клатратного каркаса подразумевают тетраэдрическое окружение, наиболее подходящими для размещения там будут элементы, «предпочитающие» sp^3 гибридизацию и валентность 4, то есть, элементы 4 группы. Например, кремний или его оксид, олово, германий.
- Газовые гидраты – в качестве источника и для хранения природного газа, термоэлектрики (охлаждение при пропускании через них электрического тока). Смотрите также <http://www.nanometer.ru/2007/05/15/klatrati.html>

Космические Бакиболы (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

1. Наблюдают, конечно же, не сами фуллерены, а исследуют их ИК-спектры, записанные на орбитальном телескопе, поскольку, во-первых, атмосфера Земли сильно поглощает инфракрасное излучение, а во-вторых, на изучаемый спектр происходит наложение спектров атмосферных газов (в этом диапазоне поглощают и вода, и углекислый газ, и кислород).

2. При образовании как фуллеренов, так и наноалмазов могут захватываться атомы инертных газов из окружающей их газовой фазы. Содержание и изотопный состав таких «гостей» может много рассказать о месте формирования космического наноуглерода, о ядерных и химических реакциях звезд и межзвездной среды.

3. Объем, отвечающий внутренним полостям 1 г фуллерена C_{60} равен

$$V_{in} = \frac{m}{M_{C_{60}}} \cdot N_a \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{6} = \frac{1 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 3,14 \cdot 0,7^3 \cdot 10^{-27}}{720 \cdot 6} = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

Тогда концентрация гелия во внутренних полостях фуллеренов (при н.у.)

$$c = \frac{V_{He}}{V_m} \cdot \frac{1}{V_{in}} = \frac{2,09 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-7}} = 0,062 \text{ моль/м}^3$$

4. Чтобы сравнить с полученной ранее величиной, вычислим концентрацию гелия в атмосфере Земли. В 1 м^3 воздуха содержится $5,27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ гелия, тогда

$$c = \frac{5,27 \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 1} = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ моль/м}^3. \text{ То есть, концентрация гелия в фуллеренах выше в 263}$$

раза. Значит, фуллерены образовались вне Земной атмосферы.

5. Доля ^3He в выделенном из фуллеренов гелии $\frac{115 \cdot 10^{-9}}{209 \cdot 10^{-6}} = 5,5 \cdot 10^{-4}$ (550 ppm), что в

$\frac{550}{138} = 399$ раз больше, чем в Земной атмосфере. Это подтверждает предположение о внеземном формировании фуллеренов.

6. По закону Менделеева-Клайперона

$$p = \frac{\nu}{V} RT = cRT = 0,062 \cdot 8,314 \cdot 1273 = 642 = 6,34 \cdot 10^{-3} \text{ атм.}$$

7. Сразу после Большого Взрыва во Вселенной почти все вещество состояло из двух элементов – водорода (92%) и гелия (8%). При протекании термоядерных реакций в звездах водород превращается в гелий, а затем и в более тяжелые элементы.

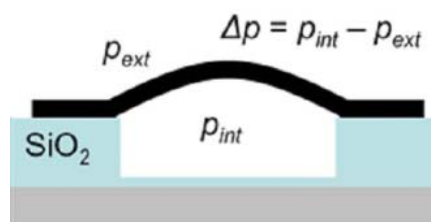
Главное условие образования фуллерена – определенное соотношение элементов, накопленных в ходе термоядерного синтеза: количество углерода должно преобладать как над количеством водорода (чтобы не образовывались углеводороды), так и над количеством кислорода.

В качестве примера можно указать богатые углеродом так называемые «углеродные звезды», относящиеся к типу красных гигантов. Из-за небольшой силы тяжести у поверхности таких звезд и сильного звездного ветра половина (или больше) от общей массы углерода звезды может быть утрачена в виде мощных звёздных ветров. Этот углерод, остывая, становится источником космической пыли, содержащей, в том числе, фуллерены, которая затем может попасть в метеориты, кометы, астероиды.

Рассматриваемые в задаче фуллерены вряд ли могли образоваться в Солнечной системе, поскольку в ней нет ни похожего соотношения изотопов, ни мест с отсутствием водорода и таким давлением гелия и температурой.

Графеновый шар (2013, заочный тур, Физика, 7 – 11 класс)

1. Формулировка заголовков не корректна: создан не шар, а пузырь. По теореме Эйлера, выпуклый многогранник, составленный только из шестиугольников, не существует. Создать сферу из графена без дефектов (например, пятиугольников) невозможно.



2. Небольшой фрагмент графенового листа, полученный методом «отшелушивания» при помощи липкой ленты, помещен на подложку из окисленного кремния строго над углублением в слое оксида. Объем выемки – порядка одного кубического микрометра. Края графенового листа «приклеены» к оксидной подложке за счет сил Ван-дер-Ваальса. При понижении давления над образцом графеновый лист деформируется для выравнивания давления, образуя при этом пузырь. Деформация тем больше, чем больше разница давления в полости и внешнего давления. Давление в полости также можно задавать длительной выдержкой образца при заданном давлении, при этом газ просачивается по краям образца и лист графена снова становится плоским.
3. Непроницаем. Газ из-под листа графена постепенно просачивается наружу (можно вспомнить, как образуются соединения включения графита), этому также способствуют неоднородности поверхности подложки и складки на листе графена (рис.1б). Повторное наполнение – выдержка при повышенном давлении требуемого газа.
4. При облучении ультрафиолетом в атмосфере озона в графеновой мембране образуются дефекты (диаметром порядка 0,335 нм), достаточные большие для молекул водорода и углекислого газа, но слишком маленькие для проникновения остальных газов.
5. Применение:

Фильтр: путем регулирования диаметра отверстия в непроницаемой мембране по размеру фильтруемого.

Сенсор давления: зная давление в полости под графеном, по изменению высоты пузыря можно оценить внешнее давление. И, наоборот – при постоянном внешнем давлении изучать процессы в малом объеме микрополости, протекающие с выделением или поглощением газов.

Маленькие человечки (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

1. Явление, при котором наблюдается видимое свечение живых организмов, называется биолюминесценция. В настоящее время известно о существовании светящихся бактерий, одноклеточных водорослей, грибов, ракообразных, кишечнополостных, насекомых и даже рыб.
2. Биолюминесценция – это хемилюминесцентная реакция, в которой химическая энергия превращается в световую. В ходе реакции субстрат люциферин окисляется под действием фермента люциферазы. В этой хемилюминесцентной реакции расходуется кислород и образуются промежуточные нестабильные комплексы – органические пероксидные соединения. Отщепление CO_2 от диоксетанона – промежуточного продукта окисления люциферина – ведёт к образованию оксилуциферина в возбуждённом электронном состоянии, которое переходит в основное состояние с излучением кванта света.
3. Для возникновения биолюминесценции у грибов необходимо наличие кислорода, поэтому в закрытой комнате, где горит огонь, концентрация кислорода падает – и, соответственно, уменьшается интенсивность биолюминесценции.

Белки и пигменты (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

1. В (у осьминогов – гемоцианин)
2. А. Петров крест (род растений семейства Заразиховые) и Г. Зеленая жаба.
3. Г. Сердечные мышечные клетки
4. Б. Связывание и хранение кислорода для последующего обеспечения кислородом клеток при гипоксии.

Железо и медь (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

1. Так же, как и в развитии человечества, где медь и железо на определенных этапах развития играли ведущую роль, основную роль в качестве кофакторов – белков, служащих для переноса кислорода, играли медьсодержащий белок гемоцианин и железосодержащие белки – гемэритрин, хлорокруорин, гемоглобин. В отличие от истории человечества, где медный век сменил век бронзовый, а затем железный, – даже в настоящее время количество видов беспозвоночных животных у которых в качестве кислородтранспортного белка выступает гемоцианин, достаточно велико, к тому же, по-видимому, как гемоцианин, так и железосодержащие белки возникли в процессе эволюции примерно в одно и то же время.
2. Гемоцианин – дыхательный медьсодержащий пигмент некоторых беспозвоночных, восстановленная форма бесцветна – медь в степени окисления +1, окисленная форма голубого цвета – медь в степени окисления +2, медь непосредственно связана с аминокислотами белка, без простетической группы.
В крови беспозвоночных находится гемэритрин – дыхательный железосодержащий пигмент, железо в нем связано с полипептидной простетической группой, используется для транспорта кислорода в крови плеченогих, сипункулид, приапулид, некоторых

кольчатых червей. Он связывает кислород прочнее, чем гемоглобин, поэтому встречается у животных, часто находящихся в анаэробных условиях. Окисленный кислородом гемэритрин придаёт крови фиолетовый оттенок, железо находится в степени окисления +3, ненасыщенный — светло-розовый, железо в степени окисления +2. Может содержаться как в плазме, так и в специализированных клетках, получивших название розовых кровяных телец.

Хлорокруорин по своим свойствам и строению похож на гемоглобин, однако обладает зеленой окраской. Так, в сосудах кровь красная, а при разбавлении становится зеленой. Белок выполняет кислород-транспортную функцию крови многощетинковых червей. Это связано со строением простетической группы, которая несколько отличается от обычного гема гемоглобина и носит название хлорогема. Окисленная и неокисленная формы хлорокруорина по цвету не отличаются. По сродству к кислороду от гемоглобина также не отличается.

Гемоглобины (Hb) – очень древние и широко распространенные в живой природе белки. Гемоглобин является сложным белком класса хромопротеинов, то есть в качестве простетической группы здесь выступает особая пигментная группа, гем. Гем представляет собой комплекс протопорфирина IX, относящегося к классу порфириновых соединений, с атомом железа(II). Эта простетическая группа нековалентно связана с гидрофобной впадиной молекул гемоглобина и миоглобина. В крови позвоночных животных гемоглобин находится в эритроцитах, у большинства беспозвоночных в плазме крови. В процессе эволюции позвоночных наблюдается и направленное изменение свойств главной фракции гемоглобина. Если сравнивать гемоглобин бесчелюстных с гемоглобином птиц и млекопитающих, то наблюдается увеличение внутримолекулярной подвижности молекулы Hb и уменьшение сродства к кислороду. По-видимому, причиной этого явились изменение жизненных условий позвоночных и появление в связи с этим новых эволюционных приспособлений: выход на сушу, появление легких и теплокровность, что потребовало повышения эффективности метаболизма на этапе разгрузки кислорода в тканях

Баффи – истребительница вампиров (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

1. Согласно фольклорным преданиям, серебро токсично для вампиров, таким образом суспензия наночастиц металла, представляет собой раствор коллоидного серебра
2. Эритроциты лопались, так как раствор коллоидного серебра был гипоосмолярен.
3. Процесс, в результате которого эритроциты разрушаются, называется гемолиз.
4. Жидкость, с которой предварительно смешивали эритроциты, должна была быть гиперосмолярной.

Связи (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

1. Клетки в организме животных соединяются при помощи клеточных контактов – специализированных структур, образованных клеточной мембраной, специализированными трансмембранными и примембранными белками и белками цитоскелета клетки. В зависимости от типа клеток и конкретной ткани контакты могут быть простыми – адгезионные контакты – для скрепления клеток между собой и с внеклеточным матриксом (фокальные контакты), десмосомы – более плотные соединения для клеток, подвергающихся механическим воздействиям (эпителиальные клетки, клетки сердечной мышцы), цитоплазматическая часть контактов состоит из промежуточных филаментов.

Ни к чему не прикреплены клетки крови и иммунной системы (эритроциты, лейкоциты, макрофаги), а также другие клетки, которые для осуществления своих функций они должны перемещаться по организму.

2. Плотные контакты – для соединения эпителиальных клеток, позволяющих отделить одну среду организма от другой, малопроницаемы для растворенных соединений, в том числе низкомолекулярных (эпителий желудка, почек). В состав входят специальные трансмембранные белки, соединяющиеся между собой, и цитоплазматические, обеспечивающие крепление к актиновым филаментам.

3. Контакты, связанные с передачей вещества или сигнала между клетками – щелевые контакты (нексус) и синапсы. Кроме того, сигнал передается паракринным и гуморальным путем. Щелевые – коннексоны, поры диаметром до 200 нм, состоящие из 6 субъединиц, осуществляют перенос низкомолекулярных соединений (ионы или макромолекулы до 1 кДа) и распространение электрического импульса. В растениях аналогичную функцию выполняют плазмодесмы, однако через них возможен транспорт макромолекул и даже органелл. Синапс – передача сигнала в нервной системе.

Медицинский детектив (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

В китайских ресторанах в качестве приправы подают глутамат натрия – агонист глутаматных рецепторов, усилитель вкуса. В норме он не проникает через гематоэнцефалический барьер. ГЭБ – особо плотная структура, окружающая капилляры мозга и защищающая клетки мозга от проникновения экзогенных соединений и клеток иммунной системы. Представляет собой слой эндотелия с изолирующими плотными контактами – гораздо менее проницаемыми, чем в других сосудах организма, а также перичитами и отростками астроцитов. Эндотелий сосудов мозга не фенестрирован, как в других сосудах, снижен также везикулярный транспорт через клетки эпителия. При воспалительных заболеваниях мозга (и при некоторых других) ГЭБ повреждается и становится возможным проникновение различных веществ в мозг.

Глутамат – основной возбуждающий медиатор в мозге, повышение его концентрации может привести к судорожному припадку типа эпилептического.

ГАМК – тормозный медиатор, используется в т.ч. и при судорожных состояниях. Однако экзогенный ГАМК (в таблетках и т.п.) не проникает через ГЭБ, т.к. в норме невозможно проникновение гидрофильных соединений через плотные контакты. Оксibuтират (натриевая соль, например) – это гамма-окси-масляная кислота, проникает через ГЭБ (хотя нельзя сказать, что она намного гидрофобнее, но все-таки через ГЭБ проходит), является предшественником ГАМК (а также включается в энергетический метаболизм мозга, но в задаче это не так существенно).

Необходимо иметь в виду, что с медицинской точки зрения эта задача фантастическая.

Серебряная косметика (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

1. Один из основных положительных эффектов косметики с серебром, отличающих их от обычных кремов, – это подавление болезнетворных бактерий, попадающих на кожу и способных вызвать раздражения, нагноения и различные неприятные ощущения.

2. В отличие от кремов с антибиотиками, являющихся лекарственными средствами и неразрешенных для постоянных длительных применений, кремы и тоники с серебром не вызывают привыкания у бактерий и действуют на самые различные штаммы.

3-4. Среди возможных отрицательных эффектов таких средств может быть накопление наночастиц серебра в кожных структурах, например, волосяных фолликулах или сальных железах. Поэтому производители косметики должны проверить, (а) удаляются ли наночастицы серебра с поверхности кожи или происходит их накопление в слоях кожи или более глубоких тканях; (б) не происходит ли подавление активности иммунных клеток, например, макрофагов или дендритных клеток, проникающих в глубокие слои кожи для поиска чужеродных агентов; (в) как средство с наночастицами или ионами

серебра влияет на морфологию и функционирование клеток кожи – эпидермиса и дермы; (г) возможно ли появление аллергической реакции на такой препарат?

5. Наночастицы и ионы серебра в фильтрах для воды используются для подавления бактерий, содержащихся в воде. Поэтому вода, прошедшая такую очистку (при наличии дополнительных фильтров для удаления тяжелых металлов, солей и т.д.), пригодна к употреблению без кипячения.

6. А вот регулярное питье воды с ионами серебра может привести к тому, что в желудочно-кишечном тракте будут подавляться собственные, нужные организму бактерии. Потребление воды с наночастицами серебра может, кроме того, привести к накоплению наночастиц в различных клеточных структурах ЖКТ, иммунных клетках и т.д., нарушая их работу.

Микроскоп в голове (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

Самые общие требования к такому нано-микроскопу – это маленький вес, компактность и устойчивость к вибрациям. Животное должно испытывать минимум дискомфорта при ношении такой “шляпы”, в противном случае оно может находиться под воздействием стресса, что существенным образом изменит его реакцию на исследуемые стимулы. Важным моментом должна быть быстрая передача данных к компьютеру со временем, меньшим, чем время исследуемого процесса. Для того, чтобы исследовать любой из перечисленных процессов, необходимо использовать специальные флуоресцентные зонды – молекулы, специфически взаимодействующие с интересующими экспериментатора клеточными молекулами или структурами и изменяющими в результате этого взаимодействия интенсивность и/или длину волны флуоресценции. Например, есть флуоресцентные зонды, изменяющие интенсивность своего свечения в зависимости от содержания в цитоплазме нейронов ионов Ca^{2+} , концентрация которых существенно увеличивается при возбуждении нейронов и по изменениям которой судят о степени нейрональной активности.

Возможно также использовать генетически модифицированных мышей, у которых в головном мозге экспрессированы новые гены, кодирующие особые флуоресцентные белки. Детектор у микроскопа должен быть высокочувствительным и быстродействующим, чтобы можно было регистрировать изменения свойств нейронов за десятки мс и секунды (пункты 1 и 2).

Формирование памяти – установление долговременных контактов между разными нейронами, а также возникновение нейродегенеративных процессов, – это медленные многокомпонентные процессы, которые складываются из клеточных реакций, развивающихся за минуты, дни и даже месяцы. В связи с этим необходимо, чтобы одно и то же животное можно было наблюдать в течение нескольких дней и месяцев. Поэтому для таких экспериментов нельзя использовать обычные флуоресцентные зонды, так как после однократного введения в мозг они быстро – за часы – обесцветятся, а многократное введение будет токсичным для животных. В связи с этим, оптимальным является использование экспрессируемых в нейроны флуоресцентных белков.

Возможны и другие варианты исследования перечисленных процессов. За любой корректно описанный биологический эксперимент начисляются баллы, даже если описанного метода исследований пока не существует.

Тест. Как ОНИ видят? (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

1. в

2. а

Каждый из омматидиев захватывает изображение от небольшого участка пространства (от 1-2° до 10-20 ° у ночных насекомых и у насекомых с малым числом омматидиев в глазу). Т.к. глаза насекомых неподвижны (покрыты сверху кутикулой, которая жестко прикреплена к хитиновому покрову головы), то движение ими во все стороны невозможно, значит надо увеличивать угол обзора

3. б и в

4. а

5. д

Насекомые могут различать изображения с очень высокой частотой – до 300 Гц. То, что для нас является непрерывным изображением (в видео частота смены кадров составляет 24 Гц, это для человеческого глаза неразличимо), для насекомых будет набором сменяющихся статических картинок.

6. г

Как и человек, насекомые различают только движущиеся изображения. У человека для того, чтобы разглядеть картинку, глаза совершают скачкообразные движения – саккады. Насекомому для этого необходимо двигаться целиком, т.к. глаза неподвижны.

7. д

Не совсем корректно сравнивать «цвета» воспринимаемые насекомыми и людьми, хотя очень хочется это сделать. Один из возможных вариантов – сдвинуть весь спектр и назвать самый длинноволновый свет, воспринимаемый насекомыми – красным, и т.д. Тогда для насекомого «красными» будут трава и деревья. Исходя из этого, можно предположить, что красный цветок останется за пределами восприятия и будет невиден. Но часто то, что человек воспринимает как красный цветок, имеет дополнительную окраску в ультрафиолетовой части спектра (пример коэволюции цветов и опыляющих их насекомых), поэтому правильный ответ д.

Тест. Такие разные клетки (2013, заочный тур, Биология, 7 – 9 класс)

1.г. – ствольные клетки.

2.а и 2.б. – головной мозг и система кроветворения.

3.в. – раковые клетки.

4.б, 4.в, 4.г.

5.а. – иммунные клетки.

6.в – 50 нм.

7.в. – эритроциты.

8.в. – макрофаги.

9.б. – эритроциты.

10 в. – яйцеклетка. Много питательных веществ ей нужно, чтобы обеспечить развитие эмбриона до его имплантации в стенку матки.

Шифрограмма (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Ala/A	GCU, GCC, GCA, GCG	Leu/L	UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG
Arg/R	CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG	Lys/K	AAA, AAG
Asn/N	AAU, AAC	Met/M	AUG
Asp/D	GAU, GAC	Phe/F	UUU, UUC
Cys/C	UGU, UGC	Pro/P	CCU, CCC, CCA, CCG

Gln/Q	CAA, CAG	Ser/S	UCU, UCC, UCA, UCG, AGU, AGC
Glu/E	GAA, GAG	Thr/T	ACU, ACC, ACA, ACG
Gly/G	GGU, GGC, GGA, GGG	Trp/W	UGG
His/H	CAU, CAC	Tyr/Y	UAU, UAC
Ile/I	AUU, AUC, AUA	Val/V	GUU, GUC, GUA, GUG
START	AUG	STOP	UAG, UGA, UAA

1. Слово SCIENCE start–Ser–Cys–Ile–Glu–Asn–Cys–Glu–stop
start(AUG)–Ser(UCU, UCC, UCA, UCG, AGU, AGC)–Cys(UGU, UGC)–Ile(AUU, AUC, AUA)–Glu(GAA, GAG)–Asn(AAU, AAC)–Cys(UGU, UGC)–Glu(GAA, GAG)–stop (UAG, UGA, UAA)

2. Всего 9 триплетов по 3 нуклеотида – $27 \cdot 0.34 \text{ нм} = 9,18 \text{ нм}$

Сушигейт (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1. Для того чтобы отличить один образец от другого необходимо оценить их генетический состав. Для этого вначале необходимо выделить ДНК из образца. В настоящее время выделение ДНК является стандартной процедурой, проводящейся с использованием специфических наборов, хотя при необходимости можно выделить ДНК и в домашних условиях с применением подручных реагентов.

Далее необходимо иметь контрольный образец ДНК, специфичный только для данного вида. При этом такой образец ДНК должен быть коротким (500-800 нуклеотидов), настоятельно рекомендуется иметь такую последовательность ДНК, которая была бы прочитана с обеих комплементарных цепей ДНК образца, а также необходимо иметь праймеры – это короткие (6-50 оснований), обычно химически синтезированные фрагменты нуклеиновой кислоты, комплементарной ДНК или РНК образцу, служащие затравкой для синтеза комплементарной цепи ДНК, а также ограничивающие размер участка ДНК.

Затем для проведения корректного анализа необходимо увеличить количество ДНК. Наиболее оптимальным в этом случае является использование полимеразной цепной реакции (ПЦР) – метода, позволяющего на несколько порядков увеличить концентрацию определённых фрагментов ДНК в пробе при использовании специфических праймеров. В результате мы получаем большое количество ДНК контрольного образца, а также цепочек ДНК исследуемого образца в которых начальные и конечные участки соответствуют праймерам.

Сравнение контрольного и экспериментального образца обычно осуществляют при помощи гель-электрофореза – метода, способного разделить кусочки ДНК по длине (и форме). Если у нас в разных пробах присутствуют в подавляющем количестве участки ДНК одинаковой длины (и формы), то у нас одинаковые образцы. Если они различаются, то разные.

2. ДНК-штрихкодирование – создание библиотеки уникальных последовательностей ДНК – ДНК-штрихкодов для всех видов, живущих на планете, путем прочтения одного и того же участка генома каждого из них. ДНК-штрихкод должен обладать небольшим размером (500-800 нуклеотидов); иметь уникальную для данного вида последовательность нуклеотидов; количество различающихся у одного и того же вида нуклеотидов, располагающихся и в определенном участке ДНК-штрихкода не должно превышать 1%; для повышения надежности последовательность нуклеотидов, составляющая ДНК-штрихкод, должна быть прочитана в обоих направлениях (с обеих цепочек ДНК); необходимо знать праймеры для ДНК-штрихкода.

3. В настоящее время для определения вида рыб используются участки гена, кодирующего различные субъединицы цитохром-оксидазы в митохондриальной ДНК, поскольку он имеет много копий в клетке, что существенно повышает чувствительность ПЦР и позволяет проводить анализ одной икринки или одной клетки материала. Кроме того, данный ген наиболее полно представлен в базах нуклеотидных последовательностей, а также позволяет создать высокоспецифичные праймеры для разделения образцов от близкородственных видов.

4. Достоинства: Используя ДНК-штрихкод, можно оценить вид существа даже по очень небольшим фрагментам биологических образцов; можно легко определить вид животного даже при наличии больших различий в морфологии (например, половой диморфизм) или, наоборот, при наличии видов-двойников; можно проводить неинвазивный анализ по сброшенной коже, перьям, зубам, коже слюне и т.д., можно также определить видовую принадлежность музейных образцов. Недостатки: ДНК-штрихкоды не были получены для большого количества видов (например, нет ДНК-штрихкодов для всех прокариотов); трудности с нахождением универсального эталонного участка ДНК; неразвитая база ДНК-штрихкодов; проблемы использования ДНК-штрихкодов, если образец содержит участки ДНК от разных видов (например, если тестируемый продукт содержал несколько видов мяса, или при наличии паразитов/симбионтов в исследуемом куске).

Таинственные субстанции (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1. Это полипептиды. Входящие в их состав аминокислоты отличаются по заряду и гидрофобности. 0,5 балла
 - 1) RGHFYDWMVQCINPSTWCAAQY
 - 2) SYSMEHFRWGKPVGKKRRPVKVYPNGAEDSAEAFPLEF АКТГ
 - 3) CYIQNCPLG окситоцин
 - 4) RKKHRHRKHKRKKHRRHNNKRRHRRHNRKKKRKNNHRKR
 - 5) ALLWVWAPFPMAWWPMLPAMWPMMLAAFVWAVPFWA
 - 6) DERKHDEEDKH
 - 7) EHGRDEDPGHKRHWAFPMAWWVPALPPFFLALWPPMLW2 и 3 – пептидные гормоны АКТГ и окситоцин. В принципе 1 тоже может существовать в природе, на самом деле это случайный набор а.к. 4 – заряжен полностью положительно (в состав входят положительно заряженные а.к.), вероятно, по отдельности такой пептид существовать не может, но может входить в состав большого белка как положительно заряженный домен. 5 – в состав входят только гидрофобные а.к, то же, что и 4. 6 – наверное, может существовать и отдельно. 7 – на одном конце сосредоточены заряженные и полярные а.к. остатки, на другом – гидрофобные. По-видимому, тоже отдельно не существует, т.к. будет иметь склонность к образованию мицелл в водном растворе.
2. Полипептиды будут стремиться образовать статистический клубок. Вещество 5 будет растворяться очень трудно. Вещество 4 не будет сворачиваться в клубок, т.к. будут сильны силы отталкивания. 7 – может образовывать мицеллы.
3. Наименьшие размеры в воде будет иметь вещество 5, т.к. свернется в более компактный клубок из-за гидрофобных сил, наибольшие – вещество 4, из-за электростатического отталкивания.
4. С увеличением температуры вследствие увеличения хаотического движения мономеров в цепи размеры клубка будут увеличиваться. При снижении – в принципе возможен переход из состояния клубка в состояние плотной глобулы, в

которой играют роль взаимодействия между отдельными звеньями цепи, т.е. размеры должны уменьшиться. Но данные пептиды имеют небольшие линейные размеры, поэтому эффект будет не так выражен.

5. Приблизительно можно использовать формулу для оценки размеров статистического клубка $h = \sqrt{N}l$, где N – число звеньев, l – длина одного звена. Длину одной пептидной связи в пептиде можно принять за 0.2 нм (в альфа-спирали по справочным данным длина одной пептидной связи 0.15 нм). Однако здесь в формулу расчета размеров клубка не включены значения валентных углов, кроме того, она применима только для достаточно длинных цепей. Для теоретического определения конформации пептидов в растворе могут быть использованы методы молекулярного моделирования, для экспериментального определения размеров метод динамического светорассеяния, электрофорез и другие методы.

Отцовство не исключается! (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1. Выше приведен упрощенный вариант официального заключения по установлению родства. Установление родства происходит на основании анализа определенных генетических маркеров. Главным условием для этих маркеров (локусов) является то, чтобы они были полиморфными, т.е. содержали несколько аллелей (различные формы одного и того же гена, расположенные в одинаковых участках гомологичных хромосом). Чем больше аллелей у генов, тем меньше вероятность случайного совпадения результата у неродственных лиц. В настоящее время для установления биологического родства почти повсеместно используются так называемые STR-локусы. Аббревиатура STR происходит от английского словосочетания Short Tandem Repeat (короткий тандемный повтор). Такие локусы представляют собой участки, состоящие из небольших (2-5 нуклеотидов) одинаковых последовательностей. Аллели данных локусов различаются между собой количеством этих повторов. Для повышения надежности одновременно оценивают несколько локусов (от 12 до 25), что позволяет определить отцовство с вероятностью выше 99,9999%. В левой колонке приведены названия локусов, а в парных колонках для Василия и сына различные варианты аллелей (на гомологичных хромосомах). Самая верхняя строка определяет пол индивида, как мы видим и Василий и сын – мужчины.
2. В каждом локусе ребенка (Сына) должна быть одна аллель от отца (Василия) и матери. Если одна из аллелей не соответствует аллели отца и матери, то результат считается неопределенным, а если две, то отрицательным. Как можно заметить одна из аллелей из генотипа Василия присутствует в генотипе Сына за исключением локуса D1S1656. Это означает, что результат неопределен. Причиной этого могла стать мутация в локусе у отца, вероятность такой ситуации около 0,3%, однако в данной ситуации, вероятно, причиной послужило переливание крови, которое является противопоказанием при проведении подобных экспертиз, поскольку при переливании в образец мог попасть чужеродный генетический материал.
3. Генетик ответил Василию, что высокий рост достался сыну от мамы, цвет волос от папы, что касается глаз, то все не совсем просто как сказал генетик (это, наверное, была маленькая месть другу за то что он усомнился в его способностях). Цвет глаз определяется наследственностью, при этом темные глаза (черные, как у Василия) являются доминантными, а светлые (голубые, как у жены Василия) рецессивные. То есть, теоретически, цвет глаз ребенка должен быть темный. Однако не все так просто. За цвет глаз отвечает несколько пигментов в частности меланин. Если его много, то цвет глаз черный или карий, если он отсутствует, то голубой. За цвет глаз также отвечает и другой фермент – липофусцин. При небольших количествах меланина и больших липофусцина цвет глаз будет серым. Проблема в том, что за интенсивность синтеза белков,

определяющих цвет глаз, отвечает несколько белков (в настоящее время считается что, по крайней мере, 6, по которым можно предсказать цвет глаз, но, по-видимому, их много больше). Поэтому комбинации генов у родителей и детей могут быть крайне разнообразны и достаточно сложно предсказать цвет (и особенно оттенок) глаз ребенка.

Доставим липосомой (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

а. Примером послужили процессы экзоцитоза и эндоцитоза – слияние липидных везикул с плазматической мембраной клеток.

б и в. В идеале доставка лекарственного препарата внутрь клетки осуществляется за счет слияния мембраны липосомы с плазматической мембраной. 1 балл Преимуществом в данном случае является то, что лекарство может оказаться непосредственно в цитоплазме клетки без предварительного контакта с межклеточной средой, способной привести к частичному разрушению лекарства. Кроме того, липосомы могут быть менее аллергенными по сравнению с другими носителями лекарств, например, белковой природы, или средой-стабилизатором, в которой растворено инъецируемое лекарство.

г. Увеличения селективности можно добиться, включив в липосомы белков-антител, взаимодействующих со специфическими рецепторами на поверхности нужных клеток. Таким образом, липосомы будут преимущественно прикрепляться и накапливаться на поверхности клеток-мишеней.

д. Это различные клеточные везикулы: (1) эндосомы и лизосомы, участвующие в эндоцитозе; (2) синаптические везикулы с нейромедиаторами; (3) везикулы-ремонтники, содержащие в мембране трансмембранные белки и использующиеся для “ремонта” клеточных мембран или увеличения мембранной поверхности и встраивания новых мембранных белков в плазматическую мембрану

е. Не участвуют в процессах e4-e7.

Наночастицы в клетках (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

Взаимодействие наночастиц с клеткой зависит от поверхностного заряда НЧ и клетки, от морфологии наночастиц и от особенностей рельефа поверхности клеток.

Поверхность каждого типа клеток имеет особенности: неоднородности в липидном и белковом составе мембраны (а следовательно, разный локальный поверхностный заряд) и нано-инвагинации, бугорки, выступы и отростки. Можно менять форму наночастиц так, чтобы она больше соответствовала углублениям и поверхностным неоднородностям у исследуемых клеток.

Кроме того, следует учитывать, что некоторые клетки, например, макрофаги и дендритные клетки, обладающие фагоцитозом, особенно хорошо взаимодействуют с частицами вытянутой формы и имеющими размеры около 50-100 нм в одном из измерений. Округлые клетки, не обладающие способностью прикрепляться к поверхностям, например, эритроциты, не будут взаимодействовать с большими и сложными по форме наночастицами и их агрегатами. Но при этом на поверхности эритроцитов хорошо будут сорбироваться маленькие наночастицы с диаметром около 10-100 нм, способные прикрепиться к наноинвагинациям плазматической мембраны клетки. Ко всем типам клеток, в том числе, к нейронам, увеличенного прикрепления наночастиц можно добиться, покрыв их поверхность молекулами со свободными SH-группами. SH-

группы будут взаимодействовать с тиоловыми группами на мембране клеток, приводя к сорбции наночастиц на плазматическую мембрану.

Поскольку усиление КР света наблюдается при расстоянии между НЧ и молекулами не более 20 нм, то при экстраклеточной локализации НЧ можно исследовать липиды и белки плазматической мембраны и примембранные белки, локализованные со внутренней поверхности плазматической мембраны.

Магнитосомы (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1. В живых организмах обнаружены магнитные материалы в виде «биогенного магнетита» и «маггемита». Современные исследования показывают, что биогенный магнетит Fe_3O_4 и маггемит ($\gamma-Fe_2O_3$) представляют собой субклеточные *ферромагнитные нано-кристаллы*. Такие мельчайшие кристаллы *в клетках*, окруженные липидными мембранами, получили название *магнитосом*.

2. Установлено, что магнитосомы имеют биогенное происхождение, то есть образуются со временем в результате кристаллизации окислов железа непосредственно в клеточной среде. Кристаллы магнетита размерами в среднем 50-70 нм могут образовывать большие конгломераты – *цитоскелет* размером до 200 нм. Расположение всех атомов магнетита в магнитосоме и цитоскелете таково, что магнитные моменты их атомов ориентированы параллельно. Таким образом, общий магнитный момент рецептора – высоко чувствительный, так как он составляет сумму из магнитных моментов его частей. Чувствительность биогенного магнетита в миллионы раз превосходит чувствительность к магнитному полю парамагнитных веществ такого же объема.

3. Магнитосомы обнаружены у птиц, некоторых рыб, насекомых, микроорганизмов, растений, а также у высших животных, включая человека.

Радиолярии (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1. Кремнезём необходим радиоляриям для построения скелета. Силикатный канцелярский клей содержит кремнезём в растворимой форме и должен легко усваиваться радиоляриями.

2. Канцелярский клей, или жидкое стекло состоит в пределе из силиката натрия, но обычно из полисиликатов общей формулы $Na_2O \times nSiO_2$, где n равно 2-5. Силикаты растворены в воде.

3. Из-за гидролиза силиката в аквариуме получается слишком щелочная среда (высокий pH) и микроорганизмы гибнут.

4. Для грамотной подкормки радиолярий необходимо приготовить нейтральный раствор частиц двуокиси кремния, то есть приготовить нейтральный коллоидный раствор кремнезёма. Для этого необходимо растворить клей в воде и медленно, при интенсивном перемешивании добавлять к нему разбавленный раствор минеральной кислоты до нейтрального pH.



Дополнительную стабилизацию можно обеспечить, увеличивая вязкость раствора, например, крахмалом. Важно не переокислить раствор, так как это вызовет коагуляцию кремнезёма.

Возможна стабилизация кремнезёма при синтезе комплексных гетерополикислот, но они, как правило, токсичны.

Исследуем белок (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1.

- 1) Седиментационный анализ (ультрацентрифугирование).
- 2) Гель-хроматография.
- 3) Гель-электрофорез.
- 4) Осмометрический анализ (измерение осмотического давления белковых растворов).
- 5) Методы взвешивания «отдельных молекул» - масс-спектрометрия, «взвешивание» при помощи кантилевера.

2. Частота встречаемости аминокислот в белках в значительной степени определяется разной вырожденностью генетического кода, кодирующего аминокислоты (от 1 до 6 кодонов).

3. Предположения:

- 1) считаем, что белок кодируется стандартным генетическим кодом;
- 2) пренебрегаем отличием веса реального белка от веса аминокислотной цепочки вследствие наличия связанных молекул воды, дополнительных молекул (например, соединений типа гемма в гемоглобине), дисульфидных связей и других посттрансляционных модификаций;
- 3) считаем, что по условию в м-РНК встречаемость всех нуклеиновых кислот равновероятна;
- 4) приблизительно считаем, что вероятности кодонов, кодирующих аминокислоты, равны. Оценим среднюю массу аминокислотного остатка, исходя из вероятности встречаемости аминокислот (по числу кодонов, кодирующих каждую из них):

$$M_{cp} = \sum_{a/k} \frac{(M_{a/k} - 18) \cdot n_{a/k}}{N}$$

где N – общее число кодонов, кодирующих аминокислоты (61).

Аминокислота	$M_{a/k}$, г/моль	число кодонов $n_{a/k}$	Аминокислота	$M_{a/k}$, г/моль	число кодонов $n_{a/k}$
Аланин	89,1	4	Лейцин	131,2	6
Аргинин	174,2	6	Лизин	146,2	2
Аспарагин	132,1	2	Метионин	149,2	1
Аспарагиновая кислота	133,1	2	Пролин	115,1	4
Валин	117,1	4	Серин	105,1	6
Глицин	75,1	4	Тирозин	181,2	2
Глутаминовая кислота	147,1	2	Треонин	119,1	4
Глутамин	146,1	2	Триптофан	204,2	1
Гистидин	155,2	2	Фенилаланин	165,2	2
Изолейцин	131,2	3	Цистеин	121,2	2

Подставляя эти значения в формулу, получаем $M_{cp} = 111.95$ г/моль.

Полученное значение (несмотря на отдельные значительные расхождения частот встречаемости, рассчитанных на основе вырожденности генетического кода, и справочных данных) очень близко к массе, вычисленной по справочному среднему процентному содержанию аминокислот в белках $\omega_{a/k}$:

$$\omega_{a/k}: \sum_{a/k} \frac{(M_{a/k} - 18) \cdot \omega_{a/k}}{100} = 111.22 \text{ г/моль.}$$

Примерное число аминокислотных остатков можно оценить как $90000/111,95 \approx 804$

4. Согласно справочным данным, плотность плотноупакованных глобул белков составляет примерно $1,38 \text{ г/см}^3$. (Можно было по справочнику взять размер и массу глобулярного белка и по формуле $\rho = M/V$ получить примерно такую величину плотности).

Тогда объем отдельной молекулы:

$$V = \frac{M}{N_A \cdot \rho} = \frac{90000}{6.022 \cdot 10^{23} \cdot 1.38 \cdot 10^6} = 1.08 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3.$$

Вычислим радиус:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = 2.96 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 2.96 \text{ нм}.$$

Предположения:

- 1) аминокислоты плотноупакованы в одну глобулу;
- 2) молекула белка имеет сферическую форму

5. Поскольку форма белка не будет идеально сферической, то любое изменение ее формы приведет к увеличению размера. Помимо этого, молекула белка может иметь менее плотную упаковку (состоять из нескольких глобул), содержать молекулы воды внутри глобулы – что дополнительно приведет к увеличению реальных размеров.

6.

- 1) Седиментационный анализ – оценочный анализ размера и формы (глобулярная, вытянутая, фибриллярная).
- 2) Атомная силовая микроскопия – визуализация размера и формы, морфологии.
- 3) Просвечивающая электронная микроскопия.
- 4) Рентгеноструктурный анализ.

Нанобактерии (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1. Бактерия самостоятельно производит из поступающих извне веществ весь необходимый строительный материал (производит обмен веществ и энергии с окружающей средой), и содержит инструментарий для самовоспроизводства и сборки всех необходимых инструментов. Вирус неспособен самостоятельно «размножить» свою наследственную информацию и «построить» необходимые белки, и использует для этого готовые инструменты живых клеток. Поэтому вирус устроен значительно проще бактерии – может состоять из молекулы ДНК/РНК и всего нескольких белков, необходимых для создания защитной оболочки-капсида и встраивания в работу клетки хозяина.

Для жизнедеятельности бактерии, как минимум, необходимы следующие самые крупные структуры: ДНК для хранения наследственной информации, рибосома (>15 нм) для синтеза белков, 20 транспортных РНК для доставки 20 канонических аминокислот в рибосому (каждая примерно по 5 нм), клеточная мембрана в виде липидного бислоя для поддержания гомеостаза (толщиной не меньше 5 нм), а также набор необходимых белков-ферментов (размеры порядка 2-10 нм).

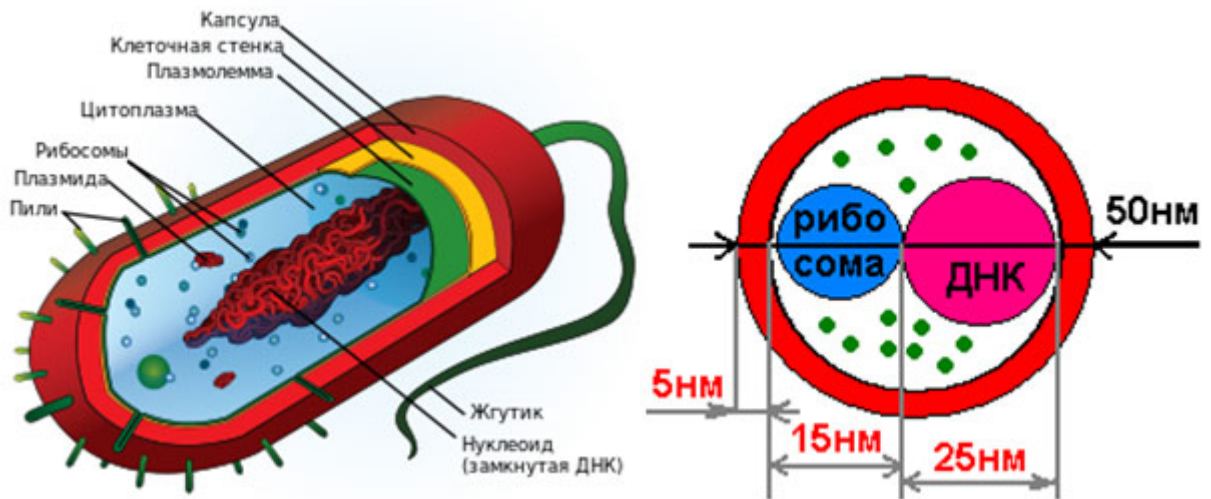


Рис. 1. а) Строение типичной клетки прокариот; б) оценка минимального размера бактерии

2. Оценим размер такой бактерии, считая, что наибольшими линейными размерами обладают молекула ДНК и рибосома (считаем, что остальные компоненты помещаются в оставшемся пространстве): $D = 2 \cdot 5 + 15 + 15 = 40$ нм.

Можно оценить размер нанобактерии исходя из минимального объема, занимаемого необходимыми для жизнедеятельности клеточными компонентами:

$$V_{\text{нанобактерии}} = V_{\text{РНК}} + 20V_{\text{мРНК}} + V_{\text{ДНК}} = \frac{4\pi}{3} (7,5^3 + 20 \cdot 2,5^3 + 7,5^3) = \frac{4\pi}{3} \cdot 1156,25 \text{ нм}^3,$$

то есть, диаметр внутренней полости не может быть менее $2 \cdot (1156,25)^{1/3} = 21$ нм, а размер всей бактерии – $21 + 10 = 31$ нм.

3. Уменьшение размеров бактерии приведет к возникновению ряда трудностей. Например, сильное уменьшение площади поверхности (пропорционально квадрату радиуса) неизбежно вызовет уменьшение потока необходимых для жизни бактерии веществ, замедление синтеза белков (одна рибосома вместо сотен) и НК. Практически полное отсутствие свободного внутриклеточного пространства также замедлит и сильно затруднит все процессы, включая считывание информации с ДНК. Ограничение количества энергии, вероятно, сделает невозможным активный транспорт веществ, что еще сильнее затормозит все процессы. Поэтому быстро размножаться такая бактерия точно не сможет. Уменьшение как размеров генома, так и количества ферментов, приведет к невозможности синтеза многих необходимых веществ, а, значит, практически неизбежна роль неспособного жить вне клеток паразита (вряд ли симбионта) (почти как вирус). Поэтому искать такую нанобактерию надо будет в клетках растений или животных.

4. В случае нанобактерии жгутик будет неэффективен, поскольку он требует энергии, которой при уменьшении размеров и так будет нехватка. Кроме того, при размерах меньше 100 нм сложно будет противостоять броуновскому движению.

Эндоцитоз нехарактерен для бактерий. К тому же, для него требуется, чтобы часть внешнего липидного бислоя отделилась в виде пузырька. Но липидный бислой нанобактерии будет иметь очень маленький радиус кривизны (большее натяжение), что сделает практически невозможным образование и отделение от него пузырька. При этом размер пузырька (должен быть значительно больше минимально возможного размера – удвоенной толщины стенок $5 \cdot 2 = 10$ нм) будет сравним с размером нанобактерии, и внутри клетки для него просто не найдется места.

5. Размеры капсидов вирусов, геном которых состоит из двуцепочечной ДНК и содержит ~150 000 пар оснований, дают приблизительную оценку размера ДНК такой бактерии в плотноупакованном виде.

Например, для сравнения можно использовать бактериофаг Т4 имеющий двуцепочечную ДНК, состоящую из примерно 170 тысяч пар оснований (диаметр капсида около 90 нм) или вирусы герпеса с ~120 000 – 170 000 пар оснований (диаметр внутренней полости капсида примерно 75 нм). Это дает оценку диаметра упакованной ДНК около 80 нм, и минимальные размеры нанобактерии порядка 100 нм.

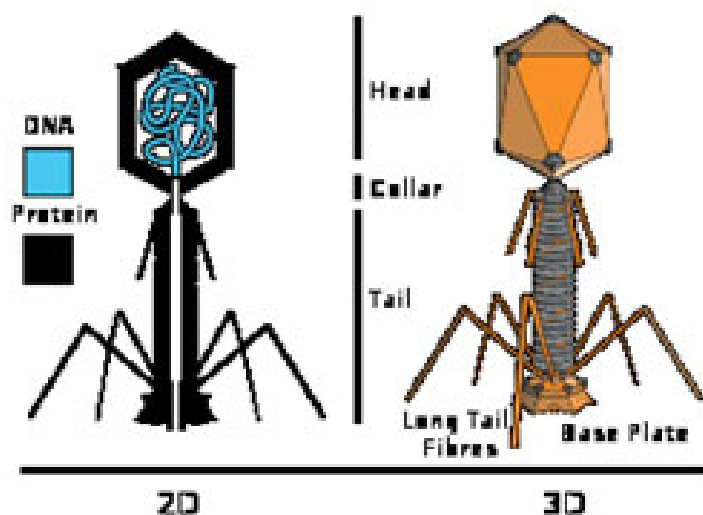


Рис. 2. Бактериофаг Т4

6. Нанобактерии – это органно-минеральные структуры, результат совместной кристаллизации солей кальция (карбонат, фосфат) и белков (преимущественно, альбумина и ферутина-А) из питательной среды, используемой для роста обычных бактерий.

Сложно устроенный белок (тест) (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1. Правильный ответ – 5). Непосредственно при попадании в клетку меняют конформацию эндогенных клеточных белков прионы. На этом основан механизм их «размножения». Мутации вызывают вирусы, плазмиды, УФ-излучение.

2. Правильный ответ – 2). Прионы отличаются от эндогенных белков клетки своей вторичной структурой, т.е. большим процентом бета-структур по сравнению с альфа-спиралями.

3. Правильные ответы – 1), 3), 5). Движущими силами являются гидролиз АТФ, связывание с сигнальными молекулами, электрохимический потенциал.

4. Эти структуры называются лейциновые молнии и встречаются в ДНК-связывающих белках. Правильный ответ – 2).

5. Правильный ответ – 3). Побочные продукты ПЦР представляют собой результат неспецифического залипания праймеров, что особенно характерно для геномной ПЦР. Праймеры бегут быстрее всех, т.к. они маленькие, на картинке они ниже всего. Деградирующая ДНК имеет характерный вид размазанной лестницы, это не похоже на шлейф. А дНТФ вообще не видны на фореже.

6. Толщина молекулы ДНК – 2 нм, толщина плазматической мембраны – 7-8 нм, диаметр нуклеофиламента – 10 нм, диаметр микротрубочки цитоскелета – 24 нм, диаметр F-пили бактерий в среднем 25 нм, средний диаметр жгутика бактерии 30 нм, диаметр центриоли 200 нм, диаметр хроматиды в метафазе 700 нм. Правильный ответ: 4 – 3 – 7 – 8 – 6 – 2 – 1 – 5.

Искусственная кровь (2013, заочный тур, Биология, 10 – 11 класс)

1. Преимущество в том, что не будет заражения пациента при переливании крови; возможность применять искусственную кровь для пациентов со всеми группами крови; легкость хранения и доступность.

2. Правильные ответы Г и Д.

3. Правильные ответы А, В, Д. И.

Считаем РНК (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)

Решение. Участок молекулы мРНК длины 9 разбивается на три триплета — три тройки нуклеотидов. Каждая из них кодирует одну аминокислоту. В молекуле мРНК встречаются 4 нуклеотида: А, Ц, Г и У, поэтому всего существует $4^3 = 64$ разных триплета. Из них лейцину соответствуют 6 триплетов: УУА, УУГ, ЦУА, ЦУЦ, ЦУГ и ЦУУ. Три триплета являются стоп-кодонами и не кодируют никакие аминокислоты.

Пусть в нашем участке белка ровно одна из аминокислот — лейцин. Тогда он может стоять на первом, втором или третьем месте, а два остальных места занимают какие-то две из $64 - 3 = 61$ аминокислот. Итого таких мРНК будет $3 \cdot (6 \cdot 61 \cdot 61) = 54450$.

Пусть теперь в нашем участке белка ровно две из аминокислот — лейцин. Аналогичным образом получаем, что таких мРНК будет $3 \cdot (6 \cdot 6 \cdot 61) = 5940$.

Наконец, если все три аминокислоты — лейцин, получаем $6 \cdot 6 \cdot 6 = 216$ соответствующих мРНК. Итого $54450 + 5940 + 216 = 60606$ аминокислот.

Октаграфен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)

Решение. Посчитаем размер квадрата, в который вписан восьмиугольник октаграфена. Заметим, что диагональ квадрата со стороной 1.48 Å равна $\sqrt{2} \cdot 1.48 = 2.09$ Å, поэтому длина стороны такого квадрата равна $1.35 + 2.09 = 3.44$ Å. Его площадь равна $3.44^2 = 11.83$ Å².

В одном таком квадрате 8 атомов углерода, но каждый атом присутствует в 2 таких квадратах. Итак, в октаграфене на квадрат площади 11.83 Å² приходится 4 атома углерода.

В шестиугольной решетке графена площадь шестиугольника равна $6a_{c-c} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}a_{c-c}$, так как он состоит из 6 правильных шестиугольников со стороной $a_{c-c} = 1.42$ Å. В одном шестиугольнике 6 атомов графена, но каждый из них присутствует в 3 шестиугольниках. Поэтому в графене на шестиугольник площади 5.24 Å² приходится 2 атома углерода.

Итак, графен тяжелее октаграфена в $\frac{2}{5.24} : \frac{4}{11.83} = 1.13$ раза.

Энергия фуллерена (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)

Решение. а) См. правый столбец таблицы.

б) Условие задачи намеренно неполно: не сказано, в каком смысле одно приближение лучше или хуже другого. По этой причине оценивались *аргументы*, которые участник приводил в пользу своего мнения, а не «правильный» ответ. Авторы статьи, на основании которой составлена задача, считают, что наилучшее приближение — второго типа ($E_0 + Cr^{-2}$).

Приведём лишь несколько способов выбрать приближение.

- Можно нарисовать наши точки в осях r^{-n} , E^F для $n = 1, 2, 3$ и выбрать значение n , для которого точки ближе всего к прямой. При этом важно правильно выбрать масштаб по осям: у некоторых участников получалось, что r^{-3} приближается прямой лучше всего просто потому, что все точки были расположены близко к оси, и отклонения от прямой казались маленькими.
- Можно для каждого n найти корреляцию между r^{-n} и E^F , и выбрать n , для которого она максимальна.
- Можно для каждого n найти параметры E_0 и C , для которых сумма квадратов отклонений $\sum (E^F - E_0 - Cr^{-n})^2$ минимальна (например, приравняв нулю производные по E_0 и C), и выбрать n , для которого этот минимум самый маленький.

Мы не будем ни рассказывать подробнее об этих способах, ни тем более сравнивать их между собой: для этого нужно было бы сначала изучить много «нешкольной» математики.

в) Поскольку при увеличении радиуса сферы решётка становится почти плоской, естественно ожидать, что предельное значение энергии, приходящейся на один атом, равно этому значению для плоской решётки. Это подтверждается и таблицей.

Дендримеры (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)

Прочтите статью «Синтез и сравнительная характеристика фосфорсодержащих дендримеров с фенокси- или дейтерофенокси-терминальными группами» ([ссылка](#)). В этой статье описан синтез дендримеров двух разных типов и приведены химические формулы, необходимые для решения этой задачи.

(а, 1 балл) У синтезированного дендримера 96 терминальных (концевых) дейтерофенокси-групп (то есть C_6D_5O). Какой генерации этот дендример?

(б, 2 балла) Какова его молекулярная масса?

(в, 2 балла) Какая молекула тяжелее: молекула дендримера 5-й генерации с дейтерофенокси-группами или 6-й генерации с фенокси-группами (то есть C_6H_5O)?

Комментарий: D — это изотоп водорода; молярная масса этого изотопа равна 2.

Раскраски бакибола (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)

Решение. а) У дендримера первой генерации 6 терминальных групп. Когда дендример k -й генерации превращается в дендример $(k + 1)$ -й генерации, количество терминальных групп увеличивается вдвое. Поэтому у дендримера n -й генерации $6 \cdot 2^n$ терминальных групп. В частности, дендример с $96 = 6 \cdot 2^4$ терминальными группами — четвертой генерации.

б) У дендримера n -й генерации одно ядро N_3P_3 (его масса $(14 + 31) \cdot 3 = 135$), $6(1 + 2 + 4 + \dots + 2^n) = 6(2^{n+1} - 1)$ звеньев $OC_6H_4CHN_2MePS$ (здесь $Me = CH_3$ — метильная группа) массы $16 + 12 \cdot 6 + 4 + 12 + 1 + 14 \cdot 2 + 12 + 3 + 31 + 32 = 211$, и $6 \cdot 2^{n+1}$ терминальных групп C_6OD_5 (масса $12 \cdot 6 + 16 + 2 \cdot 5 = 98$) или C_6OH_5 (масса $12 \cdot 6 + 16 + 1 \cdot 5 = 93$). В частности, масса дендримера четвертой генерации равна $135 + 90 \cdot 211 + 96 \cdot 98 = 28\,533$.

в) Молекула дендримера 6-й генерации с феноксигруппами намного (примерно вдвое) тяжелее, чем молекула дендримера 5-й генерации с дейтерофеноксигруппами. Действительно, молекулу 6-й генерации можно получить из молекулы 5-й генерации, заменив все терминальные группы на (более тяжелые) внутренние звенья, а потом еще добавив $6 \cdot 64 = 384$ терминальных групп.

Хлорографен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 11 класс)

Наноробот работает на треугольном участке графена со стороной $n\sqrt{3}a_{C-C}$, где a_{C-C} – расстояние между соседними атомами углерода (на рисунке схематически изображены такие участки для $n = 3$ и $n = 9$).

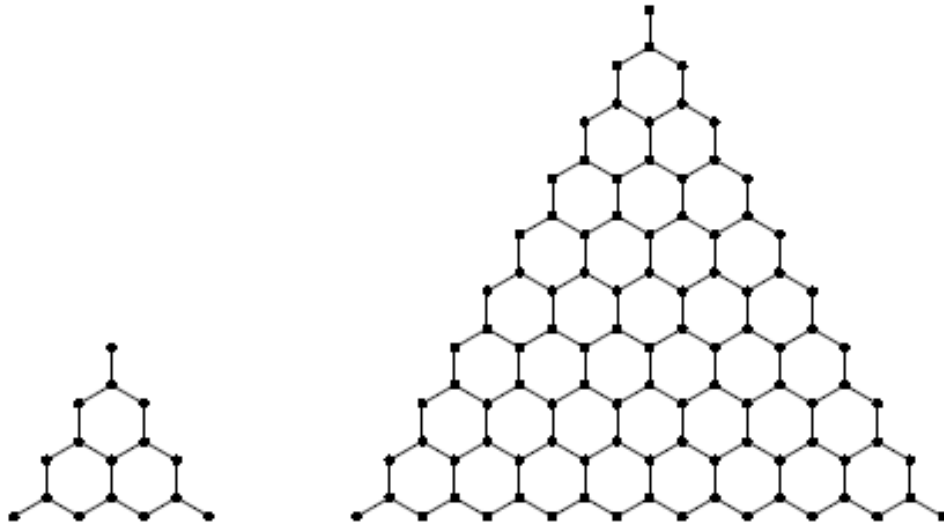
(а, 1 балл) Сколько атомов углерода в таком куске графена?

Каждую секунду наноробот прикрепляет к атому углерода атом хлора, а затем переходит к соседнему (по ребру решетки) атому углерода. Наноробот никогда не возвращается к атому углерода, к которому он уже прикрепил атом хлора. Если все соседние атомы углерода уже соединены с хлором, наноробот останавливается.

(б, 1 балл) Пусть $n = 3$ (см. рис. слева). Какое максимальное количество атомов хлора может прикрепить к графену наноробот? (приведите пример действий наноробота, при которых получится такое количество атомов хлора, и докажите, что больше их быть не может).

(в, 3 балла) Решите аналогичную задачу для $n = 9$ (см. рис. справа).

(г, 2 балла) Обобщите рассуждение из предыдущего пункта, и решите задачу для произвольного n .



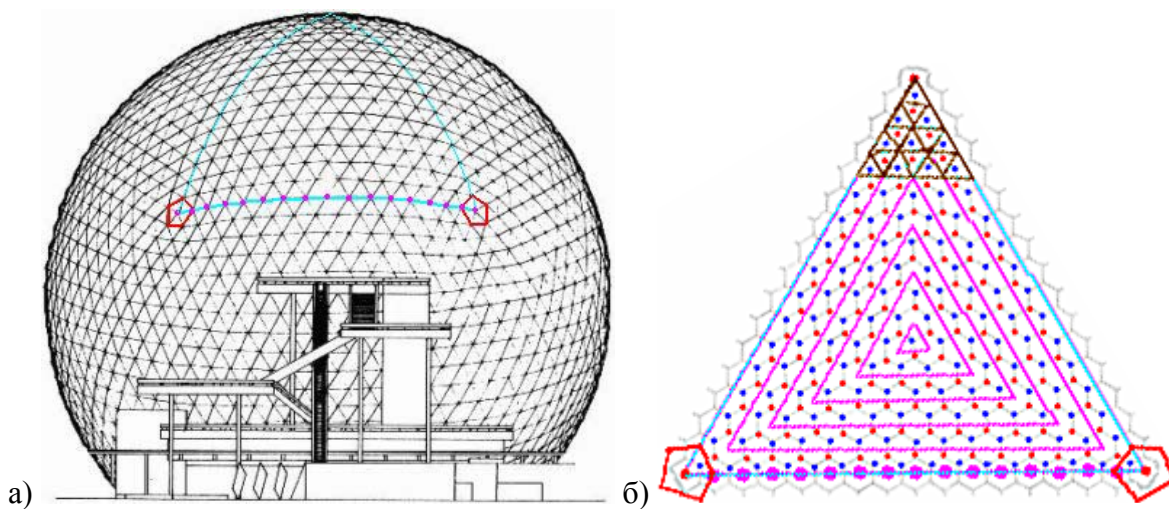
Главный Бакминстер Фуллерен (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)

1. Главные конструкционные элементы данного геодезического купола – тетраэдры. Их вершины, обращенные внутрь сферы, скреплены ребрами жесткости, которые и образуют ребра «фуллерена».

Стоит отметить, что Фуллер считал тетраэдр одной из основных конструкционных единиц, и развил из этой предпосылки математический подход, позволяющий получать наиболее эффективные с точки зрения прочности и эргономичности конструкторские решения. Таким образом, построить купол из пяти- и шестиугольников не было главной целью архитектора, но эти многоугольники неизбежно присутствовали в структуре купола, что при удачном освещении и помогло ученым открыть структуру нового вида молекул.

2. Фуллерен, получаемый при дополнении геодезического купола до сферы, имеет симметрию икосаэдра (по рис. 2 видно, что расстояния между всеми «пятиугольниками» равны, проекции «граней» имеют вид правильных треугольников).

По рис.1 определить размер фуллерена сложно, поскольку в этом ракурсе виден лишь один «пятиугольник». Однако, это легко сделать, зная устройство купола и имея его чертеж. Как можно видеть из рис. 2а, вершины треугольников внешнего слоя сходятся над центрами граней «фуллерена», в свою очередь, каждому «атому» – узлу в «фуллереновой» решетке – отвечает один треугольник внешней поверхности геодезического купола.



а) На чертеже купола выделены вершины, в которых сходятся по 5 треугольников, и одна из 20 граней икосаэдра.

б) Выделенная грань икосаэдра: расположение гексагональной решетки относительно внешних треугольников.

Согласно схеме, между двумя центрами «пятиугольников» находится 16 сторон внешних треугольников (ребер отвечающих им тетраэдров). Это соответствует 16-му фуллерену икосаэдрического ряда $20 \cdot n^2$, т.е. C_{5120} .

Другой подход – построить одну грань внешней икосаэдрической поверхности купола (см. рисунок) и посчитать, что на этой грани 256 узлов - «атомов» (2^8 , сумма

$$\sum_{n=0}^{15} (2n+1))$$

последовательности), а общее их количество тогда составляет $20 \cdot 256 = 5120$.

Поскольку на один «атом» «фуллерена» приходится один треугольник поверхности, а, следовательно, один тетраэдр купола, то геодезический купол Фуллера состоит из $2/3 \cdot 5120 \approx 3413$ тетраэдров.

Как следствие из теоремы Эйлера для многогранников, состоящих из пяти- и шестиугольников, число атомов в фуллерене составляет $n = 20 + 2N_6$. Тогда количество шестиугольников составляет **2550** (количество пятиугольников всегда **12**).

Проверяя решения участников, авторы с удивлением обнаружили, что у Бакминстера Фуллера было 2 похожих чертежа купола, в каждом из которых ребро икосаэдра проходит по 16 треугольникам. Только в Монреальском куполе ребро проходит по ребрам внешних треугольников, а в более ранней версии чертежа (рис. 2б в условии) – по их высотам. Решения, в которых расчет велся по этому чертежу (**192** треугольника на грани и **3840** атомов, соответствует 8-му фуллерену икосаэдрического ряда $60 \cdot n^2$) засчитывались как верные.

3. Приравняем площадь поверхности фуллерена к площади описанной сферы: $S = 4\pi R^2$
Исходя из элементарной геометрии, площадь одного правильного шестиугольника $3\sqrt{3}a^2/2$, тогда, пренебрегая площадью пятиугольников, получаем $4\pi R^2 = N_6 \cdot 1.5\sqrt{3}a^2$,

откуда

$$a = 2R\sqrt{\pi/(1.5\sqrt{3}N_6)} = 70\sqrt{\pi/(1.5\sqrt{3} \cdot 2550)} = 1.5 \text{ м.}$$

Тогда «модель» в $1.5(\text{м})/0.142 \cdot 10^{-9} (\text{м}) = 1.06 \cdot 10^{10}$ раз больше реальной молекулы.

Выпуклые многогранники (2013, заочный тур, Математика, 7 – 9 класс)

1. Общее число граней: $\Gamma = \Gamma_3 + \Gamma_4 + \Gamma_5 + \Gamma_6 + \Gamma_7 + \Gamma_8 + \dots$

Общее число рёбер: $P = 1/2 \cdot (3\Gamma_3 + 4\Gamma_4 + 5\Gamma_5 + 6\Gamma_6 + 7\Gamma_7 + 8\Gamma_8 + \dots)$

Общее число вершин: $V = 1/3 \cdot (3\Gamma_3 + 4\Gamma_4 + 5\Gamma_5 + 6\Gamma_6 + 7\Gamma_7 + 8\Gamma_8 + \dots)$

Тогда, подставляя в теорему Эйлера, получаем:

$$1/3 \cdot (3\Gamma_3 + 4\Gamma_4 + 5\Gamma_5 + 6\Gamma_6 + 7\Gamma_7 + 8\Gamma_8 + \dots) - 1/2 \cdot (3\Gamma_3 + 4\Gamma_4 + 5\Gamma_5 + 6\Gamma_6 + 7\Gamma_7 + 8\Gamma_8 + \dots) + \Gamma_3 + \Gamma_4 + \Gamma_5 + \Gamma_6 + \Gamma_7 + \Gamma_8 + \dots = 2$$

Общее уравнение, связывающее число граней разного типа:

$$3\Gamma_3 + 2\Gamma_4 + \Gamma_5 = 12 + \Gamma_7 + 2\Gamma_8 + \dots + (n-6)\Gamma_n$$

2. Число шести-, семи-, восьмиугольных граней может быть произвольным, но не существует выпуклых многогранников, составленных только из этих многоугольников, обязательно должны присутствовать и/или треугольные, и/или четырёхугольные, и/или пятиугольные грани (уравнение $n/3 \cdot \Gamma_n - n/2 \cdot \Gamma_n + \Gamma_n = 2$ или $(n-6)\Gamma_n = 12$ не имеет целочисленного решения при $n \geq 6$).

Для $n = 3$ находим: $\Gamma_3 = 12/3 = 4$ треугольных грани – тетраэдр (рис. 1а);

$n = 4$ находим: $\Gamma_4 = 12/2 = 6$ четырёхугольных граней – куб (рис. 1б);

$n = 5$ находим: $\Gamma_5 = 12/1 = 12$ пятиугольных граней – додекаэдр (рис. 1в).

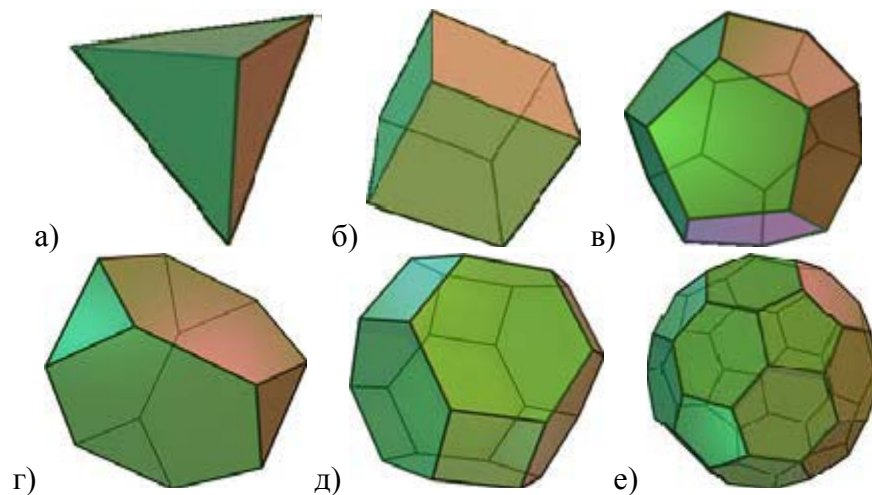


Рис. 1. Платоновы тела: а) тетраэдр, б) куб, в) додекаэдр.
 Архимедовы тела: г) усеченный тетраэдр, д) усеченный октаэдр, е) усеченный икосаэдр.

3. а) Преобразуем тетраэдр: минимально возможно $4 \cdot 3 = 12$ изолированных вершин; итоговый многогранник - *усеченный тетраэдр* (рис. 1г), то есть, 4 треугольных и $(12 \cdot 3 - 3 \cdot 4) / 6 = 4$ шестиугольных грани.

б) Преобразуем куб: минимально возможно $6 \cdot 4 = 24$ изолированных вершины; итоговый многогранник - *усеченный октаэдр* (рис. 1д), то есть, 6 квадратных и $(24 \cdot 3 - 4 \cdot 6) / 6 = 8$ шестиугольных граней.

в) Преобразуем додекаэдр: минимально возможно $12 \cdot 5 = 60$ изолированных вершин; итоговый многогранник - *усеченный икосаэдр* (рис. 2е), то есть, 12 пятиугольных и $(60 \cdot 3 - 12 \cdot 5) = 20$ шестиугольных граней.

Многогранники, составленные не менее чем из двух видов правильных многоугольников, называются Архимедовыми телами (Архимедовыми многогранниками).

4. В наномире наиболее часто встречается усеченный икосаэдр – это фуллерен C_{60} . Усеченные тетраэдр и октаэдр могут встретиться, например, среди ячеек каркасных структур или среди кластеров.

Математика кластеров (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)

1. Икосаэдрическую симметрию также имеют капсиды некоторых вирусов, фуллерен C_{60} , квазикристаллы (Нобелевская премия по химии, 2011 г), а также молекулы ряда высших боранов.

2. Вывод формулы:

1) Исходя из рисунка, запишем значение первых пяти членов искомой последовательности:

$$n = 1, N = 1 + 12 = 13$$

$$n = 2, N = (1 + 12) + 12(\text{по одному на каждую вершину}) + 30(\text{по одному на каждое ребро}) = 55$$

$$n = 3, N = (1 + 12) + (12 + 30) + 12(\text{по одному на каждую вершину}) + 2 \cdot 30(\text{по два на каждое ребро}) + 20(\text{по одному на каждую грань}) = 147$$

$n = 4, N = (1 + 12) + (12 + 30) + (12 + 2 \cdot 30 + 20) + 12(\text{по одному на каждую вершину}) + 3 \cdot 30(\text{по три на каждое ребро}) + 3 \cdot 20(\text{по три на каждую грань}) = 309$

$n = 5, N = (1 + 12) + (12 + 30) + (12 + 2 \cdot 30 + 20) + (12 + 3 \cdot 30 + 3 \cdot 20) + 12(\text{по одному на каждую вершину}) + 4 \cdot 30(\text{по четыре на каждое ребро}) + 6 \cdot 20(\text{по шесть на каждую грань}) = 561$

Таким образом, получаем ряд **13, 55, 147, 309, 561...**

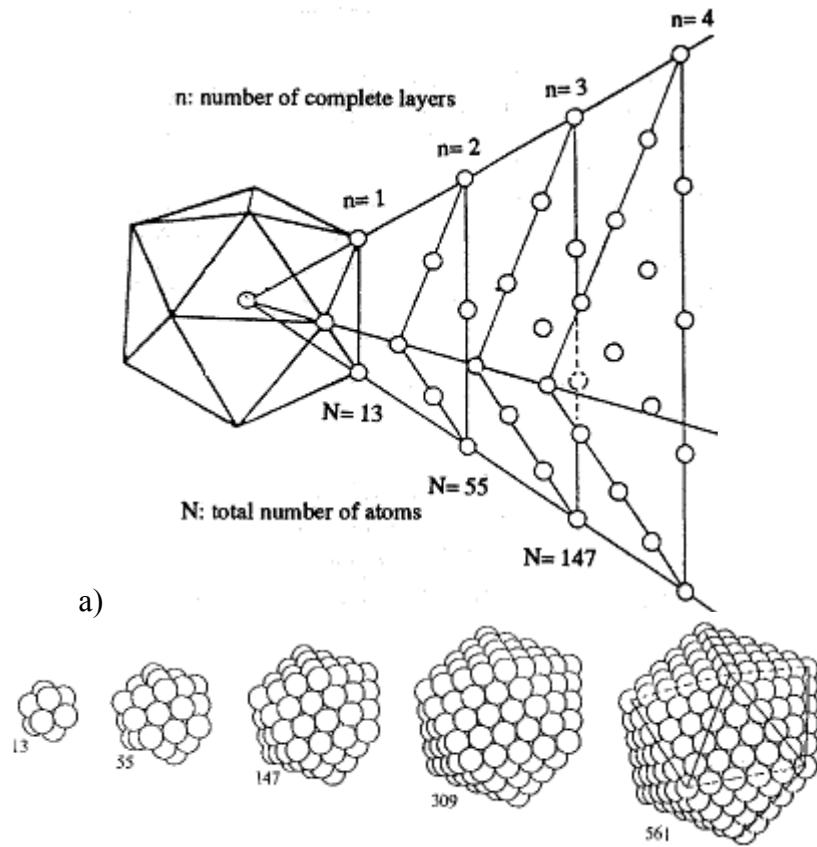


Рис. 2. Принцип послойного формирования простейших икосаэдрических кластеров: а) зависимость вида грани икосаэдра от порядкового номера оболочки **n**. б) внешний вид кластеров с **n = 1 – 5: 13, 55, 147, 309, 561**.

2) При внимательном рассмотрении оказывается, что N_n (n -ый член рассматриваемой последовательности) можно представить как n -ую частичную сумму членов еще одной последовательности $N_n = \sum_{m=0}^n M_m$, которая, в свою очередь, может быть

записана как:

$$1, 12, (12 + 30), (12 + 2 \cdot 30 + 20), (12 + 3 \cdot 30 + 3 \cdot 20), (12 + 4 \cdot 30 + 6 \cdot 20) \dots$$

или **1, 12, 42, 92, 162, 252** ... – где каждый член – это число атомов в n -ом слое икосаэдрического кластера, начиная с нулевого – центрального атома.

3) Выведем формулу общего члена данного ряда M_m – зависимости числа атомов в икосаэдрическом слое от номера слоя.

I Способ: Для этого надо записать разности $M_{m+1} - M_m$ для $m > 0$ ($M_0 = 1$):

$$M_2 - M_1 = 42 - 12 = 30 = 10 + 20$$

$$M_3 - M_2 = 92 - 42 = 50 = 10 + 2 \cdot 20$$

$$M_4 - M_3 = 162 - 92 = 70 = 10 + 3 \cdot 20$$

$$M_5 - M_4 = 252 - 162 = 90 = 10 + 4 \cdot 20$$

или

$$M_2 = M_1 + 10 + 20$$

$$M_3 = M_2 + 10 + 2 \cdot 20 = M_1 + 10 + 20 + 10 + 2 \cdot 20$$

$$M_4 = M_3 + 10 + 3 \cdot 20 = M_2 + 10 + 3 \cdot 20 = M_1 + 10 + 20 + 10 + 2 \cdot 20 + 10 + 3 \cdot 20$$

$$M_5 = M_4 + 10 + 4 \cdot 20 = M_3 + 10 + 3 \cdot 20 + 10 + 4 \cdot 20 = M_1 + 10 + 20 + 10 + 2 \cdot 20 + 10 + 3 \cdot 20 + 10 + 4 \cdot 20$$

Анализируя последнюю группу выражений, можно вывести следующую формулу:

$$M_m = M_{m-1} + 10 + 20(m-1) \text{ для } m > 1 \text{ или } M_{m+1} = M_m + 10 + 20m \text{ для } m > 0.$$

Преобразуем:

$$M_{m+1} = M_1 + \sum_{k=1}^m (20k + 10) = M_1 + 10m + 20 \sum_{k=1}^m k = 12 + 10m + \frac{20m(m+1)}{2} = 12 + 10m + 10m^2 + 10m$$

$$M_{m+1} = 10m^2 + 20m + 12$$

$$M_m = M_{m+1} - (10 + 20m) = 10m^2 + 20m + 12 - (10 + 20m) = 10m^2 + 2$$

Таким образом, общий член данного ряда: $M_0 = 1$, $M_m = 10m^2 + 2$, $m > 0$.

(Вывод $\sum_{k=1}^m k = \frac{m(m+1)}{2}$ см. далее)

II Способ:

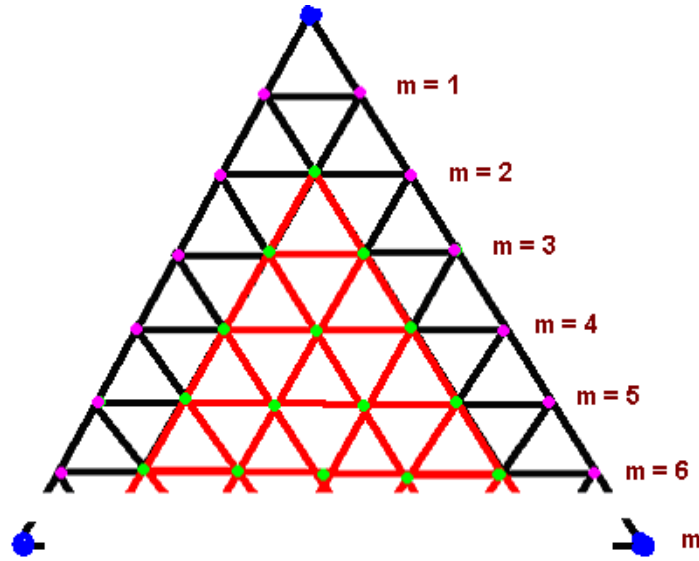


Рис. 3. Зависимость размера грани икосаэдра от порядкового номера оболочки m . Здесь: синим цветом отмечены атомы, лежащие в вершинах икосаэдра, пурпурным – на его рёбрах, салатовым – на гранях.

Как можно видеть из Рис. 1а и 3, в слое при любом m в каждой вершине треугольника будет по атому, на каждом ребре будет $(m - 1)$ атома, и (при $m > 2$) по $\sum_{k=3}^m (k - 2)$ атома на каждой грани. Поскольку у икосаэдра 12 вершин, 30 рёбер и 20 граней, то общее количество атомов в m -ном икосаэдрическом составит (при $m > 2$):

$$M_m = 12 + 30(m - 1) + 20 \sum_{k=3}^m (k - 2) - \text{вершины} + \text{рёбра} + \text{грани}$$

Заметим, что $\sum_{k=2}^m (k - 2) = \sum_{k=3}^m (k - 2) + 0$ для $m > 1$.

Преобразуем:

$$M_m = 12 + 30(m - 1) + 20 \sum_{k=2}^m (k - 2) = 12 + 30(m - 1) + 20 \sum_{k=2}^m k - 20 \sum_{k=2}^m 2$$

$$M_m = 12 + 30(m - 1) + 20 \left(\sum_{k=1}^m k - 1 \right) - 20 \cdot 2(m - 1) = 12 - 10(m - 1) - 20 \sum_{k=1}^m k - 20$$

$$M_m = 2 - 10m + 20 \sum_{k=1}^m k = 2 - 10m + 20 \frac{m(m+1)}{2} = 2 - 10m + 10m^2 + 10m = 10m^2 + 2$$

4) Подставляя в формулу для N_n полученную формулу общего члена ряда M_m и проводя ряд преобразований, получаем

$$N_n = 1 + \sum_{m=1}^n (10m^2 + 2) = 1 + 10 \sum_{m=1}^n m^2 + \sum_{m=1}^n 2 = 1 + 10 \sum_{m=1}^n m^2 + 2n.$$

5) Выведем замкнутые выражения для частных сумм $\sum_{k=1}^m k$ и $\sum_{m=1}^n m^2$. Для этого

воспользуемся методом приведения.

$$\sum_{m=1}^n (m+1)^2 = \sum_{m=1}^n (m^2 + 2m + 1) = \sum_{m=1}^n m^2 + 2 \sum_{m=1}^n m + \sum_{m=1}^n 1 = \sum_{m=1}^n m^2 + (n+1)^2 - 1$$

$$2 \sum_{m=1}^n m + \sum_{m=1}^n 1 = (n+1)^2 - 1$$

$$\sum_{m=1}^n m = \frac{1}{2} \left((n+1)^2 - 1 - n \right) = \frac{n^2 + 2n + 1 - 1 - n}{2} = \frac{n^2 + n}{2} = \frac{n(n+1)}{2}$$

$$\sum_{m=1}^n (m+1)^3 = \sum_{m=1}^n (m^3 + 3m^2 + 3m + 1) = \sum_{m=1}^n m^3 + 3 \sum_{m=1}^n m^2 + 3 \sum_{m=1}^n m + \sum_{m=1}^n 1 = \sum_{m=1}^n m^3 + (n+1)^3 - 1$$

$$3 \sum_{m=1}^n m^2 + 3 \sum_{m=1}^n m + \sum_{m=1}^n 1 = (n+1)^3 - 1$$

$$\sum_{m=1}^n m^2 = \frac{1}{3} \left((n+1)^3 - 1 - 3 \frac{n(n+1)}{2} - n \right) = \frac{2(n^3 + 3n^2 + 3n + 1) - 2 - 3n(n+1) - 2n}{3 \cdot 2} = \frac{3n^3 + 3n^2 + n}{6}$$

$$\sum_{m=1}^n m^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

Вывод выражений $\sum_{k=1}^m k = \frac{m(m+1)}{2}$ и $\sum_{m=1}^n m^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$ может быть сделан и другими

способами, подробнее см. Грехэм Р., Кнут Д., Паташник О.. *Конкретная математика.*

Основание информатики: Пер. с англ. – М.: Мир, 1998. – 703 с.

6) Тогда

$$N_n = 1 + 10 \sum_{m=1}^n m^2 + 2n = 1 + 2n + 10 \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} = 1 + 2n + 5 \frac{2n^3 + 3n^2 + n}{3} = \frac{1}{3} (10n^3 + 15n^2 + 11n + 3)$$

3. (1 балл) Число атомов N в икосаэдрическом кластере определяется числом слоев

вокруг центрального атома n по формуле $N_n = \frac{1}{3} (10n^3 + 15n^2 + 11n + 3)$.

Таким образом, кластеры: Au₁₃, Au₅₅, Fe₅₅, Fe₁₄₇, Pt₃₀₉(phen*)₃₆O₃₀, Pd₅₆₁(phen)₆₀(OAc)₁₈₀

4. Примерный размер кластера – это диаметр описанной вокруг икосаэдра окружности, то есть, удвоенная длина отрезка, исходящего из центра икосаэдра вдоль оси пятого порядка. В свою очередь, где r – радиус атома металла. $R \approx 2r$

Тогда оценочные размеры кластеров:

Кластер	Au ₁₃	Au ₅₅	Fe ₅₅	Fe ₁₄₇	Pt ₃₀₉	Pd ₅₆₁
n	1	2	2	3	4	5
r, нм	0,144	0,144	0,124	0,124	0,139	0,138
D, нм	0,864	1,44	1,24	1,736	2,502	3,036

Низшие фуллерены (2013, заочный тур, Математика, 10 – 11 класс)

1. Теорема Эйлера: $V - P + G = 2$.

Для многогранника, составленного из правильных пяти- и шестиугольников, в каждой вершине которого сходятся по 3 ребра, получаем: $1/3 \cdot (5G_5 + 6G_6) - 1/2 \cdot (5G_5 + 6G_6) + G_5 + G_6 = 2$ или $G_5 = 12$.

Число вершин в таком многограннике $V = 12 \cdot 5/3 + 6 \cdot G_6/3 = 20 + 2G_6$.

Тогда $G_6 = 1, 2$ и 3 отвечают, соответственно, C_{22}, C_{24}, C_{26} .

2. Фуллерен C_{22} , согласно формуле Эйлера, должен иметь одну шестиугольную грань. Чтобы построить его схему Шлегеля, спроецируем C_{22} на единственную шестиугольную грань. Тогда внутри шестиугольника необходимо разместить оставшиеся 12 пятиугольников. После добавления первых 6-ти вершин (рис. 1а) мы обязаны добавить между ними еще 6 вершин для образования пятиугольников (рис. 1б).

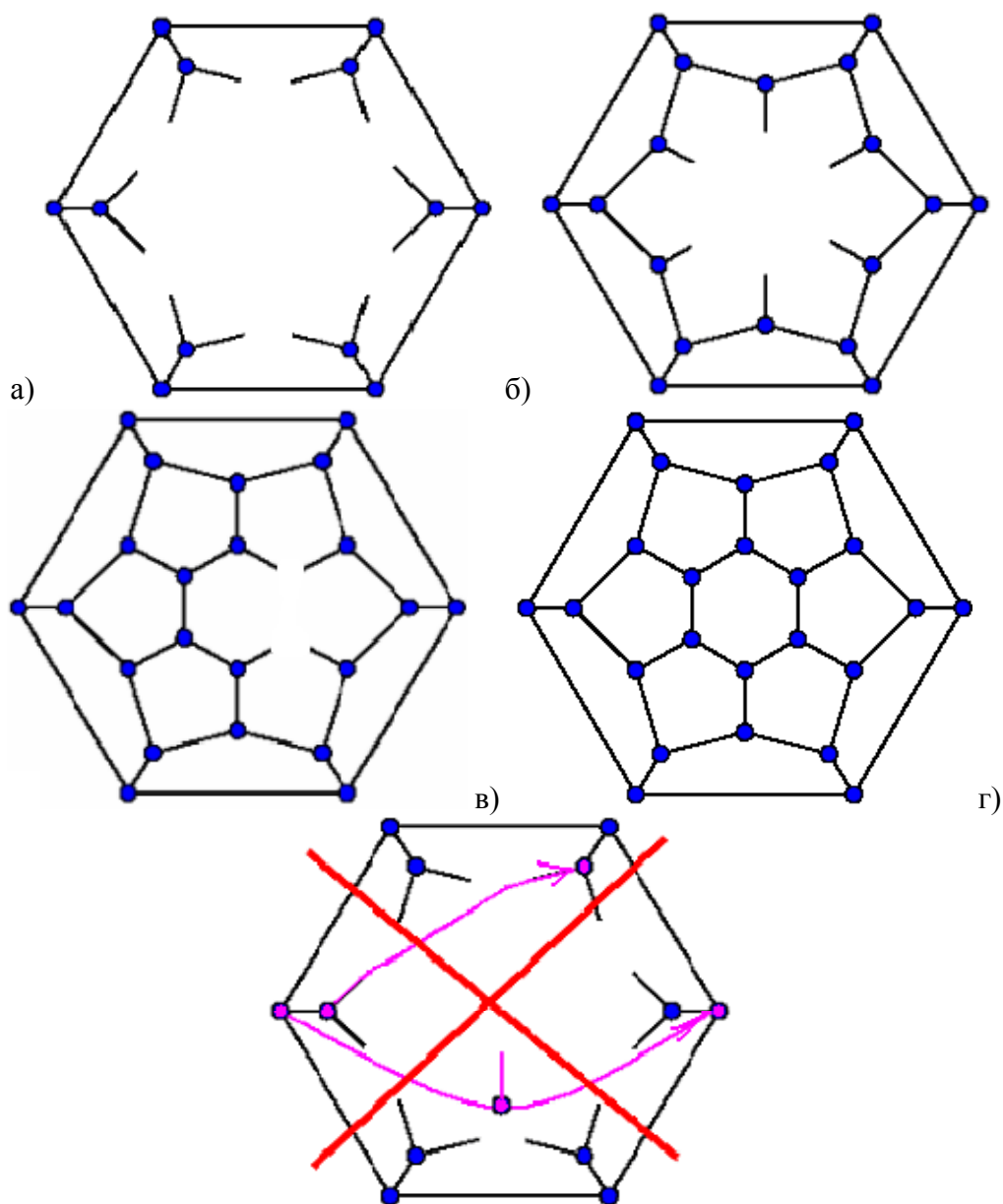


Рис. 1. Иллюстрация к ответу. а) каркас C_{12} , б) каркас C_{18} , в) фуллерен C_{24} , г) см. текст ответа

Построить пятиугольники другими способами (см. рис. 1г) без пересечения образовавшихся ребер внутри шестиугольника невозможно.

К полученному каркасу C_{18} (рис. 1б), добавлением 4-х атомов необходимо замкнуть 6 пятиугольников и получить фуллерен C_{22} . Добавить 4 атома с замыканием пятиугольников можно только одним способом, который не приводит к фуллерену. Добавляя еще 2 атома, получаем C_{24} (содержащий 12 пятиугольников и 2 шестиугольника).

Таким образом, фуллерен C_{22} нельзя построить, несмотря на то, что теорема Эйлера не накладывает запрет на его существование.

Чтобы определить количество изомеров C_{24} , надо попытаться построить его изомеры с другим расположением шестиугольников друг относительно друга. Если мы будем строить схему Шлегеля в шестиугольнике, то второй шестиугольник может быть расположен в первом ряду, во втором ряду или в центре. Поскольку по условию шестиугольники не соприкасаются, получаем каркас C_{21} (рис. 2а) в котором не хватает 3-х атомов, которые должны замкнуть 6 пятиугольников. Из них 2 атома мы обязаны добавить, как показано на рис. 2б, чтобы не возникло четырехугольников или пересечений. Один оставшийся атом не может замкнуть каркас рис. 2б с образованием 4-х пятиугольников. Однако добавлением 3 атомов можно получить C_{26} (рис. 2в).

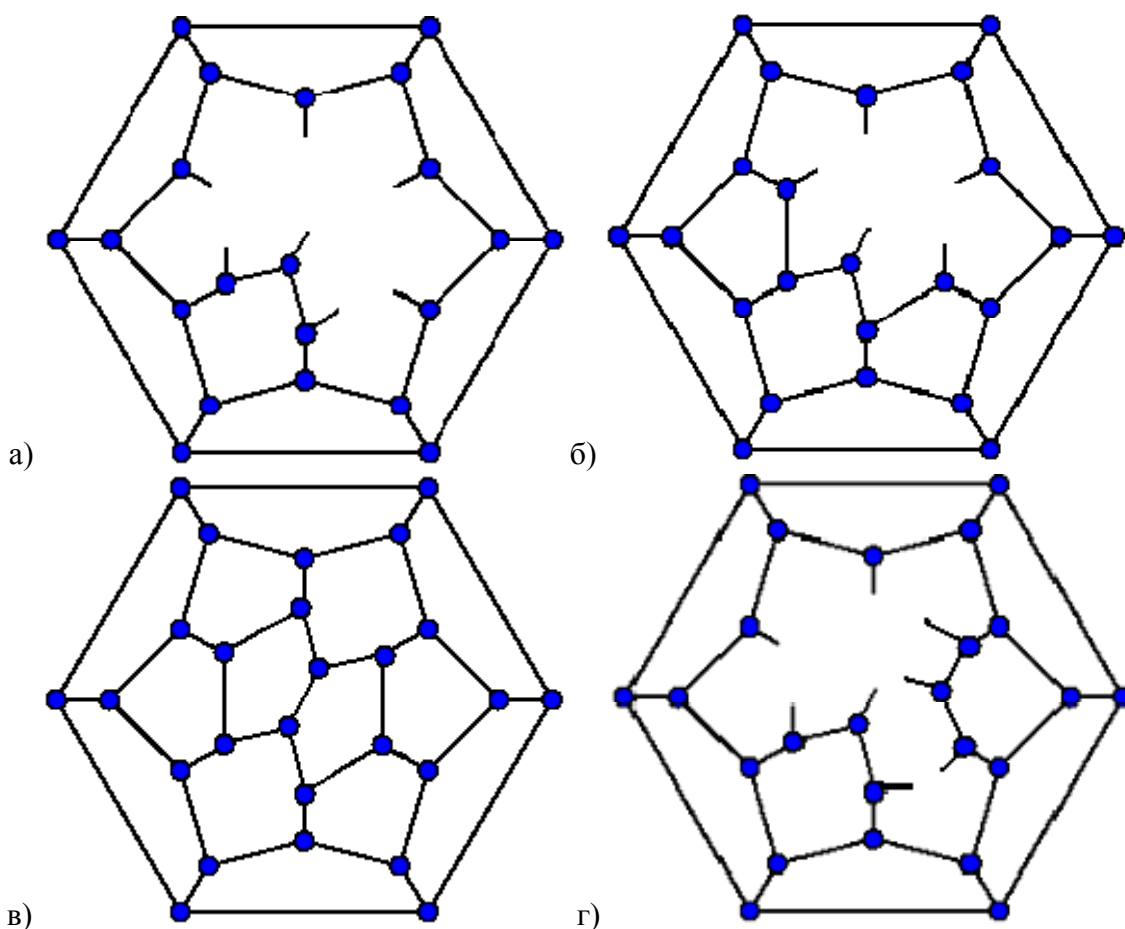


Рис. 2. – иллюстрация к ответу. а) каркас C_{21} , б) каркас C_{23} , в) фуллерен C_{26} , г) каркас C_{24} .

Чтобы доказать, что других изомеров C_{26} не существует, необходимо рассмотреть единственный оставшийся вариант расположения несоприкасающихся шестиугольников – каркас C_{24} (рис. 2г). Оставшиеся 2 атома углерода не могут замкнуть этот каркас, поэтому с таким расположением шестиугольников изомера C_{26} не существует.

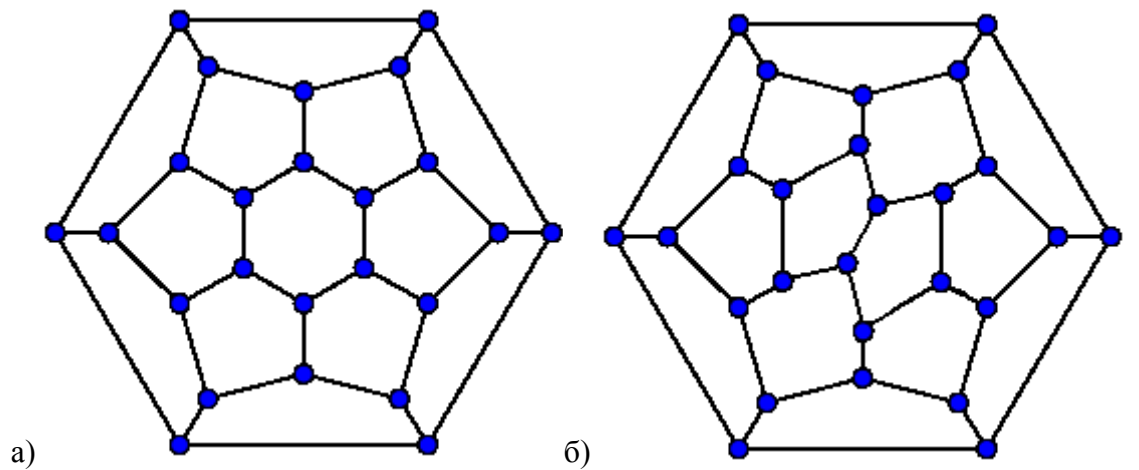


Рис. 3. Иллюстрация к ответу. Фуллерены C_{24} (а) и C_{26} (б) рядом (для наглядности).

Рассматривая гипербакибол (2013, заочный тур, Математика, 10-11 класс)

1. Многогранник X имеет шесть квадратных граней и восемь шестиугольных, может быть получен усечением как октаэдра, так и куба. X является усеченным октаэдром (поскольку он приходится ближе к октаэдру, чем к кубу).

2. Ячейка C_{60} содержит **20** шестиугольных граней, по которым граничит с усеченными октаэдрами, и **12** пятиугольных граней, по которым граничит с пятиугольными призмами. Пятиугольная призма имеет **2** пятиугольные грани, по которым граничит с бакибольными ячейками, и **5** квадратных граней, по которым граничит с усеченными октаэдрами. Усеченный октаэдр имеет **6** квадратных граней, по которым граничит с пятиугольными призмами, и **8** шестиугольных граней, из которых **4** граничат с бакиболами, а еще **4** – с соседними усеченными октаэдрами.

3. Пятиугольных граней будет столько же, сколько пятиугольников в 120 бакибольных ячейках, $120 \cdot 12 = \mathbf{1440}$. Пятиугольных призм – в два раза меньше, $1440/2 = \mathbf{720}$, поскольку каждая такая призма имеет, как указано ранее, две пятиугольных грани.

Количество квадратных граней – это увеличенное впятеро число пятиугольных призм, $720 \cdot 5 = \mathbf{3600}$.

Поскольку каждому усеченному октаэдру принадлежит по 6 квадратных граней, количество данных ячеек составляет $3600/6 = \mathbf{600}$.

Или: все шестиугольники ячеек C_{60} участвуют в образовании усеченных октаэдров, при этом каждый усеченный октаэдр имеет 4 общих с бакибольными ячейками шестиугольника, следовательно, всего имеется $120 \cdot 20/4 = \mathbf{600}$ усеченных октаэдров.

Количество шестиугольных граней – это сумма шестиугольных граней бакибольных ячеек и шестиугольных граней, лежащих между двумя усеченными октаэдрами: $120 \cdot 20 + 600 \cdot 4/2 = \mathbf{3600}$.

Ячейки гипербакибола: **120** бакиболов, **600** усеченных октаэдров, **720** пятиугольных призм.

Грани гипербакибола: **3600** шестиугольников, **1440** пятиугольников, **3600** квадратов.

4. От каждого атома отходит 4 ребра, каждое ребро принадлежит 2-м атомам, следовательно, гипербакибол содержит $7200 \cdot 4/2 = \mathbf{14400}$ ребер.

РЕШЕНИЯ ОЧНОГО ТУРА

Простые задачи по химии (2013, очный тур, Химия, простые задачи)

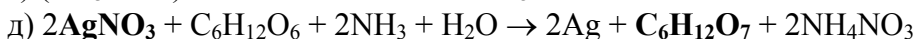
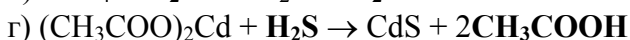
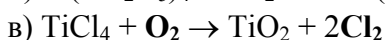
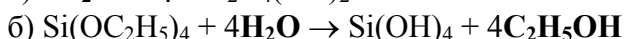
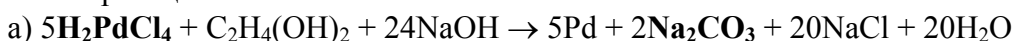
1. $\nu(\text{C}) = 8/12 = 0,667$ моль

$$\nu(\text{XY}) = 0,667 / 2 = 0,333 \text{ моль}$$

$$M(\text{XY}) = 27 / 0,333 = 81 \text{ г/моль} - \text{это оксид цинка, ZnO}$$

Типичная ошибка: приравниваются количества молей C и XY, что приводит к молярной массе 40,5 г/моль. Это неверно, так как равны количества атомов, а не молекул.

2. Уравнения реакций:



3. $\nu(\text{Ag}) = \nu(\text{AgNO}_3) = 1/170 = 5,88 \cdot 10^{-3}$ моль

$$m(\text{Ag}) = 5,88 \cdot 10^{-3} \cdot 108 = 0,635 \text{ г.}$$

$$V(\text{Ag}) = 0,635 / 10,5 = 0,0605 \text{ см}^3 = 6,05 \cdot 10^{19} \text{ нм}^3 \quad (1 \text{ см}^3 = (10^7 \text{ нм})^3 = 10^{21} \text{ нм}^3)$$

$$V(\text{наноч.}) = 4/3 \pi r^3 = 523,6 \text{ нм}^3$$

$$N(\text{наноч.}) = 6,05 \cdot 10^{19} / 523,6 = 1,16 \cdot 10^{17}.$$

Типичная ошибка: за 1 г принимается масса серебра, а не AgNO₃.

4. Молярная масса наноалмазов:

$$M(\text{C}_n) = 2,59 \cdot 10^{-19} \text{ г} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 156000 \text{ г/моль,}$$

$$n = 156000 / 12 = 13000$$

Типичные ошибки: число атомов меньше 1 или нецелое число, например 12993,48. Число атомов можно определить с точностью, не превышающей точность условий задачи, а именно – 3 значащие цифры.

5. Возьмем 100 г восстановленного графена.

$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = (98,36/12) : (1,64/1) = 5:1.$$

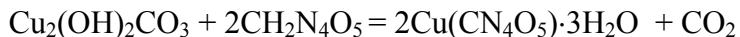
В графене каждый атом углерода может присоединить 1 атом водорода, поэтому гидрированными оказываются $1/5 = 20\%$ атомов углерода.

Синтез наночастиц (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

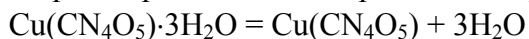
Бинарное соединение Z – CuO. Это следует как из упоминания соединения меди (малахит) в синтезе, так и из приведенных массовых и мольных долей.

Обработка мочевины азотной кислотой приводит к ее нитрованию. Формула полученного вещества по данным элементного анализа $\text{CH}_2\text{N}_4\text{O}_5$, что соответствует динитромочевине $\text{NO}_2\text{-NH-C(O)-NH-NO}_2$.

Динитромочевина обладает свойствами кислоты и образует соли:

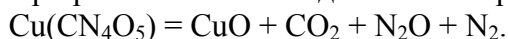


Из раствора выделяется кристаллогидрат, который в эксикаторе обезвоживается:



Из массовой доли меди в безводной соли находят ее формулу $\text{Cu}(\text{CN}_4\text{O}_5)$, а из массовой доли меди в кристаллогидрате – формулу кристаллогидрата $\text{Cu}(\text{CN}_4\text{O}_5) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

При разложении безводной соли образуются наночастицы оксида меди(II):



Из 1,00 г безводной соли образуется 0,38 г оксида меди(II).

Нано-Мойдодыр (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

Определить металл можно по переходу Б → В. Составим уравнение:

$$(M_r(\text{мет}) + 35,5 \cdot n) \cdot 1,4947 = M_r(\text{мет}) + 59n,$$

где $M_r(\text{мет})$ – молярная масса металла, а n – его валентность. Валентность можно считать постоянной, так как процесс превращения хлорида металла в его изопропилат не является окислительно-восстановительным. Преобразуем уравнение

$$0,4947 \cdot M_r(\text{мет}) = 5,94 \cdot n$$

и переберём валентности от 1 до 8:

n	Элемент
1	12 углерод
2	24 магний
3	36 хлор
4	48 титан
5	60 кобальт
6	72 германий
7	84 криптон
8	96 молибден

Подходят магний и титан, но хлорид магния нерастворим в бензоле, так как является ионным соединением. Хлорид титана ковалентен и растворим хорошо. Итак, зашифрованные вещества

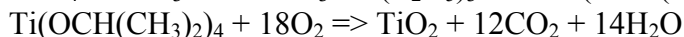
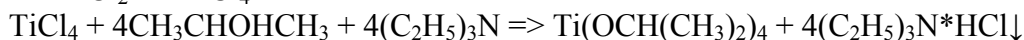
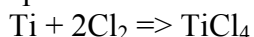
А – титан

Б – хлорид титана TiCl_4

В – изопропилат титана $\text{Ti}(\text{o-iPr})_4$, $\text{Ti}(\text{OCH}(\text{CH}_3)_2)_4$

Г – двуокись титана

Напишите уравнения проведённых реакций. Почему было необходимо добавлять триэтиламин?



Реакция образования изопропилата титана из его хлорида является равновесной, для смещения равновесия необходимо удалять хлороводород, что достигается добавлением амина.

Почему кафель проявлял бактерицидную активность при падении ультрафиолета?

При падении ультрафиолета на частицах двуокиси титана происходит распад воды с образованием активных форм кислорода (АФК), в основном $\text{OH}\cdot$, АФК разрушают органические вещества и вызывают гибель любых бактерий и спор, дезактивацию вирусов любого типа.

Подобные наночастицы были предложены и применялись в качестве компонента солнцезащитных кремов, что вызвало резкое увеличение заболеваемости раком кожи, после чего они были запрещены. Поясните предпосылки их применения и причины столь пагубного действия.

Наночастицы двуокиси титана является широкозонным полупроводником, эффективно поглощающим ультрафиолетовое излучение. Кроме того, давно была известна низкая токсичность компактной двуокиси. Совокупность этих факторов (эффективность и низкая токсичность) вызвала предложение их в качестве солнцезащитного крема. Причины пагубного действия заключались в АФК, которые эти наночастицы генерировали в коже. АФК вызывали повреждения ДНК и перерождение клеток в злокачественные.

Предшественники фуллеренов (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

1. Рассчитаем массу углерода в каждом из трех соединений:

$$m(\text{C}) = \frac{2,749\text{г}}{44,01\frac{\text{г}}{\text{моль}}} \cdot \frac{12,01\text{г}}{\text{моль}} = 0,7502\text{ г}$$

Тем самым, соединения А-С не могут состоять только из углерода и должны содержать еще какие-то элементы. Так как при сгорании исходных веществ образуется только углекислый газ, то вторым элементом может выступать только кислород. Отсюда:

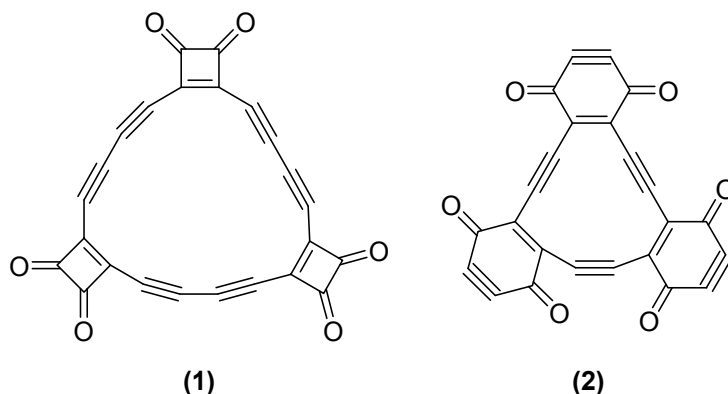
$$n(\text{C}):n(\text{O}) = \frac{0,7502}{12,01} : \frac{0,2498}{16,00} = 4:1$$

Другими словами, простейшая формула соединений А-С – C_4O .

Так как молекулярные массы соединений А, В и С относятся друг к другу как 3:4:5, то можно записать формулы этих веществ в виде $(\text{C}_{12}\text{O}_3)_n$, $(\text{C}_{16}\text{O}_4)_n$ и $(\text{C}_{20}\text{O}_5)_n$, соответственно (n - натуральное число).

Перейдем к диапазону масс. Пусть $n=1$, тогда молекулярная масса А составит 160,1 г/моль, что меньше нижней границы заданного в условии диапазона. Если же $n=3$, то молекулярная масса соединения С составит 960,6 г/моль, что выходит за верхнюю границу заданного интервала. Отсюда $n=2$, и молекулярные формулы соединений: А – C_{24}O_6 , В – C_{32}O_8 и С – $\text{C}_{40}\text{O}_{10}$.

2. Так как соединение А содержит всего 4 типа атомов углерода, то это должно быть высокосимметричное соединение. Кроме того, так как число sp^3 и sp^2 -гибридизированных атомов углерода в соединении А равно, то их должно быть по 12 каждого типа. В виду отсутствия алленовых группировок sp^3 -гибридизированные атомы углерода должны образовывать тройные связи ($-\text{C}\equiv\text{C}-$). Используя все полученные выводы и пункты условия, получаем две возможные структуры:

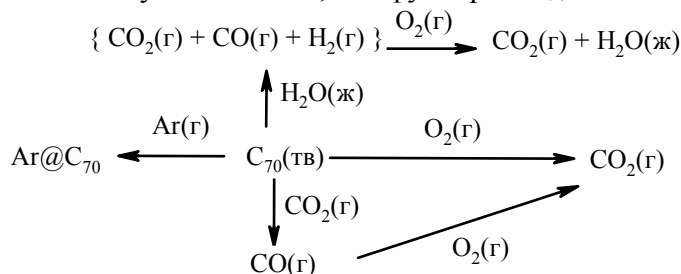


Однако, структура (2) будет не стабильна из-за наличия линейного фрагмента в цикле небольшого размера. Правильный ответ – структура (1).

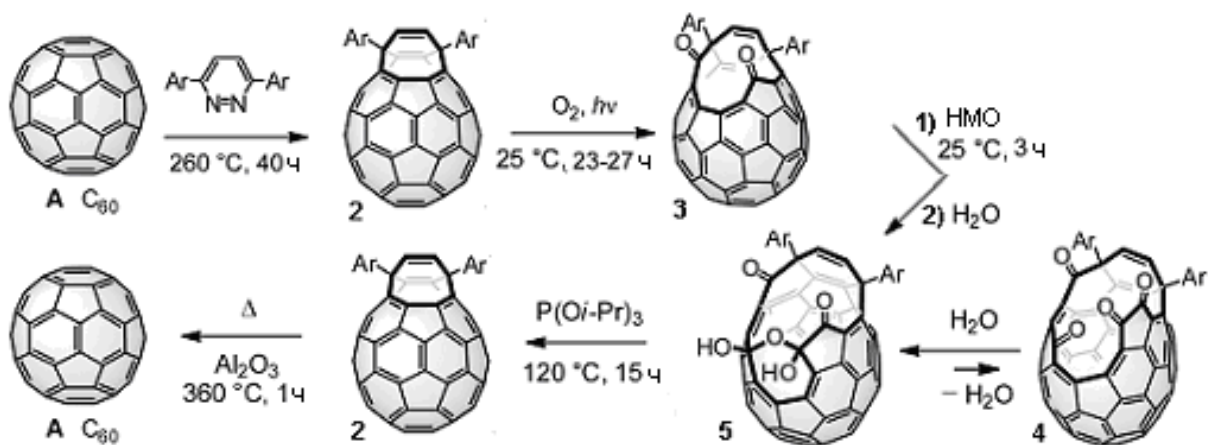
3. Под воздействием лазерного излучения происходит утеря исходными соединениями атомов кислорода (промежуточное соединение - углеродный кластер). Особенности структуры соединений А-С говорят в пользу того, что кислород элиминировался в виде CO, отсюда кластеры для базовых соединений будут содержать 18 (А), 24 (В), 30 (С) атомов углерода. Соответственно, только из углеродного интермедиата, образующегося из С, путем попарного взаимодействия катиона C_{30}^+ и неионизированной формы C_{30} образуется фуллерен C_{60}^+ .

Ошибка юного химика (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

1. Черный цвет простого вещества X говорит о возможном присутствии углерода. Поскольку $840/12 = 70$, это фуллерен C_{70} . $880-840=40 - Ar@C_{70}$ (E)



2. Юный химик хотел получить эндодральные комплексы фуллерена, но большинство выбранных газов, взаимодействуют с фуллеренами при высокой температуре. Данный подход можно использовать только с малореакционными по отношению к углероду газами – например, CO и N_2 , а также инертными газами. CO_2 и H_2O можно «поместить» вовнутрь фуллерена методами «молекулярной хирургии»: с помощью химических реакций проделывается и затем расширяется отверстие в фуллерене, через которое может проникнуть подходящая по размеру молекула, затем, отверстие последовательно сужается. Например, как было описано для фуллерена C_{60} в задаче «Разрежем и сошьем» заочного тура:



3. Для окисления CO, образующегося при неполном сгорании топлива, выходящие из двигателя внутреннего сгорания газы пропускают через каталитический конвертор (катализатор). Использование в каталитическом конверторе наночастиц позволяет экономить дорогие платиновые металлы.

Секретное задание (2013, очный тур, Химия, более сложные задачи)

1-2. Рассчитаем молярное соотношение воды и газа Y в эксперименте:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1,00 \text{ г}}{18,0 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 5,56 \cdot 10^{-2} \text{ моль};$$

$$n(\text{Y}) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101,3 \text{ кПа} \cdot 0,1723 \text{ л}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293,1 \text{ К}} = 7,16 \cdot 10^{-3} \text{ моль};$$

$$n(\text{вода}) : n(\text{Y}) = 5,56 \cdot 10^{-2} \text{ моль} : 7,16 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 7,75 : 1$$

Газ Y, образующийся в процессе сгорания проявляет кислотные свойства (реакция с гидроксидом натрия), что позволяет оставить в рассмотрении два варианта: CO₂ и SO₂.

В случае если Y – CO₂, X должен содержать кислород в количестве вещества:

$$n(\text{O}) = \frac{0,857 - 5,56 \cdot 10^{-2} \cdot 2,02 - 7,16 \cdot 10^{-3} \cdot 12,0}{16,0} = 4,12 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

Отсюда нетрудно видеть, что нетто-формула Y может быть записана как CH_{15,5}O_{5,75}.

Проанализируем результаты второго опыта. При -70 °C давление в камере создает исключительно аргон, нагревание приводит к следующему изменению давления:

параметр	порядковый номер измерения			
	1	2	3	4
T, °C	-70,0	20,0	100,0	125,0
p, кПа	40,62	58,63	74,64	79,64

Остаточные давления, создаваемые продуктами разложения X:

параметр	порядковый номер измерения			
	1	2	3	4
T, °C	-70,0	20,0	100,0	125,0
p, кПа	0	22,48	173,16	184,77

Отметим, что в интервале 100-125 °C увеличения количества газообразных частиц не происходит:

$$p(125(\text{C})) = (173,2 \cdot (273 + 125)) / (273 + 100) = 184,8 \text{ кПа}$$

Теперь нас интересуют только давления при 20 °C и 100 °C, которые необходимо привести к одному температурному значению:

$$p(100^{\circ}\text{C}) = (173,2 \cdot (273 + 20)) / (273 + 100) = 136,0 \text{ кПа}$$

Тогда соотношение давлений составит 1:6,05 (~1:6).

Единственное объяснение всех полученных фактов: **X** является гидратом какого-то газа (с точкой кипения ниже 20 °С).

Запишем формулу **X** следующим образом: $\text{C}_x\text{H}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$, (при числе атомов углерода более одного резко возрастает число атомов водорода для органической компоненты, что делает невозможным рациональные химические решения) для нее справедлива следующая система уравнений:

$$x + 2n = 15,5 \quad (1) \quad \text{и} \quad y + n = 5,75 \quad (2),$$

решение которой приводит к зависимости: $x - 2y = 4$. С химической точки зрения возможно только одно решение уравнения: $x=4$ и $y=0$. Поэтому вещество **X** – супрамолекулярное соединение метана с водой, гидрат метана $8\text{C}_x\text{H}_y \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ (или $\text{C}_4\text{H}_0 \cdot 5,75\text{H}_2\text{O}$).

Отметим, что давление пара воды при 20 °С искажает результаты второго эксперимента, завышая соотношение объемов образующихся при медленном нагревании газов (с 1:5,75 до 1:6,05).

В случае серы (**Y** – SO_2) адекватного решения получить не удастся.

3. Супрамолекулярную структуру **X**, размеры которой находятся в нанодиапазоне, легче всего описать, исходя из формулы $8\text{C}_x\text{H}_y \cdot 46\text{H}_2\text{O}$: компактные молекулы метана расположены в восьми полостях-многогранниках каркаса льда (причем шесть из них имеют большие размеры, чем две другие), искажая его архитектуру и удерживаясь при помощи ван-дер-ваальсовых сил.

Углекислый газ имеет простое линейное строение: $\text{O}=\text{C}=\text{O}$.

4. Гидрат метана – перспективный источник метана с огромными запасами, по некоторым оценкам превышающим все разведанные и неразведанные ресурсы оставшегося углеводородного сырья. Разработка месторождений газовых гидратов может принести ведущим нефтегазовым компаниям мира существенную прибыль в случае внедрения рентабельных технологий их извлечения и транспортировки полученного метана до конечного потребителя.

Кроме того, гидраты метана при определенных условиях (влажный природный газ, низкие температуры) могут образовываться внутри трубопроводов или скважин, отлагаясь на стенках и, тем самым, снижая пропускную способность, что требует введения ингибиторов гидратообразования, усиления теплоизоляции промышленных коммуникаций и т.д., что налагает существенные финансовые издержки на добывающие компании.

Давление в фуллерене (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

Запишем уравнение Менделеева-Клайперона $pV = \nu RT$. Здесь $V = 4/3\pi r^3$, $\nu = n/N_a$, $R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$, $T = 273 + 25 = 298\text{K}$.

$$\text{Тогда } p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{n/N_a RT}{4/3\pi r^3} \cdot \frac{1}{101325} = 9,69841 \frac{n}{r^3(\text{нм})} = 11,5 \text{ атм.}$$

Кластер в электрическом поле (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

При равновесии сила тяжести уравновешивается кулоновской силой: $F = 2eE$ и $F = mg$.

$$\text{Тогда } m = 2eE/g. \text{ Количество атомов в кластере } x = \frac{m}{M_{\text{Me}}} \cdot N_a \text{ или } x = \frac{2eEN_a}{M_{\text{Me}}g} = 181.$$

Мембрана (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

Удельная емкость – это емкость, приходящаяся на единицу площади $C_{уд} = C/S$ (как несложно догадаться из размерности величины). Емкость плоского конденсатора $C = S \cdot \epsilon_0 \epsilon / d = S \cdot C_{уд}$. Следовательно, $d = \epsilon_0 \epsilon / C_{уд} = 4,18 \text{ нм}$.

Нанонагреватель (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

$$t + \Delta t = t + \frac{j^2 P_{уд} \tau}{c \rho} \approx 20,9 \text{ с}$$

$$W = j^2 S P_{уд} l \approx 1,7 \cdot 10^{-13} \text{ Вт}$$

Масс-спектрометрия (2013, очный тур, Физика, простые задачи)

Поля изображены на рисунке. Магнитные поля перпендикулярны плоскости чертежа, электрическое присутствует только в селекторе, направлено горизонтально слева направо.

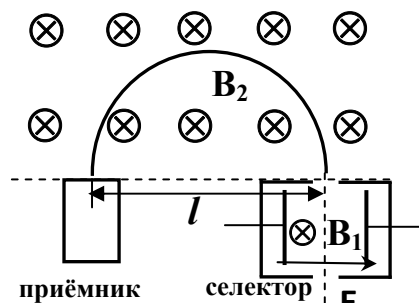
Условие того, что пучок ионов в селекторе имеет прямолинейную траекторию:

$$eE = eBV$$

$$V = \frac{E}{B}$$

$$\tau = \frac{\pi l}{V} = \frac{\pi l B}{E} \approx 7,9 \text{ мкс}$$

Ответ: время $\tau = 7.9 \text{ мкс}$.



Нанометрический штангенциркуль (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

В результате проделанной операции мы получаем билинзу. Ход лучей изображен на рисунке. Интерференция на экране получается в заштрихованной области. Билинза даёт 2 действительных изображения S_1 и S_2 , которые являются когерентными источниками. В результате сложения их колебаний, и получаются интерференционные полосы на экране.

Из схемы опыта Юнга, которая дает аналогичный результат для расчета положения интерференционных полос, имеем:

$$\frac{\lambda}{d} = \frac{\Delta y_1}{s} = \frac{\Delta y_2}{s+l}$$

, где d — расстояние между источниками S_1 и S_2 , s — расстояние от экрана до линии, соединяющей источники S_1 и S_2 .

$$d = \frac{\lambda l}{\Delta y_2 - \Delta y_1} = 2 \text{ мкм}$$

Простые преобразования позволяют получить:

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{L} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{FL}{L-F} = 10 \text{ см}$$

, где f - расстояние от линзы до источников S_1 и S_2 .

Искомую толщину Δx выразим из подобия треугольников:

$$\frac{\Delta x}{L} = \frac{d}{L+f} \Rightarrow \Delta x = \frac{Ld}{L+f} = 1 \text{ мкм}$$

Магнитный накопитель информации (2013, очный тур, Физика, сложные задачи)

Оценим плотность записи на внешней магнитной дорожке, где скорость считывания максимальна.

$$\rho = \frac{b}{2\pi Rv} = \frac{8 \cdot 600 \cdot 10^3 \text{ бит/сек}}{\pi \cdot 8,75 \text{ см} \cdot 120 \text{ об/сек}} = 1455 \frac{1}{\text{см}}, \text{ тогда размер домена, несущего бит}$$

информации составляет $\frac{1}{\rho} = 6,8 \text{ мкм}$. Оценка размеров вдоль радиального

$$\text{направления даёт } \frac{1}{M} = \frac{1}{2500 \text{ см}^{-1}} = 4 \text{ мкм}$$

Таким образом, магнитное поле, создаваемое доменом, на расстоянии 100 нм, можно считать однородным.

Рассчитаем искомый ток, используя законы Ома и электромагнитной индукции Фарадея:

$$= \frac{-\partial\Phi}{\partial t} = -NB \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{-NBvBv}{M} \approx 1,3 \text{ мВ} \Rightarrow I_1 = \frac{\quad}{R} = 1,3 \text{ кА}$$

В случае, когда зазор $d_2 = 10 \text{ мкм}$ магнитное поле, создаваемое доменом уже нельзя считать однородным.

Можно, в некотором предположении, считать, что поле домена создается круговым током. Радиус контура, по которому циркулирует ток можно принять равным $R = 5 \text{ мкм}$, как среднее. Для кругового тока зависимость индукции поля выглядит следующим образом:

$$B = \frac{2\mu_0 p}{4\pi(R^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}, \text{ где } p \text{ - дипольный момент домена, } d \text{ — зазор, } R \text{ — радиус.}$$

Зная поле вблизи поверхности, т. е. при $d_1 \ll R$, можно выразить поле при d_2 .

$$|\vec{B}_2| = \frac{R^3 |\vec{B}_1|}{(R^2 + d_2^2)^{\frac{3}{2}}} = |\vec{B}_1| \frac{5^3}{(5^2 + 10^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{|\vec{B}_1|}{\sqrt{125}} \approx 0,009 T$$

$$I_2 = \frac{I_1}{\sqrt{125}} \approx 116 \text{ А}$$

Ток

Капилляры информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

1. Капиллярный эффект объясняется наличием сил поверхностного натяжения, компенсирующих силу тяжести столба жидкости в капилляре. Высоту подъема жидкости за счет капиллярного эффекта можно рассчитать по формуле: $h = \frac{4\sigma}{\rho g d}$, где учитывается, что сила тяжести, действующая на столб жидкости в капилляре $F_T = mg = \rho h \pi \frac{d^2}{4} g$ уравнивается силой поверхностного натяжения $F_H = \sigma \pi d$. Подставляя известное значение $d = 300$ нм, получаем: $h \approx 99,22$ м.

2. Обычно для расчета параметров движения с силой сопротивления пропорциональной скорости требует решить дифференциальное уравнение. Однако, в данной задаче можно обойтись и без этого, если учесть результат, полученный в первой части задачи. Действительно, запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось x :

$$ma_x = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_B g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{PS} g - kV_x,$$

здесь первый член – сила Архимеда, второй – сила тяжести, третий – сила сопротивления. Первое и второе слагаемые – константы, так что пока могут быть обозначены как C . Умножим обе части уравнения на Δt и учтем, что $a_x \Delta t = \Delta V_x$ и $V_x \Delta t = \Delta x$:

$$m\Delta V_x = C\Delta t - k\Delta x.$$

Разобьем конечный интервал движения на много малых интервалов и просуммируем обе части уравнения по всем интервалам. Получим:

$$m(V_x - V_0) = C \cdot t - k(x - x_0).$$

Учет начальных условий $V_0 = 0$ и $x_0 = 0$ приводит к следующему выражению для скорости V_x :

$$V_x = \frac{C}{m}t - \frac{k}{m}x.$$

Окончательно, учитывая, что $C = \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_B - \rho_{PS})$, $\rho_{PS} = \rho_{Si}(1 - P) = 932 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{PS}$ и $x = h$, получаем выражение для искомой скорости $V = V_x$:

$$V = \frac{1}{\rho_{PS}} \left(g(\rho_B - \rho_{PS})t - \frac{kh}{\frac{4}{3}\pi r^3} \right) \approx 8,8 \text{ м/с}.$$

Такой же численный результат можно получить, интегрируя исходное дифференциальное уравнение и используя только известное время t .

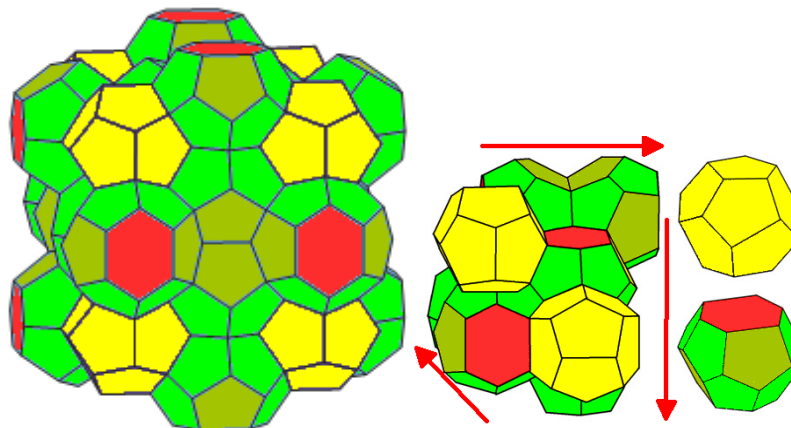
Клатраты – застывшая нанопена информации (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

1. Углы между связями (а значит и между ребрами многогранников) должны быть близки к тетраэдрическому (около 109°) из-за sp^3 гибридизации атома кислорода. В правильных многоугольниках углы между сторонами составляют 90° (квадрат), 108° (пятиугольник) и 120° (шестиугольник). Поэтому с точки зрения геометрии будет оптимальным, чтобы большинство граней были пятиугольными с небольшим количеством шестиугольных.

В каждом узле каркаса должно сходиться не более четырех ребер (кислород может образовать не более 4 связей), поэтому остальные приведенные в условии заполняющие пространство многогранники не подходят, так как в образующихся при их контактах узлах будет сходиться более четырех ребер.

Используемые при построении каркаса многогранники обладают большими соотношениями радиуса внутренней полости к стороне многогранника (например, молекулы гостя не поместятся в куб или октаэдр с ребром, равным длине водородной связи).

Если рассматривать клатраты как застывшую нанопену, то минимальной удельной энергией будет обладать такая пена, у которой форма пузырьков будет максимально приближена к сфере (с максимальным отношением объема к площади поверхности), то есть в виде додекаэдров и 14-тигранников, а не в виде других приведенных в условии многогранников. Ван-дер-ваальсовы силы между центральной сферической молекулой и оболочкой так же будут больше стабилизировать наиболее близкие по форме к сфере нанопузырьки.



2. Каждая шестиугольная грань 14-тигранника граничит с двумя додекаэдрами по двум противоположащим ребрам, при этом пары таких ребер взаимно перпендикулярны. Поэтому каждый 14-тигранник будет граничить с 4-мя додекаэдрами (их общие грани выделены более темным цветом). Каждый 14-тигранник содержит 2 шестиугольные грани, по которым граничит с соседними 14-тигранниками, а также 12 пятиугольных граней, из которых $12 - 4 = 8$ граней граничат с 14-тигранниками (отмечены зеленым). Таким образом, каждый 14-тигранник будет граничить с **10-ю** 14-тигранниками и **4-мя** додекаэдрами. Додекаэдр, в свою очередь, граничит с 12-ю 14-тигранниками, каждый из которых «разделен», как показано выше, между 4-мя додекаэдрами. Следовательно, в структуре клатрата на один додекаэдр приходится $12 \cdot (1/4) = 3$ четырнадцатигранника.

3. Каждая молекула воды принадлежит четырём граничащим ячейкам.

Возьмем N ячеек (достаточно большое число, чтобы пренебречь границами объемного образца). Всего среди них будет $N/4$ додекаэдрических и $N \cdot 3/4$ 14-тигранных ячеек в структуре «хозяина», которые будут заключать в себе N молекул «гостя» G .

Каждая вершина (молекула «хозяина», X) принадлежит одновременно 4 многогранникам, следовательно, на каждый додекаэдр приходится $1/4 \cdot 20$ молекул «хозяина», а на каждый 14-тигранник $1/4 \cdot 24$ молекулы «хозяина»

Тогда общее количество молекул «хозяина» в N ячейках будет:

$$(20 \cdot 1/4) \cdot N/4 + (24 \cdot 1/4) \cdot N \cdot 3/4 = N \cdot 5/4 + N \cdot 18/4 = N \cdot 23/4 = 5,75N$$

Значит, формула клатрата $G \cdot 5,75X$ ($CH_4 \cdot 5,75H_2O$).

Каждая элементарная ячейка содержит: $1/8 \cdot 8$ (в углах куба) + 1 (в центре куба) + $1/2 \cdot 2 \cdot 6$ (на гранях куба) = 8 молекул гостя. Следовательно, она также содержит $8 \cdot 5,75 = 46$ молекул воды.

4. Реальное содержание метана в газовом гидрате может быть меньше теоретически рассчитанного за счет того, что не заполнена часть додекаэдрических (имеющих меньший объем) ячеек.

5. Объем метана, содержащегося в 1 кг $CH_4 \cdot 5,75H_2O$:

$$m / (M(CH_4) + 5,75 \cdot M(H_2O)) \cdot V_m = 1000 / (16 + 5,75 \cdot 18) \cdot 22,4 = 187 \text{ л.}$$

Объем метана, содержащегося в 1 кг $CH_4 \cdot 5,99H_2O$:

$$m/(M(\text{CH}_4)+5,99 \cdot M(\text{H}_2\text{O})) \cdot V_m = 1000/(16+5,99 \cdot 18) \cdot 22,4 = 181 \text{ л.}$$

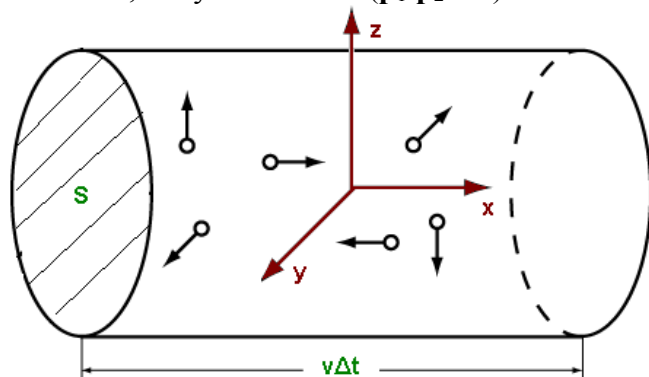
Физика графенового шара (2013, очный тур, Физика, более сложные задачи)

1. Согласно закону Бойля-Мариотта $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

Первоначальный объем газа равен объему углубления в подложке: $V_1 = \pi r^2 d$, объем пузыря при понижении давления составит: $V_2 = V_1 + \pi h(3r^2 + h^2)/6$.

Подставляя выражения для V_1 и V_2 в закон Бойля-Мариотта, получаем:

$p_1 \pi r^2 d = p_2 \pi r^2 d + p_2 \pi h(3r^2 + h^2)/6$, преобразуем: $h(3r^2 + h^2) = 6r^2 d(p_1/p_2 - 1)$ или, учитывая, что $3r^2 \gg h^2$, получаем $h = 2d(p_1/p_2 - 1)$ и $h \approx 129 \text{ нм}$.



2. Для оценки времени необходимо вспомнить логику вывода основного уравнения МКТ, а именно, расчет количества соударений со стенкой за единицу времени. Если считать, что направление движения каждой молекулы случайно, то вдоль оси x движется *примерно* каждая третья молекула, из них половина движется к отверстию, а половина – от отверстия. Если в единице объема содержится C_N молекул газа, то в сторону отверстия по оси x будут двигаться *примерно* $1/6 \cdot C_N$ молекул (на самом деле $1/4 \cdot C_N$, но в рамках школьной программы это строго не выводится). За время Δt путь молекулы со скоростью v составит $v\Delta t$. Тогда, при концентрации молекул в единице объема C_N , через отверстие с площадью S за время Δt полость покинет $1/6$ количества молекул, находящихся в объеме изображенного на рисунке цилиндра, или $\Delta N = 1/6 \cdot C_N S v \Delta t$. Концентрация молекул газа C_N в пузыре постоянна, поскольку давление в пузыре в течение всего процесса сдувания постоянно и равно атмосферному. Поскольку $PV = \nu RT = N/N_a \cdot RT = NkT$ и, по определению, $C_N = N/V$, то $C_N = P/(kT)$, тогда: $\Delta N = 1/6 \cdot C_N S v \Delta t = \frac{PSv\Delta t}{6kT}$.

Если *приблизительно* считать, что средняя скорость молекул близка к среднеквадратичной (на самом деле, она составляет $\sqrt{8/(3\pi)} \approx 0,92$ от среднеквадратичной), то, записав основное уравнение МКТ $E_k = 3/2 \cdot kT$ и $E_k = mv^2/2$, получаем, что $v = \sqrt{3kT/m}$. Подставляя v в формулу для ΔN , получаем:

$$\Delta N = \frac{PS}{6kT} \sqrt{\frac{3kT}{m}} \Delta t = PS \sqrt{\frac{1}{12mkT}} \Delta t \quad (\text{При этом точная формула } \Delta N = PS \sqrt{\frac{1}{2\pi mkT}} \Delta t, \text{ полученная без грубых приближений, дает результат, отличающийся в 1,38 раза).}$$

Поскольку $P\Delta V = \Delta NkT$, то $\Delta V = \frac{\Delta NkT}{P} = \frac{kT}{P} PS \sqrt{\frac{1}{12mkT}} \Delta t = S \sqrt{\frac{kT}{12m}} \Delta t = S \sqrt{\frac{RT}{12M}} \Delta t$ или, приравнявая ΔV объему пузыря (выступающего над плоскостью подложки), который равен

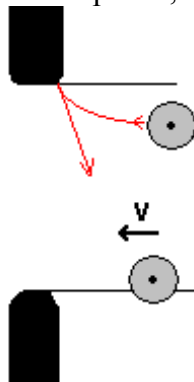
$\pi h(3r^2 + h^2)/6$, и учитывая, что $3r^2 \gg h^2$, получаем

$$\Delta t = \frac{\pi h 3r^2}{6} \frac{1}{S} \sqrt{\frac{12M}{RT}} = \frac{\pi h r^2}{S} \sqrt{\frac{3M}{RT}} = \frac{4\pi h r^2}{\pi d_0^2} \sqrt{\frac{3M}{RT}} = \frac{4hr^2}{d_0^2} \sqrt{\frac{3M}{RT}}$$

$$\Delta t = \frac{4 \cdot 129 \cdot 10^{-9} \cdot (5000 \cdot 10^{-9})^2}{(0,3 \cdot 10^{-9})^2} \sqrt{\frac{3 \cdot 4}{8,314 \cdot 298}} \approx 10 \text{ с (или 7,2 с при точном расчете без}$$

упрощений).

3. При переходе к субнанометровым размерам отверстия, приближения молекулярно-кинетической теории перестают работать: сказываются ненулевые размеры атомов и начинают проявляться взаимодействия между атомами газа и стенками отверстия. Так, некоторая часть атомов гелия, центр которых попадает в отверстие, не будут покидать полость, поскольку «край» атома будет «задевать» стенки отверстия. Со стороны стенок отверстия на атомы газа будет действовать сила Ван-дер-Ваальса, которая может исказить прямолинейные траектории атомов «притягивая» их к краям отверстия, таким образом, уменьшая количество «проскочивших» атомов.



Следовательно, можно предположить, что пузырь будет сдуваться медленнее, чем предсказывает МКТ.

Простые задачи по биологии (2013, очный тур, Биология, простые задачи)

1. Окислительный стресс – повреждение клеток под действием активных форм кислорода: O_2^- , перекись водорода, гидроксид-анион-радикал, пероксинитрит, оксид азота (II).

Предпочтительнее всего доставка в ядро, затем – митохондрии, так как будет происходить повреждение ДНК, приводя к нарушению синтеза леточных белков и, как следствие, к гибели клеток. В норме АФК образуются в митохондриях за счет переноса электрона из середины дыхательной цепи на кислород с образованием анион-радикала кислорода.

2. От центра клетки к синаптическому окончанию осуществляет движение кинезин по микротрубочкам, расщепляется АТФ.

3. Однонаправленное распространение нервного импульса по нервному волокну определяется строением натриевых каналов. Натриевый канал имеет два типа «ворот»: активационные и инактивационные. В состоянии покоя активационные ворота закрыты, а инактивационные открыты. При активации канала открываются активационные ворота, и ионы натрия поступают в клетку, после чего закрываются инактивационные ворота. На восстановление исходной конформации канала требуется время, это и препятствует быстрой повторной активации уже «отработавшего» канала.

4. Ретровирусы были популярны в качестве основы для создания векторов из-за того, что они относительно легко проникают в клетку и способны заразить множество клеток (благодаря наличию транскриптазы образуется ДНК, а с помощью инвертазы уже ДНК вируса встраивается в геном клетки хозяина и начинают создаваться копии вируса, так

как становятся частью генома хозяина). Недостатки, клетки должны быть делящимися, трудно рассчитать куда ретровирусы встраиваются – встраивание в важный ген, может привести к его выключению, что может привести клетку к гибели

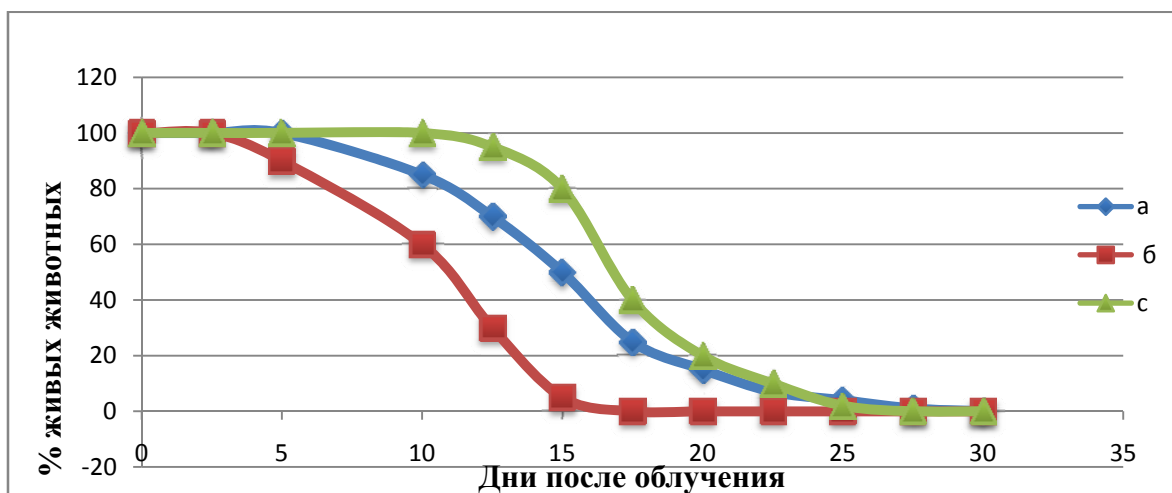
Вирусы представляют из себя ДНК или РНК упакованную в капсид из белка, который иногда еще дополнительно покрыт липидной оболочкой, образованной из мембраны клетки-хозяина.

Беспородные крысы (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)

1) На рисунке кривые гибели крыс после облучения в дозе 10 Гр

(а) беспородные; б) линия Alfa; с) линия Gamma)

Так как линейные животные получены в результате близкородственного скрещивания, то они генетически однородны в отличие от беспородных – поэтому облучение в летальной дозе вызывает гибель животных в узком временном диапазоне.



2. В настоящее время предполагают, что защитное действие радиопротекторов одномоментного кратковременного действия основано на способности радиопротектора: 1) снижать количество кислорода в тканях, тем самым вызывая тканевую гипоксию и снижая возможность образования кислородных радикалов во время облучения; 2) служить «ловушкой» радикалов, образующихся в процессе облучения; 3) защищать критические молекулы клетки (ДНК, РНК и белки) 4) повышать биохимическую устойчивость клеток и тканей в связи с тем, что радиопротекторы кратковременно тормозят различные радиочувствительные клеточные процессы, как например синтез ДНК и РНК, окислительное фосфорилирование, синтез АТФ и др.

3. Кривая гибели всех трех популяций при профилактическом введении нашего радиопротектора по форме будет выглядеть также, но при этом не будет наблюдаться 100% гибели животных. При терапевтическом введении радиопротектора вероятней всего кривая гибели не будет отличаться от той, которую мы получили для животных, которым не вводили радиопротектор, так как действие радиопротекторов обычно эффективно при профилактическом введении.

Саморегуляция (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)

а. Следует кратко описать гуморальную регуляцию – за счет гормонов.

б. Имеется в виду паракринная регуляция – выделение в кровь или межклеточное вещество сигнальных молекул, диффундирующих к соседним клеткам, а иногда и на относительно большие расстояния, и действующие на рецепторы клеток-мишеней (например, нейромедиаторы, АТФ, оксид азота (II) и др.). в. Внутриклеточные сигнальные

молекулы – ионы Ca^{2+} , АТФ, инозитол-три-фосфат, оксид азота и др. Это молекулы, которые связываются со своими специфическими рецепторами-внутриклеточными белками и тем самым запускают другие клеточные процессы: открытие или закрытие ионных каналов, сокращение акто-миозинового комплекса, активацию или инактивацию ферментов и пр. Обратная связь может быть отрицательной и положительной. Отрицательная обратная связь нужна для того, чтобы система не оказалась сверх-активированной или наоборот, сверх-ингибированной. Положительная обратная связь в норме реализуется редко и нужна в редких случаях для чрезмерного усиления или подавления определенного процесса. Примером является положительная обратная связь, приводящая к нарастающему выделению гормона окситоцина при родах, стимулирующему схватки и все последующие стадии.

1. Различные нейродегенерации, связанные с нарушением синаптической передачи. На системном уровне при нарушении гормональной регуляции – гигантизм, карликовость и т.д.
2. Механизмы нарушения любого типа регуляции при действии наночастиц можно условно разбить на три типа: нарушение выделения гормона-сигнальной молекулы из синтезирующих их клеток (например, накопление в этих клетках наночастиц подавляет синтез гормонов), уменьшение концентрации гормона/сигнальной молекулы за счет их инактивации под действием наночастиц в кровеносном русле/лимфе или межклеточной среде и подавление действия гормона/сигнальной молекулы на клетки-мишени за счет повреждений клеток-мишеней и их гибели или, более частный случай, за счет инактивации под действием наночастиц рецепторов, с которыми связываются гормоны/сигнальные молекулы. Последний эффект может проявиться, например, при взаимодействии наночастиц с рецептором и изменении его конформации, в результате чего нужна молекула не связывается или связывается, но сигнал не передается дальше внутрь клетки.
3. Можно предположить, что при отсутствии в организме того или иного гормона, можно было бы создать наноразмерные капсулы, содержащие гормон и выделяющие его с определенными временными интервалами в нужных тканях.

Глаза насекомых (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)

1. Простой глазок - омматидий. На рисунке изображены: 1 - роговичная линза (первичная фокусировка света, защита глаза); 2 — кристаллический конус (фокусировка, проведение света); 3 — рабдом (часть светочувствительных клеток, проведение света, светочувствительность, генерация нервного импульса. Множество микроворсинок диаметром 50 нм), 4 — зрительные (светочувствительные) клетки (образуют рабдом); 5 - пигментные клетки (экранируют от окружающего света); 6 — аксоны зрительных клеток (проведение нервного импульса).
2. В составе рабдома микроворсинки расположены упорядоченно, во взаимно перпендикулярных направлениях. Т.о. рабдом функционирует как поляризатор света, пропускающий свет только определенного направления поляризации. В природе поляризованный свет наблюдается при отражении от поверхности, например, воды, а также частично поляризован голубой свет неба, рассеянный на малых флуктуациях микрочастиц в атмосфере. Т.к. в наибольшей степени поляризован свет от области неба, расположенной напротив направления на солнце, определение поляризации света позволяет определить положение солнца в том случае, когда оно закрыто облаками, и т.о. помогает ориентироваться в пространстве.
3. У насекомых, находящихся в разных условиях освещенности, пигментные клетки по-разному экранируют светочувствительные клетки омматидия. У дневных насекомых пигментные клетки полностью изолируют светочувствительную часть. У ночных – основная часть пигмента сосредоточена в области кристаллического

конуса, что позволяет свету из соседних омматидиев проникать на светочувствительные клетки других омматидиев. При увеличении освещенности пигмент распределяется более равномерно и картина напоминает глаза дневных насекомых.

4. Нанотекстурированная поверхность глаза насекомых позволяет уменьшить отражение света и т.о. повысить количество света, проникающего в глаз. Также это позволяет снизить отражение для коротковолновой части спектра, что обеспечивается УФ-чувствительность глаз насекомых. Кроме того, наноструктурированная поверхность обладая эффектом лотоса обеспечивается защиту глаза от капель воды. В оптике аналогом такого нанотекстурированного покрытия глаза может служить просветляющее покрытие линз тонкой (в 4 раза меньше длины волны) пленкой, также обеспечивающее снижение отражения.

Быть или не быть – вот в чем вопрос? (2013, очный тур, Биология, более сложные задачи)

1. Схема: пресинаптическая мембрана- щель- постсинаптическая мембрана, импульс передается слева направо.
2. При активации ГАМК-эргического синапса потенциал на мембране постсинаптической клетки снизится, т.к. ГАМК тормозный медиатор, вызывает активацию калиевых или хлорных каналов, что приводит к снижению МП. Глутамат – возбуждающий медиатор, вызывает вход катионов и увеличение МП (деполяризацию мембраны). Ацетилхолин в головном мозге является тормозным медиатором, т.к. там представлены в основном м-холинорецепторы, которые посредством G-белков активируют калиевые каналы, вызывают гиперполяризацию. В нервномышечных синапсах ацетилхолин возбуждающий медиатор, активирует натриевые каналы.
3. Каждый пузырек с медиатором, сливаясь с пресинаптической мембраной, выбрасывает порцию медиатора, который связывается с рецепторами на постсинаптической мембране, активирует соответствующие каналы и вызывает изменение потенциала на мембране – постсинаптический (ПСП) потенциал. По величине эти ПСП невелики – порядка 1-5 мВ, в то время как для достижения порогового значения МП необходимо смещение МП от потенциала покоя на величину порядка 20-40 мВ. При этом ПСП могут быть как возбуждающими (увеличивают МП), так и тормозными (снижают МП), это зависит от того, какой медиатор выделяется. Т.о. для генерации ПД на постсинаптической клетке необходимо такое количество пузырьков с медиатором, которое вызовет смещение МП до пороговых значений. Если на клетке расположено несколько синапсов (а их обычно бывает много), то часть из них могут быть возбуждающими, а часть тормозными, на постсинаптической мембране (по все клетке) происходит суммация ПСП. Когда суммарное значение ПСП на аксоном холмике (с месте отхождения аксона) превышает пороговое значение, происходит генерация ПД.
4. 1 – ПД, 2 – нет, 3 – нет, 4 – ПД, 5 - нет

Гекко-скотч (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

Сила крепления одного волоска составляет $F_1 = F \cdot S_1$.

Всего необходимо $N = \frac{mg/(\omega/100)}{F_1} = \frac{mg \cdot 100}{FS_1\omega}$ таких волосков.

Площадь, приходящаяся на один волосок, равна $S' = 1/n$.

Тогда искомая площадь скотча:

$$S = S' \cdot N = \frac{mg \cdot 100}{n \cdot 10^4 \cdot F \cdot 10^3 \cdot S_1 \cdot 10^{-12} \omega} = \frac{mg \cdot 10^7}{nFS_1\omega} (\text{м}^2) = \frac{mg \cdot 10^{11}}{nFS_1\omega} (\text{см}^2).$$

$$S_1 = 1300 \text{ мкм}^2$$

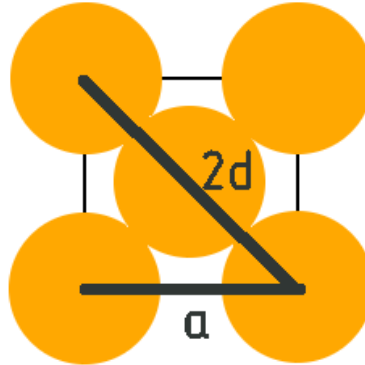
$$N = 29100 \text{ шт/см}^2$$

$$F = 45 \text{ кН/м}^2$$

$$M = 75 \text{ кг}$$

$$S = 432 \text{ см}^2$$

Нанотрубка из металла (2013, очный тур, Математика, простые задачи)



1) Найдем диаметр атома металла. Для начала запишем объем кубической гранецентрированной ячейки через диаметр атома металла d : $V = (d\sqrt{2})^3 = 2\sqrt{2}d^3$. На одну ячейку приходится $8/8 + 6/2 = 4$ атома металла.

То есть, плотность металла можно записать как: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4/N_a \cdot M}{2\sqrt{2}d^3}$.

Тогда диаметр $d = \sqrt[3]{\sqrt{2}M/(\rho \cdot N_a)} = 0,289 \text{ нм}$.

2) Найдем диаметр металлической нанотрубки через длину развертки: $D = d + x \cdot d/\pi$ (+ d , т.к. окружность длиной $x d$ проходит через центры атомов металла, а требуется найти внешний диаметр). $D = 1,69 \text{ нм}$.

Фуллерен (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

По условию $n = 84$.

Тогда $\Gamma_6 = n/2 - 10$, так как $n = V = 1/3(5\Gamma_5 + 6\Gamma_6)$ и $\Gamma_5 = 12$.

$P = 1,5n = P_1 + P_2$, так как каждая вершина – 3 ребра, каждое ребро – 2 вершины.

Итак, $P = 126$.

$P_1 = n$, что соответствует $2/3$ всех связей. $P_1 = 84$.

$P_2 = 0,5n$, что есть $1/3$ всех связей. $P_2 = 42$.

График (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

1. Проведя прямую, можно увидеть, что она пересекает горизонталь $y=-7$ в точке $x=1$ и вертикаль $x=0$ в точке $y=4$. Пусть уравнение прямой имеет вид $y=kx+b$. Тогда $-7=k+b$ и $4=b$, откуда $k=-11$, $b=4$ (у участников могли получиться другие числа в зависимости от выбора прямой и т. д.).

2. Решим уравнение $\ln(J/E^2)=-11/E+4$. По определению логарифма, $J/E^2=\exp(-11/E+4)$, откуда $J=E^2\exp(-11/E+4)$.

Нанопродукт 2.0 (2013, очный тур, Математика, простые задачи)

$$1. V_{N_2} = \frac{N_{N_2}}{N_a} \cdot V_m = \frac{\left(\frac{S_{y\delta} \cdot m}{S_{N_2}} \right) \cdot V_m}{N_a} = \frac{S_{y\delta} \cdot m \cdot V_m}{S_{N_2} \cdot N_a} = \frac{S_{y\delta} \cdot 5 \cdot 22,4}{0,162 \cdot 10^{-18} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}} = 1,148 \cdot 10^{-3} \cdot S_{y\delta}$$

л.

$$2) S_{y\delta} = \frac{V_{N_2}}{1,148 \cdot 10^{-3}} \text{ м}^3/\Gamma; S_{y\delta} = 313,57 \text{ м}^2/\Gamma$$

2. 1) $S_{y\delta} = \frac{S}{m} = \frac{S}{V \cdot \rho} = \frac{S_1 \cdot n}{V_1 \cdot n \cdot \rho} = \frac{S_1}{V_1} \cdot \frac{1}{\rho}$, где S_1, V_1 – площадь поверхности и объем одной гранулы, соответственно, n – число гранул.

$$2) \text{ Рассчитаем } \frac{S_1}{V_1} = S_{y\delta} \cdot \rho \text{ м}^{-1}; S_1/V_1 = 1,25 \cdot 10^9 \text{ м}^{-1}$$

3) Найдём линейные размеры гранул для каждого из случаев:

$$\text{а) шар: } \frac{S_1}{V_1} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r}, r = \frac{3}{S_1/V_1} = 2,39 \text{ нм};$$

$$\text{б) куб: } \frac{S_1}{V_1} = \frac{6a^2}{a^3} = \frac{6}{a}, a = \frac{6}{S_1/V_1} = 4,79 \text{ нм};$$

$$\text{в) цилиндр: } a = 2r, \frac{S_1}{V_1} = \frac{2\pi r^2 + 2\pi r \cdot a}{\pi r^2 \cdot a} = \frac{3}{r}, r = \frac{3}{S_1/V_1} = 2,39 \text{ нм}.$$

Изолированные шестиугольники (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)

1. 1 способ: Обозначим число пятиугольных граней как Γ_5 , шестиугольных – как Γ_6 . Каждый шестиугольник 6 раз, а каждый пятиугольник – 5 раз участвует в образовании вершин. Тогда условие (в каждой из вершин многогранника сходятся строго 2 пятиугольника и 1 шестиугольник) можно переписать как: $\frac{6\Gamma_6}{5\Gamma_5} = \frac{1}{2}$, то есть, вершин

пятиугольников в 2 раза больше, чем вершин шестиугольников. Любой выпуклый многогранник, составленный из пяти- и шестиугольных граней, сходящихся по 3 в вершинах, содержит ровно 12 пятиугольников. Значит, число шестиугольников равно $5 \cdot 12 / (2 \cdot 6) = 5$.

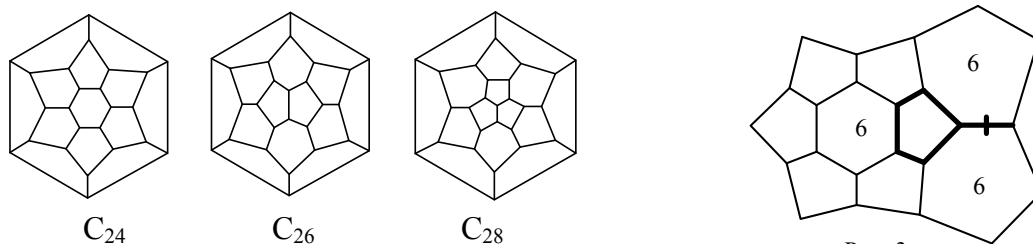
2 способ: Количество вершин фуллерена ($20 + 2\Gamma_6$) с ИШ должно быть больше или равно количеству вершин, принадлежащих шестиугольникам ($6\Gamma_6$), значит:

$$20 + 2\Gamma_6 \geq 6\Gamma_6 \Rightarrow \Gamma_6 \leq 5 \text{ и } N \leq 30$$

Если по условию отсутствуют вершины в которых сходятся только пятиугольники, то количество вершин фуллерена будет равно количеству вершин, принадлежащих шестиугольникам, $\Gamma_6 = 5$ и $N = 30$. Формула фуллерена C_{30} .

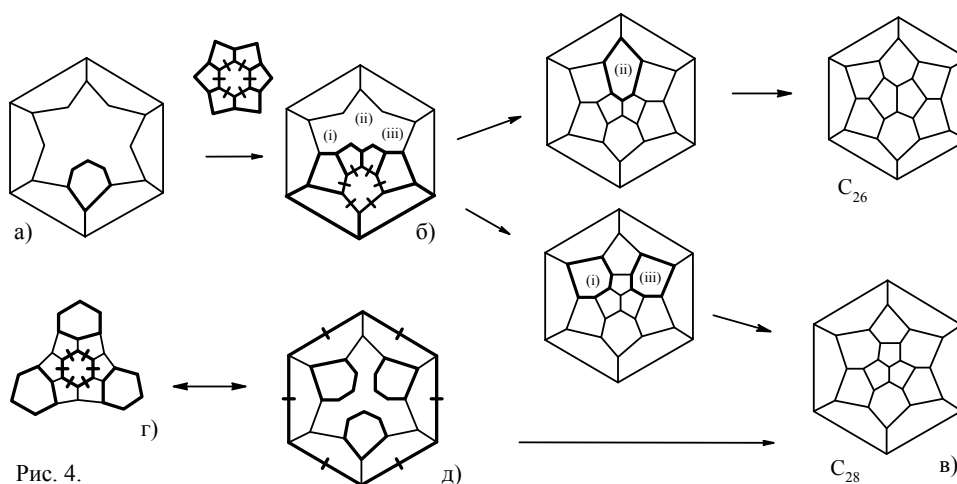
2. Если каждая вершина фуллерена принадлежит двум пятиугольникам и одному шестиугольнику, то все вершины любого пятиугольника должны принадлежать также и шестиугольникам. При этом неизбежно получаются два граничащих шестиугольника (рис. 3), что противоречит условию об их изолированности. Следовательно, невозможно построить фуллерен C_{30} с изолированными шестиугольниками.

3.



Комбинируя шаблоны рис. 2а с рис. 2б, получаем схему Шлегеля для C_{24} .

Построим на шаблоне рис. 2б еще один шестиугольник (рис. 4а). Поскольку он должен быть изолированным, то его необходимо окружить пятиугольниками – получаем схему рис. 4б. Полученный шаблон содержит 26 вершин, 10 пятиугольников и 2 шестиугольника, его нужно дополнить двумя пятиугольниками и максимальным количеством разделенных шестиугольников.



Шестиугольники могут находиться (относительно внешнего шестиугольника) в положениях (i), (ii), (iii). Если поместить шестиугольник в положение (ii), то получается фуллерен C_{26} . Если поместить шестиугольники в положения (i) и (iii), то добавляются два атома с образованием C_{28} . Очевидно, что добавить больше двух ИШ в каркас рис. 4б невозможно (в запасе остаются лишь 2 пятиугольника, которые могут разделять шестиугольники).

Построенный фуллерен C_{28} будет обладать симметрией тетраэдра (симметрично расположенные 4 шестиугольных грани и 4 принадлежащих пятиугольникам вершины).

При решении можно использовать и другие подходы:

Например, если рассмотреть шаблон рис. 2а, то наиболее плотно расположить на нем относительно внутреннего шестиугольника изолированные шестиугольники можно только как на рис. 4г (любые другие расположения приведут к противоречию рисунка 3).

Если внутренний шестиугольник шаблона рис. 4г рассматривать как внешний при построении проекции Шлегеля, то получаем рис. 4д. Окружая каждый образовавшийся шестиугольник пятиугольниками, получаем завершённую проекцию Шлегеля фуллерена C_{28} .

Также можно использовать предпосылку, что если не существует фуллерен C_{30} с разделенными шестиугольниками, то у фуллерена с максимальным количеством разделенных шестиугольников в некоторых вершинах будут сходиться по 3 пятиугольника. Если предположить, что таким фуллереном будет предыдущий фуллерен C_{28} , то количество вершин, в которых сходятся по три пятиугольника и количество шестиугольных граней будет равно четырем, из чего можно заключить, что Платоновое тело, симметрией которого обладает фуллерен – тетраэдр. После нахождения этих

основных структурных особенностей, уже несложно построить проекцию Шлегеля для этого фуллерена.

Икосаэдрический фуллерен (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)

1. Общее число вершин многогранника, состоящего из пяти- и шестиугольников, сходящихся в вершине по 3, равно: $N = 1/3 \cdot (5 \cdot \Gamma_5 + 6 \cdot \Gamma_6) = 20 + 2\Gamma_6$

Длина единичного вектора равна длине малой диагонали в правильном шестиугольнике:

$|\vec{r}_1| = |\vec{r}_2| = 2 \cdot a \cdot \cos(30) = a\sqrt{3}$, где a – длина стороны шестиугольника.

Запишем выражение для нахождения длины вектора $\vec{R} = n\vec{r}_1 + m\vec{r}_2$:

$$|\vec{R}|^2 = |n\vec{r}_1|^2 + |m\vec{r}_2|^2 - 2|n\vec{r}_1| \cdot |m\vec{r}_2| \cos(120) = 3n^2a^2 + 3m^2a^2 - 2 \cdot 3a^2nm \cdot (-0,5) = 3a^2(n^2 + nm + m^2)$$

Пусть $S' = 0,5a^2 \sin(60)$ – площадь треугольника со стороной a . Тогда площадь развертки пятиугольной грани равна $5S'$, площадь шестиугольной грани равна $6S'$, площадь треугольной грани развертки икосаэдра – $S_\Delta = S' \cdot 3(n^2 + nm + m^2)$, а общая площадь поверхности икосаэдра – $20S_\Delta = 60S'(n^2 + nm + m^2)$.

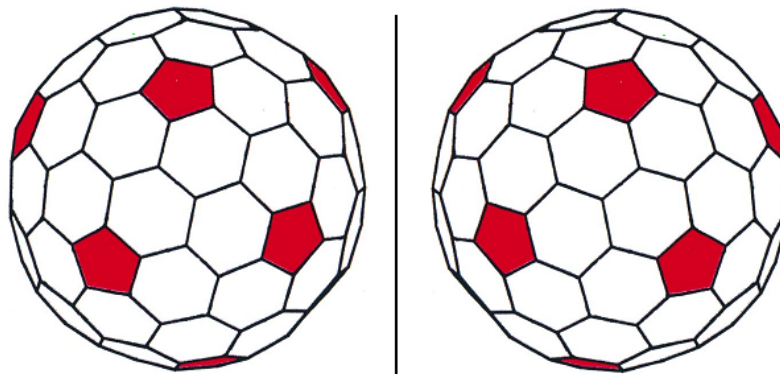
Тогда общее число шестиугольных граней

$$\Gamma_6 = \frac{60S'(n^2 + nm + m^2) - 12 \cdot 5S'}{6S'} = 10(n^2 + nm + m^2 - 1)$$

и $N = 20 + 2 \cdot 10(n^2 + nm + m^2 - 1) = 20(n^2 + nm + m^2)$.

2. Для n или $m = 0$: $N = 20a^2$; для $n = m$: $N = 60a^2$. C_{20} – аналог зигзагообразных, C_{60} – зубчатых нанотрубок.

3. Икосаэдрический фуллерен C_{140} будет хиральным (аналог хиральных нанотрубок), пара оптических изомеров называется энантиомерами (зеркальными изомерами):



Ещё раз о РНК (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)

а) Всего кодонов $4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$, из них 1 запрещён, остаётся 63. Следовательно, ответ 63^{100} .

б) Цепочек, содержащих старт-кодон, $64^{100} - 63^{100}$, поэтому требуется сравнить числа $(64/63)^{100}$ и 2. По неравенству Бернулли, $(1+1/63)^{100} > 1+100/63 > 2$.

Шесть изотопов (2013, очный тур, Математика, более сложные задачи)

Легко видеть, что показание каждого датчика равно 2 или 3 (например, достаточно нарисовать 6 кругов радиуса 1 мкм с центрами в изотопах). Но единственный способ представить число 7 в виде суммы двоек и троек — это $7 = 2 + 2 + 3$.

Ответ: 3 датчика.