



Сборник заданий
VI Всероссийской Интернет - олимпиады
"Нанотехнологии - прорыв в Будущее!"
по комплексу предметов
"математика, физика, химия, биология"



Москва
2012

Оглавление

Введение	8
УСЛОВИЯ	10
Многоликий элемент (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)...	10
Металлы (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс).....	11
Волшебный паучок (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс).....	12
Конец света? (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс).....	13
Молочные реки, кисельные берега (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)	14
История одного открытия (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)	15
Нанолейки (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)	16
Фейерверк цвета (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)	17
Штурмовая лестница (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)...	18
Хранение водорода (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс).....	19
График и таблица (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)	21
Время в наномире (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс).....	23
Мнения экспертов (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)	24
Изготовление фуллеренов (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)	25
Теорема Пифагора (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс).....	26
Тайное становится явным (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)	27
Наночастица и пузырь (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс).....	28
Маленький да удаленький (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс).....	29
Игра света (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)	30
После дождичка в четверг (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс).....	31
Алюмоиттриевые гранаты (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс).....	33
Винни-Пух варит стекло (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс).....	35
Наночастицы в пробирке (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс).....	36
Оптимальный размер наночастиц катализатора (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)	37
Постройте сами (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс).....	39
Маленьким быть хорошо! (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)	41
Джедаи – миф или реальность? (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)	43
Святая вода (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)	45
Кислородный эффект (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс).....	46

Пептидные сурфактанты (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)	47
Биомиметика (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 7 – 11 класс)	49
Золотой ключик (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	50
Мел судьбы (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	51
Властелин колец (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	53
Линзы (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно- творческие, 9 – 11 класс)	55
Часики (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно- творческие, 9 – 11 класс)	56
Планета Арракис и Фримены (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 8 – 11 класс)	58
Тлейлаксу (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 8 – 11 класс)	59
Поиск информации (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 7 – 10 класс)	61
Самая тонкая: в поисках истинного фуллера C_{60} (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	62
Нанятехнологии или Тайны Смешариков (2012, заочный теоретический («грантовый») тур, «детские вопросы» для начинающих).....	63
Визуализация наночастиц (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	74
Катализ на наночастицах (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	75
Пласталь (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	76
Гномьи наноалмазы (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	78
Плазматическая мембрана (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	80
Суспензия и ультразвук (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	81
Додекаплекс – простейший 4D фуллерен (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	82
Двойная спираль... нанотрубки (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)....	86
Механочувствительные гели (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	88
Молекулярные аккумуляторы (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	91
Вариативные задачи (2012, очный тур, 7 – 11 класс)	94
Размер имеет значение (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс)	97
Наноштопор (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс).....	98

Хиральные нанотрубки (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс).....	99
Геометрия фуллерена (2012, очный тур, математика, 10 класс)	101
Зловредные бактерии (2012, очный тур, математика, 10 класс).....	102
Высшие фуллерены (2012, очный тур, математика, 10 класс).....	103
Арифметика гипербакибола (2012, очный тур, математика, 11 класс).....	104
Сворачиваем нанотрубку (2012, очный тур, математика).....	106
Кроссворд «Наномир» (2012, очный тур, общие задачи, 7 – 9 класс)	107
Чистота - залог победы (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс).....	108
Алюминий прочнее стали (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс).....	109
Да будет свет! (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)	110
"Буран" (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)	111
Суператомы (2012, очный тур, химия, 10 класс)	112
Химия нанотрубок (2012, очный тур, химия, 10 класс)	114
Наностержни для медицины (2012, очный тур, химия, 10 класс).....	115
Ферромагнитная жидкость (2012, очный тур, химия, 11 класс).....	116
Рукописи не горят (2012, очный тур, химия, 11 класс)	117
Полимер (2012, очный тур, химия, 11 класс)	118
Темплатный синтез (2012, очный тур, химия, 11 класс)	119
"Земноводные" (2012, очный тур, биология, 7 – 9 класс)	121
Нанороботы на службе здравоохранения (2012, очный тур, биология, 7 – 9 класс)...	122
Клетка «наощупь» (2012, очный тур, биология, 10 класс).....	123
Капсиды (2012, очный тур, биология, 10 класс)	124
Как поживаете, органоиды? (2012, очный тур, биология, 11 класс).....	125
Бионанокатализатор (2012, очный тур, биология, 11 класс).....	126
Самоорганизация пептидов (2012, очный тур, биология, 11 класс).....	128
Молекулярно-лучевая эпитаксия (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)	129
Аэрозоль (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)	130
Молоко (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс).....	131
Поимка аэрозольных частиц (2012, очный тур, физика, 10 класс).....	132
Невесомые гигантские фуллерены (2012, очный тур, физика).....	134
Гидрофобный эффект (2012, очный тур, физика).....	135
Зеркало Ллойда (2012, очный тур, физика, 11 класс).....	136
Нанопипетка (2012, очный тур, физика, 11 класс).....	137
Необычная память (2012, очный тур, физика, 11 класс)	138

Отсканированные условия задач (2012, очный тур, школьники 7 – 11 класс).....	139
РЕШЕНИЯ.....	168
Многоликий элемент (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс).	168
Металлы (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс).....	169
Волшебный паучок (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)....	170
Конец света? (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс).....	172
Молочные реки, кисельные берега (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)	173
История одного открытия (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)	174
Нанолейки (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)	175
Фейерверк цвета (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)	176
Штурмовая лестница (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс).	177
Хранение водорода (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)....	179
График и таблица (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)	180
Время в наномире (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс).....	181
Мнения экспертов (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)	182
Изготовление фуллеренов (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)	183
Теорема Пифагора (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс).....	184
Тайное становится явным (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)	185
Наночастица и пузырь (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс).....	186
Маленький да удаленький (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс).....	187
Игра света (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)	188
После дождика в четверг (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс).....	189
Алюмоиттриевые гранаты (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс).....	191
Винни-Пух варит стекло (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс).....	192
Наночастицы в пробирке (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс).....	193
Оптимальный размер наночастиц катализатора (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)	194
Постройте сами (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс).....	195
Маленьким быть хорошо! (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)	196
Джедаи – миф или реальность? (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)	197
Святая вода (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)	198
Кислородный эффект (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс).....	199
Пептидные сурфактанты (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)	200

Биомиметика (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 7 – 11 класс)	203
Золотой ключик (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	204
Мел судьбы (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	205
Властелин колец (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	207
Линзы (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	208
Часики (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	209
Планета Арракис и Фримены (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 8 – 11 класс)	210
Тлейлаксу (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 8 – 11 класс)	211
Поиск информации (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 7 – 10 класс)	213
Самая тонкая: в поисках истинного фуллерена C ₆₀ (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)	215
Нянятехнологии или Тайны Смешариков (2012, заочный теоретический («грантовый») тур, «детские вопросы» для начинающих).....	217
Визуализация наночастиц (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	221
Катализ на наночастицах (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	222
Пласталь (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	224
Гномьи наноалмазы (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	225
Плазматическая мембрана (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	228
Суспензия и ультразвук (2012, заочный теоретический («грантовый») тур).....	229
Додекаплекс – простейший 4D фуллерен (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	231
Двойная спираль... нанотрубки (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)..	234
Механочувствительные гели (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	240
Молекулярные аккумуляторы (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)	242
Вариативные задачи (2012, очный тур, 7 – 11 класс)	244
Размер имеет значение (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс)	247
Наноштопор (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс).....	248
Хиральные нанотрубки (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс).....	249

Геометрия фуллерена (2012, очный тур, математика, 10 класс)	250
Зловредные бактерии (2012, очный тур, математика, 10 класс).....	251
Высшие фуллерены (2012, очный тур, математика, 10 класс).....	252
Арифметика гипербакибола (2012, очный тур, математика, 11 класс).....	254
Сворачиваем нанотрубку (2012, очный тур, математика).....	255
Кроссворд «Наномир» (2012, очный тур, общие задачи, 7 – 9 класс)	256
Чистота - залог победы (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс).....	257
Алюминий прочнее стали (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс).....	258
Да будет свет! (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)	259
"Буран" (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)	260
Суператомы (2012, очный тур, химия, 10 класс)	261
Химия нанотрубок (2012, очный тур, химия, 10 класс)	262
Наностержни для медицины (2012, очный тур, химия, 10 класс).....	264
Ферромагнитная жидкость (2012, очный тур, химия, 11 класс).....	266
Рукописи не горят (2012, очный тур, химия, 11 класс)	267
Полимер (2012, очный тур, химия, 11 класс)	269
Темплатный синтез (2012, очный тур, химия, 11 класс)	272
"Земноводные" (2012, очный тур, биология, 7 – 9 класс)	273
Нанороботы на службе здравоохранения (2012, очный тур, биология, 7 – 9 класс) ...	274
Клетка «наощупь» (2012, очный тур, биология, 10 класс).....	275
Капсиды (2012, очный тур, биология, 10 класс)	276
Как поживаете, органоиды? (2012, очный тур, биология, 11 класс).....	278
Бионанокатализатор (2012, очный тур, биология, 11 класс).....	280
Самоорганизация пептидов (2012, очный тур, биология, 11 класс).....	283
Молекулярно-лучевая эпитакия (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)	285
Аэрозоль (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)	286
Молоко (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс).....	287
Поимка аэрозольных частиц (2012, очный тур, физика, 10 класс).....	288
Невесомые гигантские фуллерены (2012, очный тур, физика).....	290
Гидрофобный эффект (2012, очный тур, физика).....	292
Зеркало Ллойда (2012, очный тур, физика, 11 класс).....	294
Нанопипетка (2012, очный тур, физика, 11 класс).....	295
Необычная память (2012, очный тур, физика, 11 класс)	296

Введение

Московский Университет уже не первый год проводит несколько крупных олимпиад, к одной из них традиционно относится Всероссийская Интернет–олимпиада «Нанотехнологии – прорыв в Будущее!». Уникальность этой олимпиады заключается в ее междисциплинарности, широком охвате участников, замечательном духе высоких технологий, который впитала эта олимпиада. Мы высоко ценим наших участников и партнеров и надеемся, что совместными усилиями эта олимпиада будет ковать новые научные и исследовательские кадры для будущего нашей страны.

VI Всероссийская интернет-олимпиада в 2012 году собрала 10370 участников, из которых более 8200 – школьники. Эта олимпиада – единственная официальная олимпиада, проводимая по комплексу предметов, включающему основные естественно-научные дисциплины (химия, физика, математика, биология). Как всегда, среди школьников максимально представлены старшеклассники, однако творческий характер олимпиады и ранжирование заданий по параллелям обеспечивает успешное участие около 25 % младшеклассников (7 – 9 класс), а дистанционный характер отборочных этапов дает возможность участия школьникам с ограниченными возможностями и участникам из самых отдаленных уголков нашей страны.

Особенностью олимпиады 2012 года является проведение полноценного конкурса проектных работ, при этом особенно много работ было связано с применением атомно - силовой микроскопии, а другие работы по крайней мере частично использовали уникальный каталог тем проектных работ, созданный для проведения Олимпиады на сайте www.nanometer.ru, который включает более 100 оригинальных тем. В связи с активным вовлечением школьников в проектную деятельность был также проведен конкурс тьюторов, выявивший около 20 победителей из различных регионов России, которые готовили школьников к защите проектных работ на очном туре Олимпиады.

В результате проведения двух заочных туров на очный тур олимпиады в МГУ было отобрано 212 школьников, причем из тех, кто будет защищать свои экспериментальные исследовательские работы (56 человек), около 30% показали также отличные теоретические знания, победив в отборочных "задачных" турах. В целом на очном туре основные участники представлены Москвой и Московской областью, Башкортостаном, Белгородской областью, Кировской, Иркутской, Новосибирской, Свердловской, Ростовской областью, Санкт-Петербургом, Чувашской республикой, Татарстаном, Пермским краем и другими. Сильные участники также приехали из Беларуси,

Таджикистана и Казахстана (25 человек или 13% от общего числа участников очного тура).

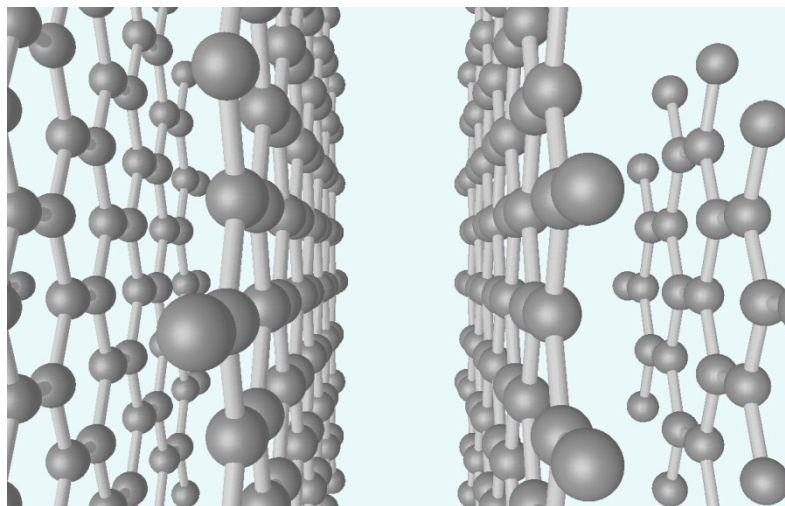
В апреле студенческую часть сменить конкурс научно - исследовательских работ студентов, аспирантов, молодых ученых.

Благодаря своей междисциплинарности и прямому отношению к развивающимся в нашей стране высоким технологиям Олимпиада встречает поддержку таких крупных организаций и компаний реального сектора экономики как Роснано, Самсунг, АФК - Система, НТ МДТ, Интел. Это повышенное внимание окупается сполна возможными перспективами профессиональной ориентации участников на будущую карьеру в области высоких технологий, то есть на подготовку новых научных и производственных кадров.

УСЛОВИЯ

Многоликий элемент (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

1. Какой химический элемент образует и самое прочное, и одно из самых "скользких" веществ? (1 балл)
2. Назовите их. (1 балл)
3. Какие еще (кроме упомянутых двух) вещества, принадлежащие нанобиру, этот элемент образует и какими уникальными свойствами они обладают? (3 балла)



Металлы (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Вы встречались в своей повседневной жизни с огромным количеством разных металлов и их сплавов. Сталь содержит железо. Грузило на удочке сделано из свинца, в обручальном кольце много золота. Кастрюля алюминиевая - значит, металлическая. Провода, если с них соскоблить пластмассовую «одежду», – медные, металлические. У многих металлов просто удивительные свойства.

1. Существуют ли жидкие при обычных условиях металлы? (1 балл)
2. Обязательно ли металлы тонут в воде? (2 балла)
3. Какой металл самый прочный и какой самый мягкий? (1 балл)
4. Какие металлы горят при контакте с воздухом? (2 балла)
5. Какие металлы самые инертные? (1 балл)
6. Какие опасны для здоровья, а какие нет? (2 балла)
7. Наночастицы каких металлов планируется широко использовать и с какой целью? (2 балла)

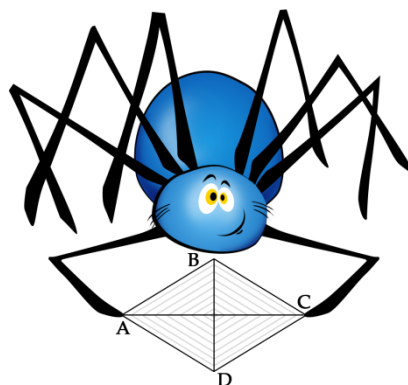


Волшебный паучок (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Пауки относятся к типу членистоногие, отряду паукообразные, который включает свыше 35 тысяч видов. Пауки являются одними из самых древних существ на планете Земля. На конце брюшка паука располагаются паутинные бородавки. Выходящее через них вещество, застывая на воздухе, превращается в нити, которые обладают высокой эластичностью и невероятно прочны. Паутина состоит из множества связанных друг с другом нановолокон. Варианты использования паутины довольно разнообразны, но самые распространенные – применение для построения коконов, ловчих сетей, страховочных нитей, препятствующих неудачному падению при прыжках, и «парашютов». Если бы паутина имела диаметр 25 см, то она могла **бы** выдержать груз массой 50 000 кг (масса танка 50 т), для сравнения - стальная проволока того же диаметра выдержит груз массой 13 000 кг (это масса "всего лишь" двух взрослых слонов).

1. Предположим, что диаметр нити паутины равен 55 нанометров, а её плотность 10 г/см^3 {условно, реальная плотность существенно ниже}. Сколько нужно паутины по массе, чтобы обернуть Землю вдоль экватора 5 раз? (3 балла)
2. Паук изготовил паутинку и вплел в свою ловчую сеть волокна, формирующие рисунок в форме ромба. Периметр ромба равен 12 см. Сумма диагоналей 8 см. Диаметр паутины 47 нм. Найти площадь ромба (см. рисунок). (2 балла)
3. Как Вы считаете, в какой отрасли (или отраслях) можно использовать "нанопаутинку"? (2 балла)
4. Как Вы думаете, что происходит с паутинкой во время дождя или в воде (и почему)? (2 балла)
5. Пауки очень хорошо передвигаются по гладким горизонтальным и вертикальным поверхностям, почему? (2 балла)

Дополнительные данные, если необходимы, найдите сами.



Конец света? (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Некоторые озера на нашей планете, например, на западе штата Техас (США) или в Багдаде (Ирак), имеют кроваво-красный цвет воды. Необычная окраска воды, ставшей похожей на кровь, заставила религиозных фанатиков в очередной раз заговорить о приближающемся конце света.

1. Что же на самом деле вызвало изменение цвета воды в таких озерах? (2 балла)
2. Имеют ли практическое значение те объекты, которые находятся в таких озерах, и если имеют, то в каких областях нанотехнологий, науки и техники они будут полезны? (3 балла)



Кроваво-красное озеро в Багдаде

Молочные реки, кисельные берега (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Всем известно, что жидкость – это вещество, обладающее свойством текучести. Самым распространенным примером является вода. Каждый из нас хорошо представляет себе, как течет вода. Очень похожими свойствами обладает молоко, подсолнечное масло, апельсиновый сок и т. д. Давайте проведем эксперимент – приготовим кисель. Чтобы кисель загустел, необходимо смешать воду и крахмал. Если Вы уже готовили это блюдо, то наверняка замечали, что смесь крахмала и воды плохо размешивается, создается ощущение, что остаются комочки и крахмал все время оседает. Это особенно заметно, если мешать быстро, чувствуется сопротивление. А если мешать медленно, то жидкость кажется однородная и текучей.

1. Является ли полученная смесь жидкостью в физическом понимании? (1 балл)
2. Если эта смесь – жидкость, то, к какому типу жидкости она относится? (3 балла)
3. На представленной иллюстрации изображен кисельный бережок с экзотической растительностью на нем. Что за крахмальные кустарники растут на этом бережке? (2 балла)



История одного открытия (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Четыре картинка рассказывают нам об истории открытия известного углеродного наноматериалах.

1. Какое отношение имеет каждая картинка к нашему материалу? (3 балла)
2. О каком наноматериале идет речь? (1 балл) Где он применяется или будет применяться? (2 балла)

История одного открытия

1

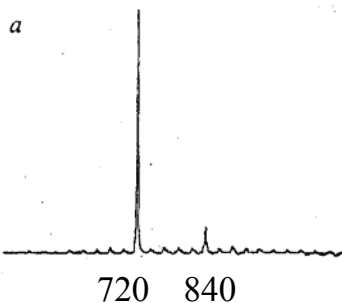


2



NATURE VOL. 318 14 NOVEMBER 1985

3



4



Нанолейки (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

«Земля зачерствела, как губы,
Обметанные сыпняком,
И засухи дымные трубы
Беззвучно гудели кругом...»

А. Тарковский. «Засуха»

Нашу жизнь скрашивает природа. Очень яркая и живая, она дарит удивительные картины, а нам остается только любоваться ею. Однако случается, что в засушливую погоду растения страдают от нехватки воды. В природе существуют алюмосиликатные минералы, которые используют в сельском хозяйстве в качестве «нанолеек». Благодаря своей особенной структуре они сохраняют влагу в почве, удерживая ее длительное время, и отдают ее растениям в момент засухи медленно и постепенно.

Назовите этот тип минералов и укажите, в чем состоит особенность его строения (структуры)? (3 балла)



Фейерверк цвета (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Живая природа завораживает своей красотой: взмах крыльев бабочек, яркое оперение павлина, перламутровое покрытие раковин моллюсков, а ведь этот перелив оттенков с широкой гаммой цветов не есть влияние "окрашенных" пигментов, а в основе лежит совсем другой принцип.

1. Что это за явление и чем оно обусловлено? (3 балла)
2. Где могут применяться материалы, созданные на основе обсуждаемого принципа? (2 балла)



Крыло бабочки



Перо павлина



Раковина моллюска

Штурмовая лестница (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

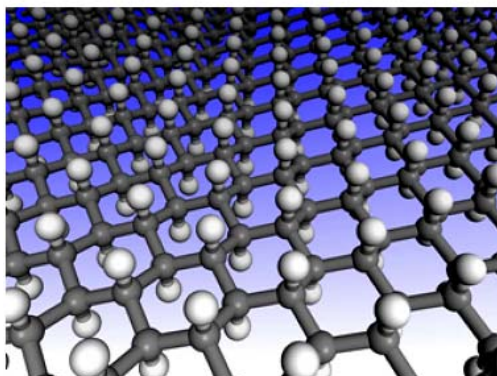
Наноробот зачем-то бежит по наноэскалатору. В первый раз он насчитал 50 ступенек, во второй раз, двигаясь со скоростью втрое большей, он насчитал 75 ступенек.

Сколько ступенек он насчитал бы на неподвижном эскалаторе? (3 балла)

Необходимые дополнительные предположения (если они и правда необходимы) укажите сами.



Хранение водорода (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)



Белые шарики – атомы водорода, черные – углерода

Углеродные наноматериалы (фуллерены, нанотрубки, графен) все еще предполагается использовать для хранения водорода. Чистый жидкий или газообразный водород можно «упаковать» в инертные контейнеры. Для хранения также используют химические соединения, содержащие значительное количество водорода и адсорбенты, способные прочно удерживать водород в поверхностном слое.

Важнейшими характеристиками любого способа хранения водорода служат массовая ($w\%$) и объёмная (V) емкости. Эти величины рассчитываются по формулам

$$w\% = \frac{\text{масса сохраняемого водорода}}{\text{масс сохраняющего вещества или контейнера}} \times 100$$

$$v(\text{kg} / \text{dm}^3) = \frac{\text{масса сохраняемого водорода}}{\text{объем сохраняющего вещества или контейнера}}$$

Рассчитайте $w\%$ и V для следующих систем:

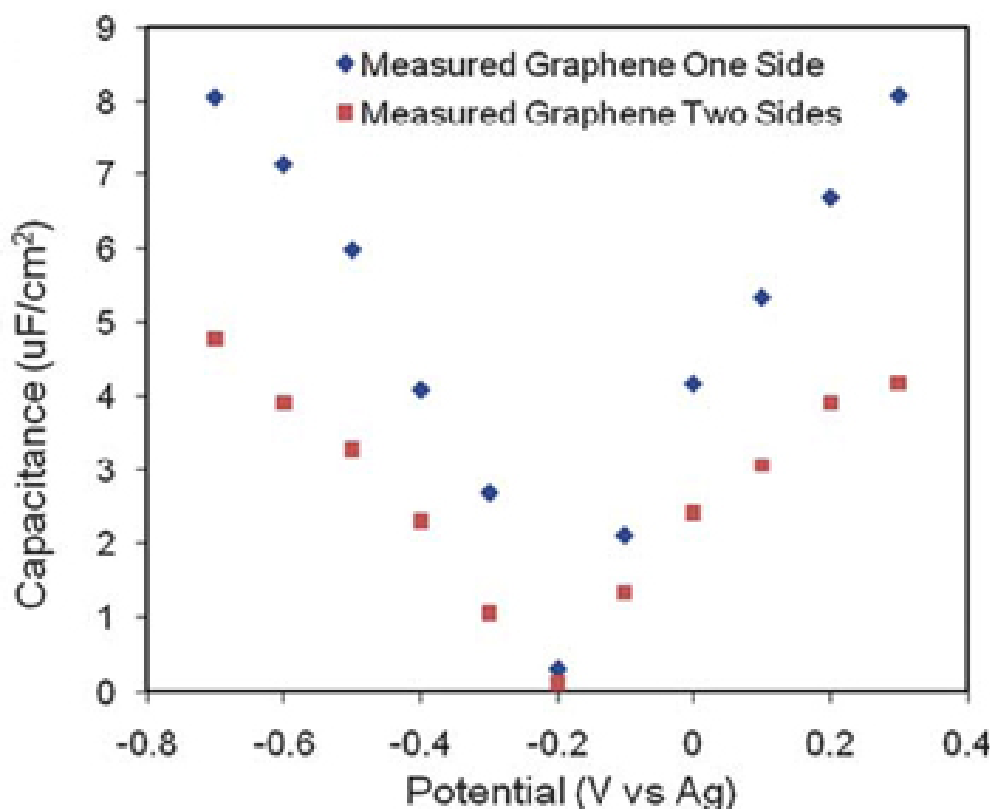
1. водорода, хранящегося под давлением 10 бар при $T = 298\text{K}$ в контейнере объемом 10 литров и массой 5 кг. (3 балла)
2. углеродных нанотрубок, имеющих плотность $d = 0.47 \text{ г/см}^3$, в которые за счет химической адсорбции удалось поместить водород. При обработке образца нанотрубок массой 0.2394 г водородом произошло увеличение массы до 0.2560 г. (3 балла)
3. двумерного материала графана. (4 балла)

Графен представляет собой плоскость, состоящую из правильных шестиугольников. В вершинах шестиугольников расположены атомы углерода. К каждому атому углерода присоединен атом водорода. Связь С-Н перпендикулярна углеродной плоскости. Атомы водорода расположены, как показано на рисунке. Расстояние С-С равно 1.55 А, расстояние С-Н составляет 1.11 А. (А – обозначение единицы длины "ангстрем")

4. Министерство энергетики США предлагает найти к 2017 году способы хранения водорода с $w\% \geq 7.5\%$ и $V \geq 0.070 \text{ кг/дм}^3$. Какие из систем, перечисленных в а)-в), могут достигнуть подобных параметров? (1 балл)

График и таблица (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Одно из наиболее интересных применений графена связано с разработкой на его основе суперконденсаторов. В устройствах такого типа накопление энергии происходит в результате разделения зарядов различного знака в небольшом слое, разделяющем электрод и электролит. При этом плотность энергии, которая может быть накоплена в суперконденсаторе, определяется удельной электрической емкостью двойного слоя. Графен, сочетающий хорошую электропроводность с рекордной удельной поверхностью, является идеальным кандидатом на использование в качестве материала электрода в подобных системах. Поэтому в работах зарубежных ученых все чаще изучается ёмкость графена. Так, в одной из работ эксперимент проводился для листа графена на подложке (то есть для одной стороны) и для подвешенного листа графена (для двух сторон).



Часто встречавшийся уже в задачах предыдущих олимпиад пресловутый и вездесущий экспериментатор Вася, увидев, что в статье есть только график зависимости (график показан выше, но он не очень-то и нужен сейчас для решения задачи), но отсутствует таблица, по которой график был построен, решил восстановить результаты измерений. К сожалению, в некоторых местах Вася перепутал, какое значение соответствует односторонней конфигурации, а какое – двусторонней.

Найдите все такие места и в ответе укажите номера строк в таблице, в которых перепутаны значения. (2 балла)

№	Разность потенциалов	Двусторонняя конфигурация	Односторонняя конфигурация
1	-0.7	4.8	8.1
2	-0.6	3.9	7.1
3	-0.5	6.0	3.3
4	-0.4	2.3	4.1
5	-0.3	1.1	2.7
6	-0.2	0.1	0.3
7	-0.1	1.3	2.1
8	0.0	4.2	2.4
9	0.1	3.1	5.3
10	0.2	6.7	3.9
11	0.3	4.2	8.1

Время в наномире (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Период малых колебаний маятника длиной L можно найти по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{L/g}$$

где g — ускорение свободного падения. Как известно, для маятника длиной 1 м эта величина очень близка к 2 секундам. В XVIII веке это даже предлагали считать определением метра.

Вычислите период колебаний стержня длиной 160 нанометров с закрепленным концом, к другому концу которого прикреплена частица золота диаметром 5 нм. Массой стержня пренебречь. (2 балла)



Мнения экспертов (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Три исследовательских лаборатории разработали три материала для троса космического лифта: А, В и С. Троице экспертам предложили высказать своё мнение о перспективности этих материалов. Эксперты пришли к следующим выводам:

Первый эксперт: Материал В — не самый перспективный.

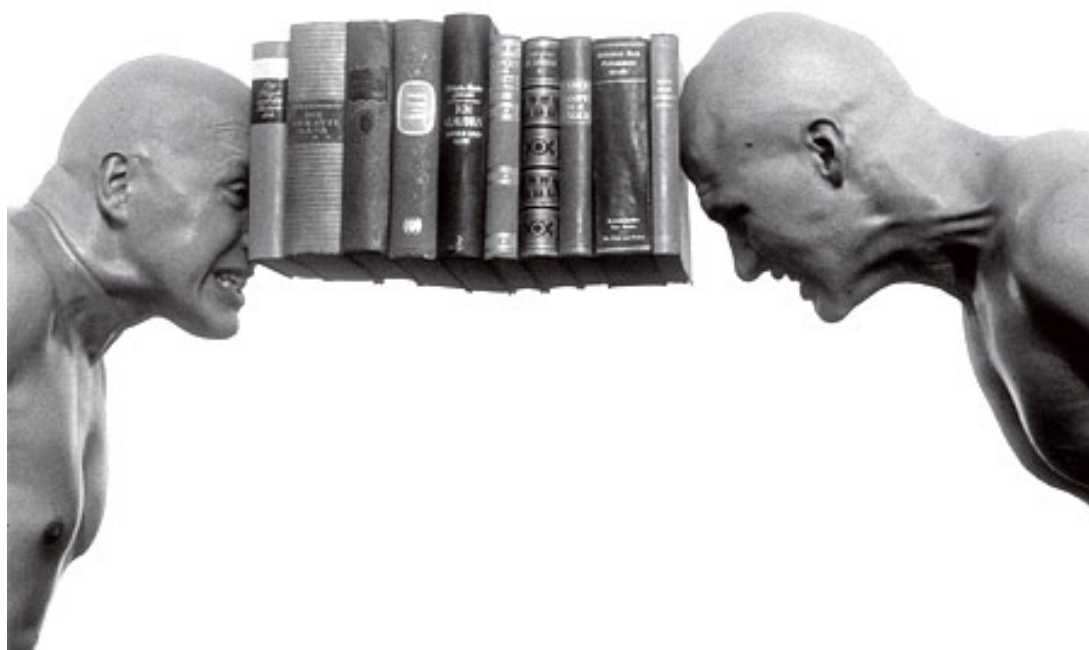
Второй эксперт: Материал А более перспективен, чем материал В.

Третий эксперт: Материал А более перспективен, чем материал С.

В 2020 году выяснилось, что из трёх экспертов ошибся только один.

Какой из трёх материалов в действительности является самым перспективным?

Ответ обоснуйте. (2 балла)



Изготовление фуллеренов (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Первого июля завод приступил к выполнению заказа на производство крупной партии фуллеренов, задействовав для этого все имеющиеся 90 установок. Кроме того, завод заказал 30 новых установок для производства фуллеренов, которые работают в 2 раза эффективнее старых. Новые установки должны поступить 7-го июля. С 8-го июля завод планирует использовать как новые, так и старые установки. Выполнение заказа планируется завершить к вечеру 28-го июля.

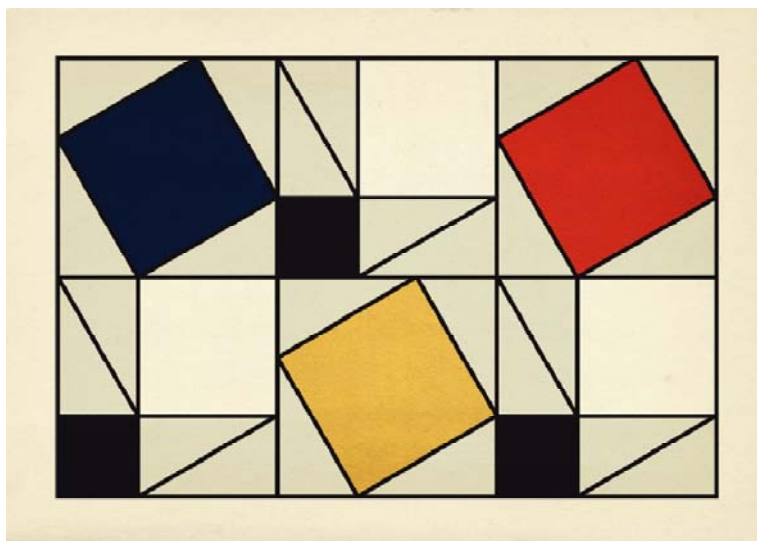
Сколько дней уйдёт на выполнение заказа, если завод не получит новые установки? (2 балла)



Теорема Пифагора (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Учёные собираются сложить из нанотрубок прямоугольный треугольник. Они планируют использовать 12 нанотрубок длиной 200 нм.

Получится ли у них? (1 балл, ответ обоснуйте) Если да, каковы будут длины сторон прямоугольного треугольника? (2 балла)



Тайное становится явным (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

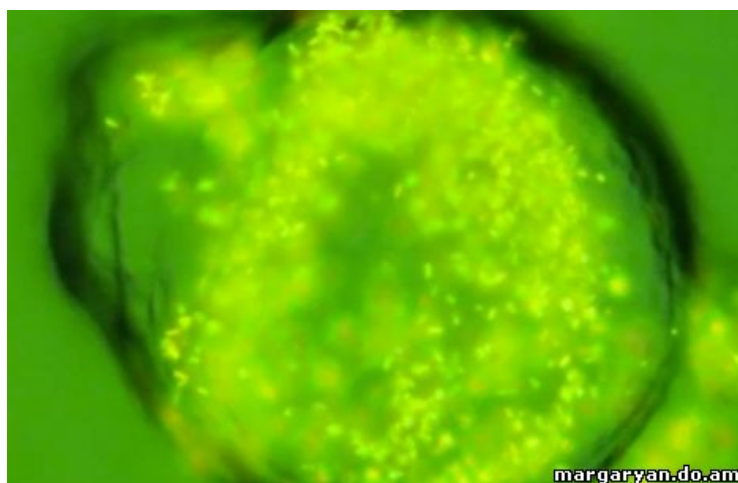
В последнее время начали появляться статьи в лучших зарубежных (пока) журналах, которые связаны с исследованием процессов, происходящих в живых клетках без их разрушения, что впервые достигается за счет использования как современных оптических методов анализа (например, спектроскопии комбинационного рассеяния), так и наночастиц благородных металлов (золота, в основном), тем или иным образом захваченных клеткой и находящихся внутри нее (кстати, эти же наночастицы могут использоваться не только для диагностики, но и для лечения на клеточном уровне). К сожалению, при "погружении" наночастиц вглубь клетки оптический отклик часто практически исчезает, поэтому важно знать, как наночастицы "оседают" внутри клеток. Разумеется, это очень сложный процесс, поскольку клетка не есть капля чистой воды, окруженная оболочкой. Тем не менее, для простоты давайте рассмотрим именно такую упрощенную физическую модель. То есть предположим условно, что у нас есть живая клетка сферической формы диаметром 10 микрон, внутри которой находится наночастица золота.

Оцените размер этой наночастицы при условии, что она осаждается с постоянной скоростью с самого "верха" "на дно" клетки за 10 часов. (6 баллов)

Примечание: учтите, что как только наночастица начнет оседать, на нее будет дополнительно к остальным силам действовать сила вязкого трения, определяемая формулой Стокса:

$$F_{\text{тр}} = -6\pi\eta rV,$$

здесь r – радиус наночастицы, V — скорость оседания наночастицы, а η – динамическая вязкость воды (равная 10^{-3} Па·с). Плотность золота – $19\,621$ кг/м³, а плотность воды ρ_0 , конечно, помните сами.



Наночастица и пузырь (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

Гидрофобные или частично гидрофобные наночастицы не полностью смачиваются водой, поэтому рядом с ними может образовываться воздушный пузырь. Это явление гипотетически может быть использовано и на практике - при флотационном разделении частиц, для создания контрастов в ультразвуковой медицинской диагностике, при проведении синтеза наночастиц на границах раздела фаз и пр.

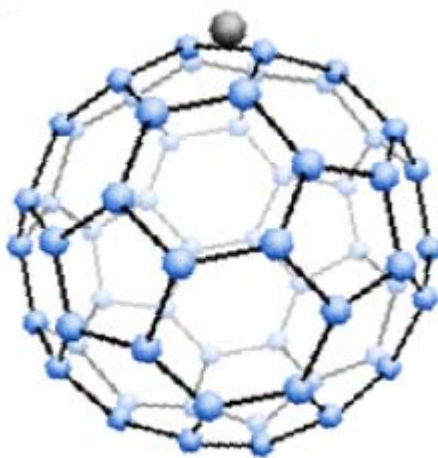
Оцените долю гидрофобной поверхности наночастицы кремния, достаточной для того, чтобы указанная система наночастица – пузырь могла сколь угодно долго плавать в воде. Радиус наночастицы r равен 100 нм. Удельная поверхностная энергия на границе кремний – воздух равна 40 Н/м^2 . (8 баллов) На всякий случай, плотность кремния равна 2330 кг/м^3 .



Маленький да удаленький (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

Гипотетически предположим, что на верхушке фуллера радиусом 0,71 нм лежит тело очень малых, по сравнению с ним, размеров. От очень небольшого толчка тело приходит в движение.

1. Определить высоту относительно поверхности, на которой лежит сам фуллерен, на которой тело оторвется от поверхности фуллера. (3 балла) *Силой трения тела о поверхность фуллера пренебречь.*
2. Дополнительные 5 баллов можно получить, если объяснить, почему упрощенное решение задачи, предполагавшееся для геометрической модели выше, не имеет вообще никакого отношения к действительности с физической точки зрения.



Игра света (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

Одним из явлений, наблюдаемых в дисперсных системах, является опалесценция, как, например, происходит в известных всем лунных камнях. Рассеяние света наблюдается в том случае, когда длина волны больше размера частиц дисперсной фазы. Если длина световой волны много меньше диаметра частицы, происходит отражение света. Для расчетов обычно используют уравнение Релея, которое описывает зависимость между интенсивностью падающего (I_0) и рассеянного (I_p) света:

$$I_p = 24\pi^2 \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2 \frac{vV^2}{\lambda^4} I_0$$

в этом уравнении n – показатели преломления, λ – длина волны падающего света.

1. Опалесценция определяется интенсивностью рассеянного света. Как изменится интенсивность опалесценции при увеличении длины волны света в 2 раза? (1 балл)
2. Какое явление будет наблюдаться под действием белого света при боковом освещении коллоидных систем и почему? (2 балла)
3. Какие из растворов (высокомолекулярные системы или металлические золи) обладают большей опалесценцией? Почему? (3 балла)



После дождичка в четверг (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

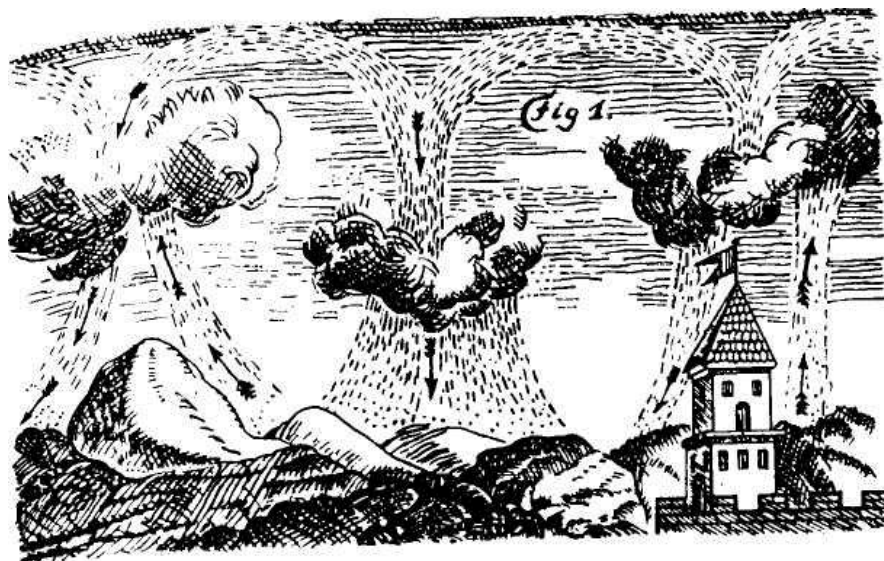
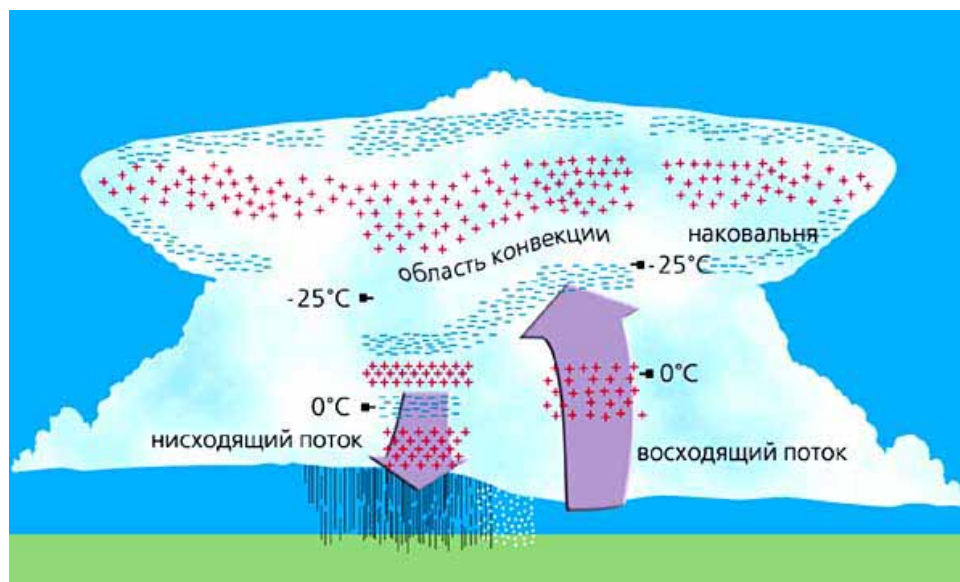


Схема образования вертикальных воздушных потоков в атмосфере.

Рисунок М.В.Ломоносова. 1753.

В не такие уж и стародавние времена основателя Московского Университета Михайло Васильевича Ломоносова, 300 – летний юбилей которого широко отмечали в прошлом году, электричеству приписывалась Божественная природа, поэтому и изучение его находилось под запретом официальной церкви. Ломоносов же создал научную теорию атмосферного электричества, которая вполне соответствует современным взглядам. В своей теории Ломоносов исходил из принципа генерации электрических зарядов в результате относительного движения и трения атмосферных частиц: *«теплота и электрическая сила происходят от трения; теплота требует сильного к движению грубых частиц, электрическая сила – нежного к побуждению тончайших частиц»* (это фактически предположение о существовании электрона почти за двести лет до его открытия). Ломоносов правильно полагал, что электрические заряды, вызывающие грозные процессы, генерируются в результате встречного движения верхних холодных и нижних более тёплых слоев атмосферы. В своей теории Ломоносов совершенно справедливо полагал, что электрические заряды находятся не только на поверхности грозового облака (так считалось вплоть до конца XIX века), но заполняют весь объём облака: *«распространяясь по облаку, весь оный занимает»*.



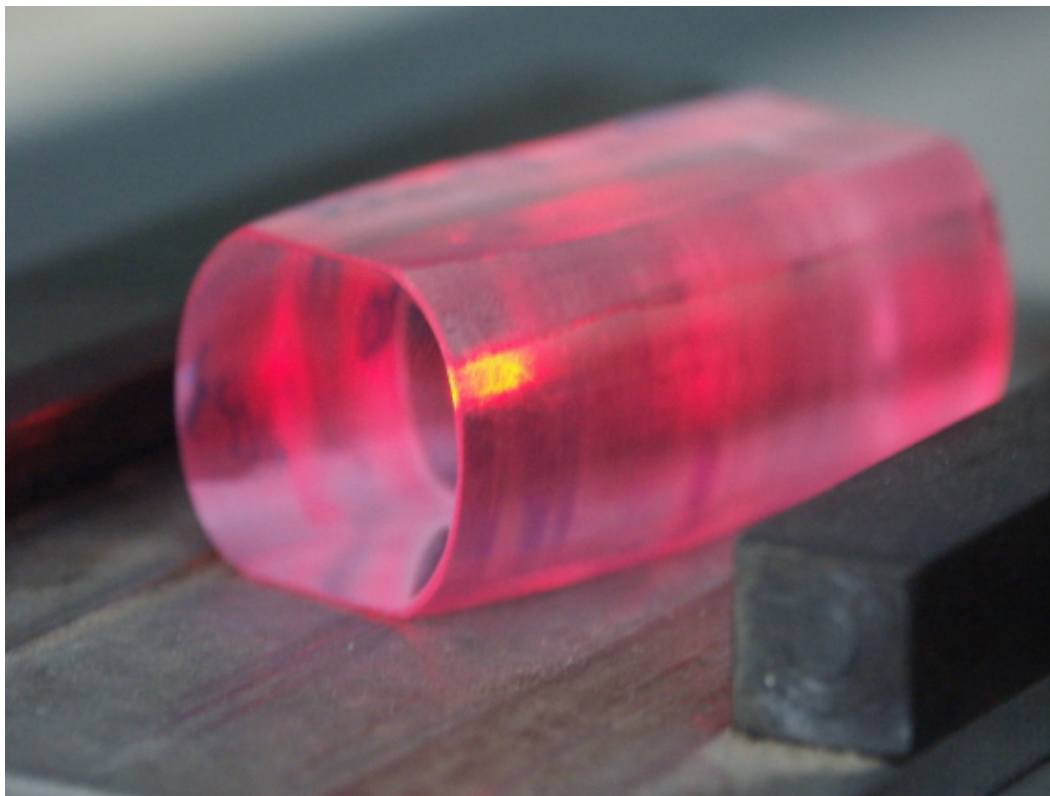
Сложная структура грозового облака согласно современным представлениям

Предположим, в грозовом облаке есть отдельная структура, возникшая из потока насыщенного водяным паром воздуха, восходящего вверх от теплой, комнатной температуры, поверхности моря и охладившегося затем до 0°C . Структура состоит из двух расположенных на расстоянии 10 метров друг над другом горизонтальных слоев, содержащих множество одинаковых во всех отношениях капелек диаметром 100 нм каждая. При этом и тот, и другой слой обладают площадью по 1 гектару. Слои заряжены одинаково по величине и противоположно по знаку вплоть до предельного напряжения пробоя воздуха 30 кВ/см.

4. Сколько капелек воды можно было бы поднять на высоту 200 метров за счет электрической энергии, запасенной в рассматриваемой структуре? (3 балла)
5. Из какой массы воздуха эти капли выделились при охлаждении? (6 баллов) Какие законы, предложенные М.В.Ломоносовым, демонстрируются этой задачей, ответ поясните. (1 балл)

Для справки: $\epsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Плотность воды – 1 г/см^3 . Плотность воздуха при 25°C – 1.18 кг/м^3 , при 0°C – 1.29 кг/м^3 . Давление насыщенного пара воды при 25°C – 23.77 мм. рт. ст., а при 0°C – 4.585 мм. рт. ст. Остальные справочные величины, если необходимо, найдите сами. Изменением давления столба воздуха по высоте пренебречь. Диэлектрическую проницаемость воздуха считать равной аналогичной величине для вакуума.

Алюмоиттриевые гранаты (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)



Нанокерамика на основе алюмоиттриевых гранатов $Y_3Al_5O_{12}$ используется при создании материалов для современных лазеров, при этом ее необходимо легировать соединениями редкоземельных элементов, например, неодима. Один из методов ее получения заключается в термическом разложении "полимера", представляющего собой густой прозрачный гель. Предварительно исходные порошки оксидов алюминия, иттрия и неодима переводят в нитраты. К раствору смеси нитратов при нагревании добавляют раствор слабой трехосновной кислоты X , используемой в пищевой промышленности. Для синтеза полимера требуется добавить еще один реагент Z (он представляет собой жидкость, неограниченно растворимую в воде и используемую как в быту, так и в производстве пластиковой тары). Образующийся гель переводят в нанокерамику нагреванием в печи при 900°C .

1. Запишите формулу алюмоиттриевого граната, в одном килограмме которого содержится 12 г неодима. (1 балл)
2. Что представляет собой реакция между нитратами металлов и кислотой X и к какому типу ее можно отнести? (1 балл)
3. В результате какой реакции образуется полимер? Назовите вещество Z . (1 балл)
4. Можно ли заменить кислоту X уксусной кислотой, серной кислотой? Аргументируйте свой ответ. (2 балла)
5. Почему нанокерамику не удастся получить простым спеканием оксидов? (3 балла)

6. Каким способом прокаленные оксиды алюминия, иттрия и неодима можно перевести в нитраты? (2 балла)

Винни-Пух варит стекло (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)



Однажды Винни-Пух решил (вместо очередного лопнувшего шарика и оторванного хвоста) приготовить на день рождения ослика Иа красивые окрашенные стекла. «Что надо добавить в воду для получения фиолетового раствора?» – спросил он у друзей. Пятачок посоветовал развести марганцовку. Последовав совету друга, Винни-Пух решил добавить в расплавленное бесцветное стекло порошок перманганата калия. Каково же было его удивление, когда он обнаружил, что стекло и в самом деле приобрело пурпурно-фиолетовый оттенок. Для получения голубого стекла Винни взял синие кристаллы медного купороса, а для получения желтого – желтый порошок сульфида кадмия и селен. Стекло серебристого цвета было получено добавлением в расплав кристаллов нитрата серебра.

К сожалению, эту историю поведала нам мудрая Сова, которая, как всегда, основательно запуталась, называя по памяти цвета некоторых стекол.

Восстановите истину, а также укажите, окраска каких стекол обусловлена наночастицами. Заполните таблицу и поясните Ваше решение. (3 балла)

Добавленный реагент	Окраска стекла	Причина окраски
KMnO_4		
CuSO_4		
$\text{CdS} + \text{Se}$		
AgNO_3		

Наночастицы в пробирке (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)



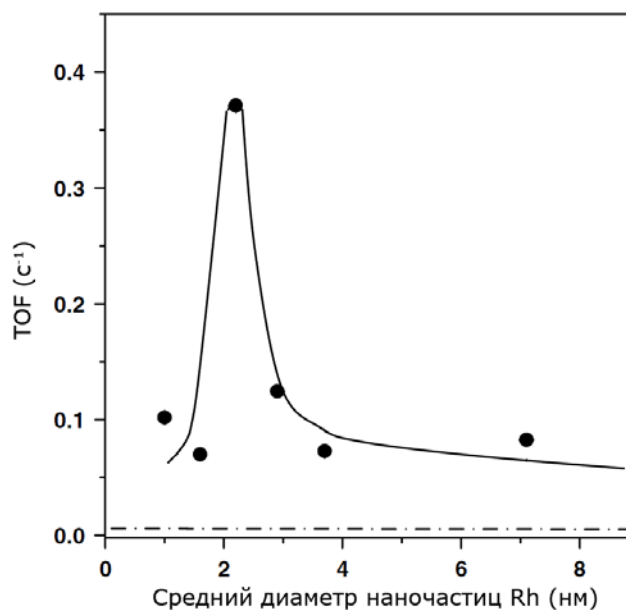
Наночастицы часто совсем не обязательно получать сложными и дорогостоящими методами, их можно получить даже в школе, в пробирке (другое дело, насколько такие наночастицы будут нужны).

Определите состав наночастиц, образующихся при указанных ниже взаимодействиях, очень желательно написать уравнения происходящих реакций и детализировать условия реализации реакций (4 балла):

1. Взаимодействие раствора гидроксида бария с мочевиной.
2. Взаимодействие золотой кислоты с хлоридом ванадия (II).
3. Растворение никель-алюминиевого сплава в растворе гидроксида натрия.
4. Взаимодействие раствора тиосульфата натрия с соляной кислотой;
5. Взаимодействие раствора селенита калия с сернистым газом;
6. Взаимодействие соли Мора и красной кровяной соли.

Какие из полученных наночастиц потенциально могут представлять практический интерес? Для чего они нужны? (2 балла)

Оптимальный размер наночастиц катализатора (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)



Зависимость эффективности родиевого катализатора от диаметра его частиц. Точки – эксперимент, сплошная линия – теория. Пунктир показывает эффективность катализатора, находящегося в объемной фазе (McClare et al., 2011).

В газовую смесь H_2 , C_2H_4 и CO при 500 К внесли катализатор – наночастицы родия, нанесенные на поверхность SiO_2 . Зависимость скорости образования продукта реакции (содержит 27.6 масс.% O) от диаметра частиц Rh показана на рисунке. (TOF – мера эффективности катализатора, определяется как число молекул продукта, образовавшихся на одном активном центре за 1 секунду).

1. Напишите уравнение реакции, происходящей в присутствии родия. (1 балл)
2. Во сколько раз нанокатализатор оптимального размера эффективнее катализатора, находящегося в объемной фазе? (2 балла)
3. Какое уравнение правильно описывает теоретическую зависимость TOF от диаметра частиц? Почему? (2 балла)

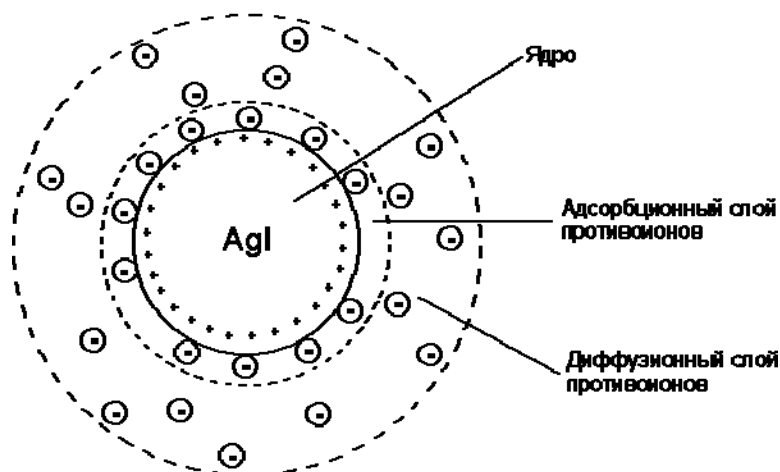
а) $\text{TOF}(d) = \text{TOF}(0) \cdot e^{-ad^2}$, $a > 0$

б) $\text{TOF}(d) = \text{TOF}(\infty) \cdot \frac{d}{a+d}$, $a > 0$

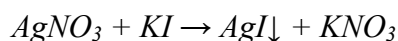
в) $\text{TOF}(d) = 2 \cdot \text{TOF}(\infty) \cdot \frac{e^{a/d}}{1 + e^{b/d}}$, $a, b > 0, b > a$.

4. В этом процессе родий – неселективный катализатор. Среди побочных продуктов преобладает вещество с наибольшей массовой долей водорода. Напишите уравнение реакции его образования. (2 балла)

Постройте сами (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)



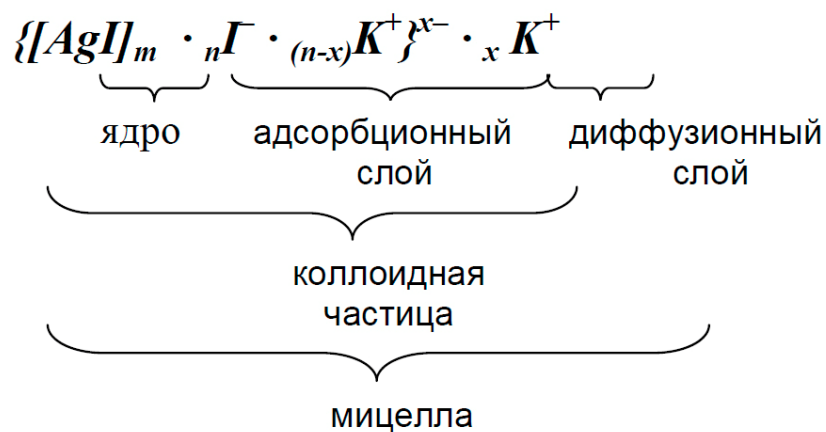
Уникальным нанобъектом являются коллоидные мицеллы – частицы в коллоидных системах. Процесс химического образования частиц дисперсной фазы очень сложен, но упрощенно его можно описать с помощью формулы. Рассмотрим последовательные шаги в составлении формулы мицеллы на примере гидрозоля (стабильные наночастицы в воде) иодида серебра, получаемого взаимодействием разбавленных растворов нитрата серебра и иодида калия (избыток):



1) Коллоидная мицелла состоит из твердых частиц AgI , образующих нанокристалл, который способен к избирательной адсорбции из окружающей среды катионов или анионов, так как реакция проводится в избытке иодида калия, то потенциалопределяющие ионы – анионы I^- : $m[AgI]$.

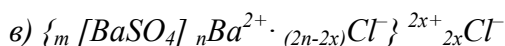
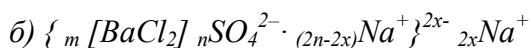
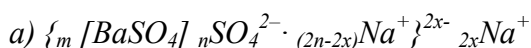
2) Потенциалопределяющие ионы адсорбируются на поверхности ядра; предположим, что для нашего примера их число равно n , образуя адсорбционный слой: $m[AgI] \cdot n I^-$.

3) Слой противоионов на поверхности раздела фаз образуют двойной электрический слой. Их общее число так же равно n , однако часть x из них образуют диффузный слой, остальные $(n-x)$ вместе с ядром и потенциалопределяющими ионами составляют гранулу. Часть формулы, относящуюся к грануле мицеллы, заключают в фигурные скобки. Заряд гранулы в данной мицелле равен x^- . Таким образом, формула мицеллы золя хлорида серебра в избытке иодида калия такова:

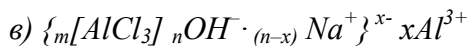
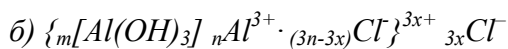
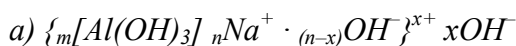


По примеру, описанному выше, выберите правильный вариант строения мицеллы при смешивании растворов и в своем решении объясните сделанный выбор (по 2 балла за каждый вариант):

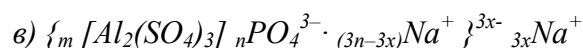
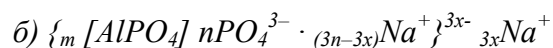
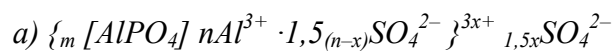
1. Хлорида бария и сульфата натрия (избыток).



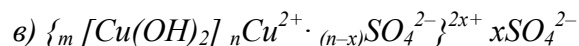
2. Хлорида алюминия (избыток) и гидроксида натрия.



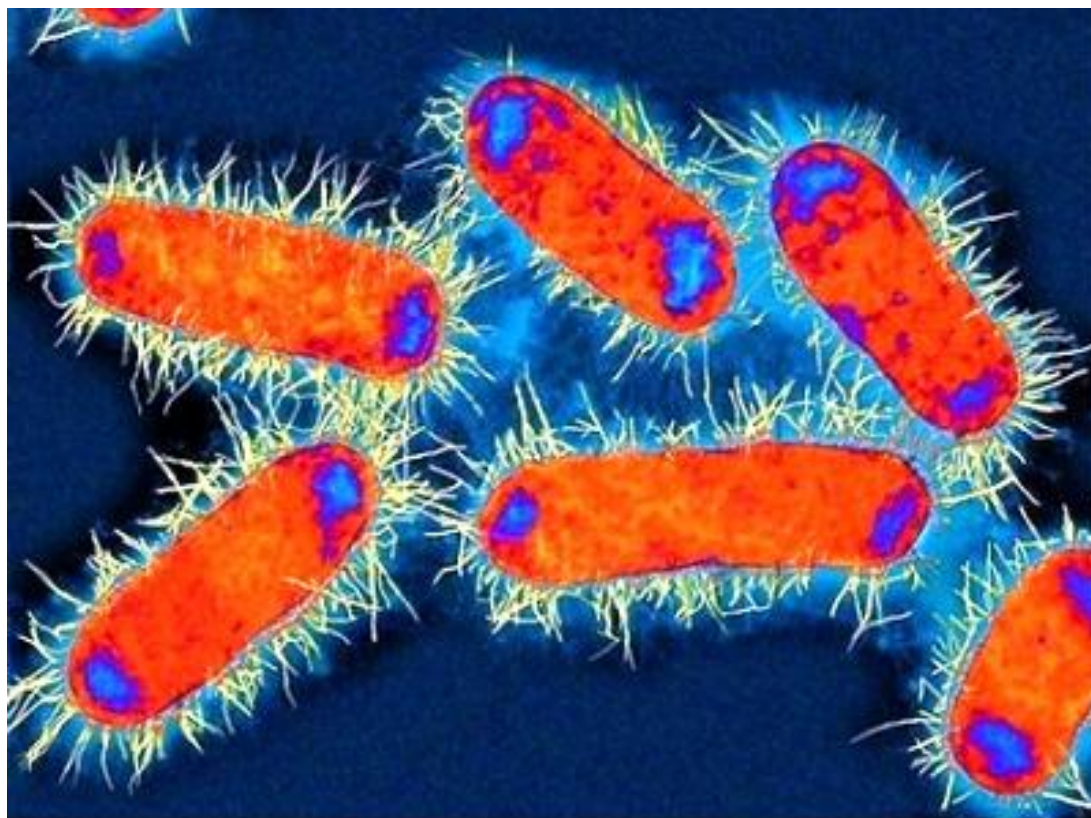
3. Фосфата натрия и сульфата алюминия (избыток).



4. Гидроксида натрия и сульфата меди (II) (избыток).



Маленьким быть хорошо! (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)



Бактерии – самые многочисленные живые организмы на нашей планете, по количеству превосходящие животных и растений вместе взятых. Живут бактерии практически повсеместно, в воде, воздухе, почве, тканях и органах животных и растений и даже в радиоактивных отходах.

1. Почему эти маленькие создания так распространились на Земле? (1 балл) Почему размер бактерий оказался выигрышным по сравнению с большими размерами других живых существ? (1 балл)
2. Кто относится к прокариотам? (1 балл)
 - А. Амеба
 - Б. Лямблия
 - В. Сине-зеленые водоросли
 - Г. Бактериофаги
 - Д. Эвглена зеленая
 - Е. Клостридии
3. Что бактерии не могут использовать в качестве строительного материала и для получения энергии? Почему? (2 балла)
 - А. Азот
 - Б. Углекислый газ
 - В. Железо 2+

- Г. Железо 3+
 - Д. Восстановленные соединения серы
 - Е. Окисленные соединения серы
 - Ж. Водород
 - З. Серебро
 - И. Аммиак
 - К. Глюкоза
4. Что является клеточной структурой бактерий? (1 балл) Что относится к внутриклеточным структурам, что к внеклеточным? (1 балл) Назовите функцию каждой структуры. (3 балла)
- А. Плазматическая мембрана
 - Б. Цитоскелет
 - В. Ворсинки
 - Г. Жгутики
 - Д. Ядро
 - Е. ДНК
 - Ж. Хромосомы
 - З. Капсула
 - И. Пилли
 - К. Рибосомы
 - Л. Хлоросомы
 - М. Митохондрии
 - Н. Плазмида

Джедаи – миф или реальность? (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)

По замыслу создателей "Звездных воинов", сила джедаев заключалась в повышенном содержании в их клетках мидихлорианов – самостоятельных разумных микроскопических форм жизни, существующих в симбиозе с людьми. Представьте, что это не абстрактные и неизвестные "существа", а какие-то органоиды или клеточные структуры, присутствующие в наших клетках.



Предположите:

1. Какие органоиды / клеточные структуры могли бы быть мидихлорианами и почему? (2 балла)
2. Какие метаболические изменения должны сопутствовать повышению количества мидихлорианов? (1 балл)
3. В каких органах, в первую очередь, должны произойти изменения и какие? (2 балла)

Скорость реакции джедаев - одна из их особенностей.

4. Оцените, какие клеточные и межклеточные процессы на физиологическом уровне лимитируют скорость реакции человека на какое-то событие? (2 балла) Можно ли каким-нибудь образом ускорить эти процессы? (1 балл)

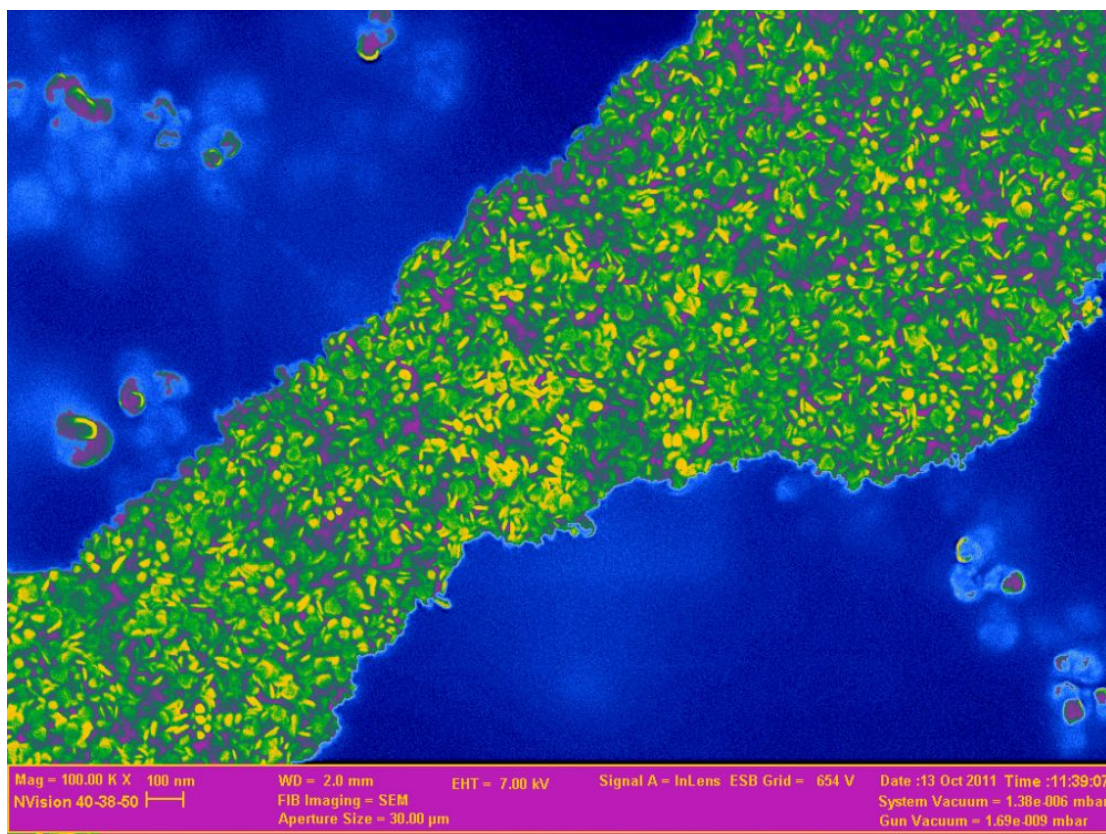
Симбиоз человеческих клеток с мидихлорианами – сказка, но не столь далекая от правды.

5. Назовите, какие органоиды по существующей теории эволюции появились в результате симбиоза одних бактерий с другими: (1 балл)
 - А. ядро
 - Б. ядрышко
 - В. Лизосомы
 - Г. митохондрии
 - Д. центриоли

Е. хлоропласты

Ж. различные вакуоли

Святая вода (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)



Давно известно, что если в воду поместить серебряный предмет, то такая вода хранится долго и в ней не размножаются микроорганизмы.

1. Каковы механизмы бактерицидного действия серебра с точки зрения биологии? (1 балл) А что можно сказать о бактерицидном действии наночастиц серебра, подобных тем, что показаны на картинке (коллоидных растворов серебра)? (1 балл)
2. Как может влиять размер наночастиц серебра на их бактерицидное действие и почему? (2 балла)
3. Почему бактерии могут вырабатывать устойчивость к антибиотикам, а к серебру, как правило, нет? (1 балл)
4. Является ли серебро необходимым элементом для нормальной жизни здорового человека? (1 балл)

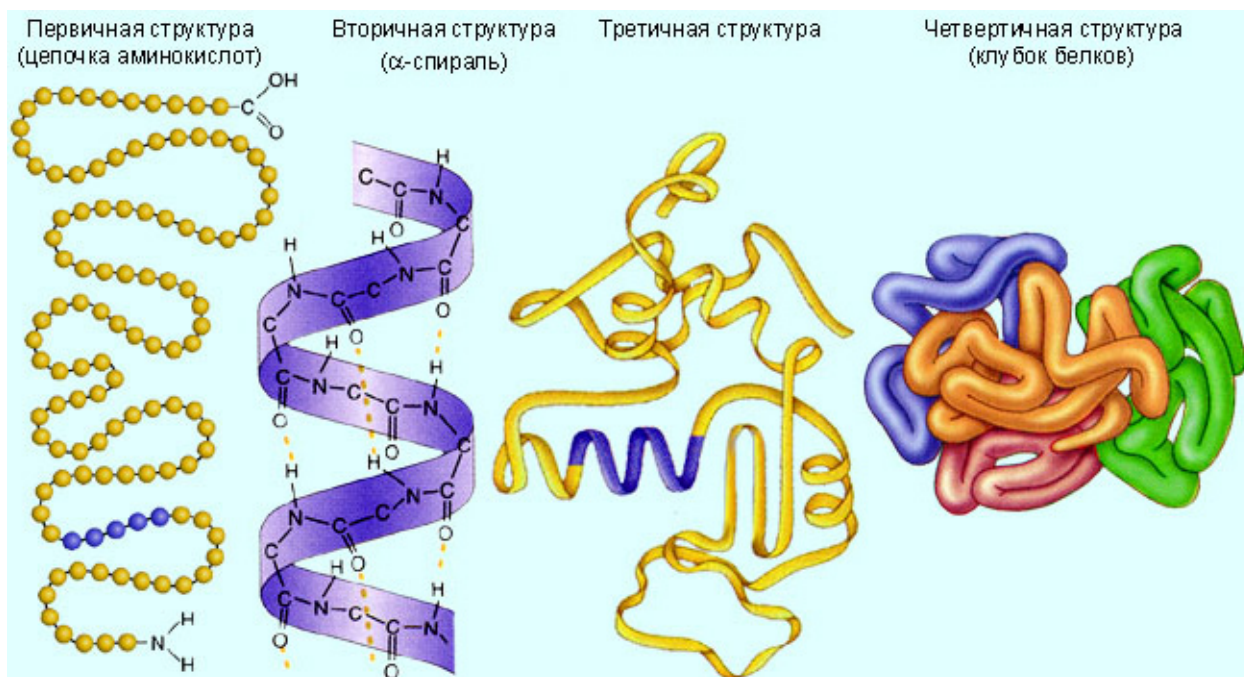
Кислородный эффект (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)

Проводились исследования влияния рентгеновского излучения, которое в той или иной степени используется учеными-исследователями для изучения наноматериалов, в минимальной летальной дозе на крыс. Из-за халатности лаборанта первая группа крыс несколько дней находилась в непроветриваемой комнате, а вторая группа в комфортных условиях - в хорошо проветриваемой комнате. Облучение животных проводили в тех же комнатах, в которых они находились.

Как вы думаете, в какой группе выживаемость животных была выше и с чем это связано? Объясните с биологической точки зрения. (3 балла)



Пептидные сурфактанты (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)



В последнее время растет интерес к получению и исследованию свойств олигопептидов, обладающих свойствами поверхностно-активных веществ, в качестве перспективного направления развития наномедицины.

Кислотный гидролиз пептида *A* ($M_{\text{пер}}=572,67$ г/моль) приводит к образованию смеси двух канонических аминокислот *X* и *Y* в молярном соотношении 1:6, соответственно.

1. Определите общее число аминокислотных остатков, содержащихся в *A*. (2 балла)
2. Определите аминокислоты *X* и *Y*, максимально ограничив перебор вариантов. Приведите решение. (3 балла)

Пептид *B* является изомером соединения *A*, имея аналогичный аминокислотный состав. Известно, что пептид *B* не гидролизуется под действием трипсина или химотрипсина.

3. Установите структуру пептида *B*. (2 балла)
4. Установите структуру пептида *A*, приняв во внимание, что он содержит максимально возможное число пептидных связей, связывающих остатки аминокислоты *Y* между собой. (2 балла)

Образование мицелл в водном растворе пептида *A* изучали при разных значениях pH. Были получены следующие результаты:

Концентрация пептида <i>A</i> , mM	Средний диаметр мицелл, мкм		
	pH 2	pH 7	pH 11
1	4,68	2,20	-

2	4,83	3,32	-
5	5,09	3,56	0,13

Критические концентрации мицеллообразования для пептида *A* при значениях рН, равных 2, 7 и 11, составили 0,61, 0,94 и 3,63 мМ, соответственно.

- Исходя из структуры *A*, предложите аргументированное объяснение изменения параметров мицеллообразования в зависимости от рН раствора. (3 балла)
- Пептид *B* резко отличается по поверхностно-активным свойствам от соединения *A* и в значительной степени менее пригоден в качестве "сурфактанта". Почему? (2 балла)
- Предложите возможные точки приложения и укажите преимущества мицелл на основе пептида *A* в адресной доставке лекарственных средств в организме человека. (3 балла)

Биомиметика (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 7 – 11 класс)



Юный и очень ленивый нанотехнолог как-то задумался: может быть, вместо того, чтобы пытаться самому синтезировать наночастицы и наноматериалы из дорогих реактивов переложить эту задачу на кого-нибудь другого, например, на матушку Природу? И правда, можно подглядеть, как нужные нам объекты получаются сами собой в природе или использовать живые организмы для создания нужных нам нанотехнологических вещей.

А какие Вы можете придумать подходы и какие можете найти примеры использования микроорганизмов или других живых организмов при получении (тем или иным способом) наноматериалов? (5 баллов)

Золотой ключик (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)



Времена меняются, и для открытия секретов в камере папы Карло Карабас Барабас придумал замок, принимающий только золотые карточки – ключи квадратной формы. Буратино решил смухлевать и не искать золотой ключик, а сделать его. Для этого он сначала решил нанести на медный ключ нужной формы массой 75 грамм и толщиной 2 мм упрочняющий слой серебра. С этой целью он подключил ключ к батарее от мобильного телефона ёмкостью 700 мА·ч и осаждал серебро из раствора нитрата серебра до действительно полной разрядки батареи. Плотность металлической меди $8,92 \text{ г/см}^3$, серебра – $10,491 \text{ г/см}^3$, золота – $19,32 \text{ г/см}^3$.

1. Определите толщину слоя осевшего серебра. (3 балла)

Процесс осаждения занял 2 часа.

2. Какое время необходимо для получения слоя серебра толщиной 100 нм? (2 балла)

Далее Буратино обмакнул ключ в раствор NaAuCl_4 и нанёс золотую плёнку толщиной 10 нм.

3. Сколько миллилитров раствора с концентрацией 10^{-4} моль/л ему потребовалось для этого? (2 балла)

После этого он пошел и открыл потайную дверь. А что там было - совсем другая история.

4. Однако можете ли Вы придумать (технические) способы, чтобы дверь открывалась именно золотым (и никаким иным) ключиком? (3 балла)

Мел судьбы (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)



Великий Гессер как-то дал Антону Городецкому из Ночного Дозора задание добыть мел судьбы. Антон в развалинах Афинского акрополя нашёл древний керамический горшок, где сохранился кусочек мела. Рядом с горшком он нашёл каменную плиту с выбитым текстом, который после перевода гласил следующее:

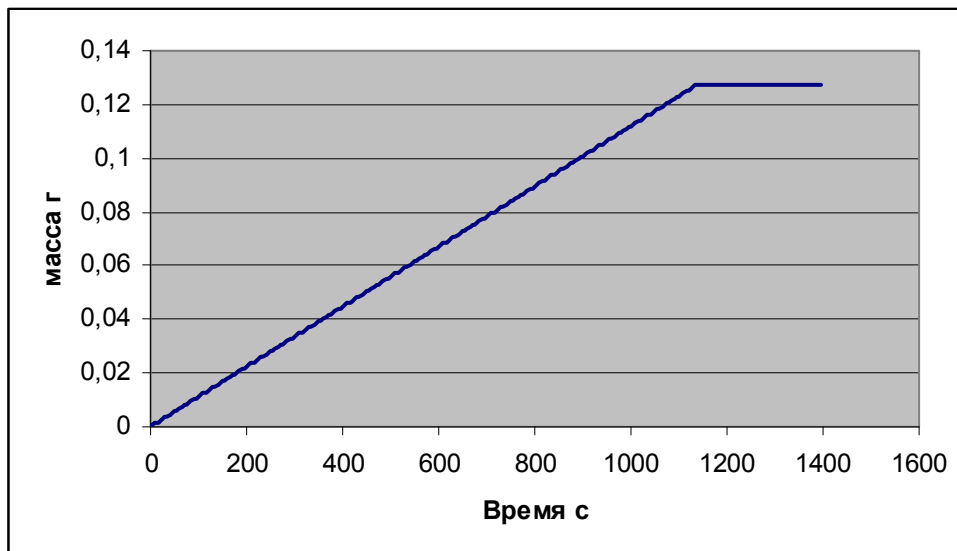
“Этот мелок не простой, им боги судьбы вершили, да и сделан он богами. Если брать его голыми руками, то руки чернеют. Так что бери его только в перчатках. Этим самым мелком Афина писала по только что откованному, ещё влажному после полировки медному щиту Персея и пока не стёрлась та надпись, был он непобедим. Но самое его волшебное свойство – это очистка воды. Нарисуй им на воде знак Нептуна, и можешь пить её смело – по велению бога морей любая зараза в той воде издохнет.

Ежели взять глиняный горшок, нарисовать знак Асклепия внутри, налить воды и добавить немного соды и мёда, а после проварить 3 минуты, то будет чудесный раствор, желтоватого или коричневатого цвета, который обладает целебными свойствами. Но не злоупотребляй милостью богов, ибо кто много того раствора пьёт, тот становится серым, и этот знак богов не смыть ничем.”

Отдав мел Гесеру, Антон нашёл в горшке несколько отколовшихся крошек и решил поэкспериментировать.

Первая крошка полностью и без остатка растворилась в воде. рН раствора не изменился. При добавлении гидроксида натрия из раствора выпал коричневатый осадок, при добавлении раствора аммиака – не выпало ничего.

Вторую крошку массой 0,2 г Антон растворил в воде, опустил в раствор два платиновых электрода и начал пропускать ток силой 0,1 А. При этом масса катода постепенно увеличивалась, что отражено на следующем графике:



Автоматический самописец зарегистрировал излом графика на 1135 секунде эксперимента с окончательной массой 0,127 г. Раствор после электролиза при выпаривании не давал сухого остатка.

Тщательно обдумав полученные данные, Антон сумел расшифровать старый текст по-новому, а потом наладил выпуск мела судьбы в малом инновационном предприятии, сказочно разбогател, отошел как от темных, так и от светлых дел, а потом и вовсе ушел в сумрак.

1. Определите состав мела судьбы. (3 балла)
2. Напишите уравнения реакций. (2 балла)
3. Расшифруйте старый текст и дайте подробные объяснения каждому пункту. (4 балла)

Властелин колец (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)



Гном Кобдик, уже успевший прославиться созданием замечательных нанотехнологических объектов, но ещё недостаточно маститый для того, чтобы его называли со всеми возможными регалиями, получил заказ на изготовление светящихся колец для ежегодного праздника гномов.

Со всей возможной неторопливостью и важностью он прошёл в дедовскую лабораторию, чтобы приступить к работе. Как обычно, пробежав по стене лаборатории в поисках вдохновения, Кобдик засел за изучение гномьих фолиантов с забытыми рецептами и вскоре смог скомбинировать некоторые из них.

Для светящегося материала он решил взять яркие и не тускнеющие со временем *jutuug* (слово с устаревшего гномьего, адекватного перевода не найдено, в Интернете отсутствует). Для их получения нужно было собрать отходы получения и очистки меди и прокалить их в токе кислорода, затем растворить в воде и продуть сернистый газ. При этом получалось ярко-красное вещество *ghuutr*, которое надлежало отфильтровать и высушить, а после осторожно сплавить с магнием, чтобы получить *fookrt*. Далее надо было собрать отходы от получения цинка, растворить их в серной кислоте, удалить медь и осадить металл *scroonk* действием цинка. *Scroonk* снова растворить в серной кислоте, перекристаллизовать сульфат, снова приготовить разбавленный раствор и добавить поливинилпирролидон (ПВП).

В полученный раствор медленно и при интенсивном перемешивании пропускать ядовитый дурно пахнущий газ, выделяющийся при реакции *fookrt* с разбавленной соляной кислотой. При удачном проведении процесса раствор приобретал интенсивную окраску

различных цветов и возможность ярко светиться на солнечном свете. Если же процесс проходил неудачно, то выпадал тёмно-красный осадок.

Кобдик догадался, что *jutuug* состоит из двух элементов и довольно быстро смог установить его состав. Достав необходимые для синтеза вещества, он получил ярко светящиеся растворы. Далее Кобдик смешал растворы и добавил в них коллоидный раствор монодисперсных частиц полистирола диаметром 100 нм. Полученную мутную светящуюся жидкость он вылил на стекло слоем толщиной ровно в 110 нм и дал ей возможность медленно высохнуть. Затем Кобдик приложил к стеклянной пластинке полоску липкой ленты и удалил все полистирольные шарики. В результате он получил много ярких светящихся колечек, которые раздал всем гномам.

1. Что такое *jutuug*, *ghuutr*, *fookrt* и *scroonk*? (3 балла)
2. Напишите уравнения реакций, описанные в манускрипте. (2 балла)
3. Из чего состоят колечки, полученные Кобдиком? (1 балл) Устойчивы ли они к действию воды? (2 балла)
4. Почему при высыхании раствора сформировались колечки? (3 балла) Какова роль полистирольных частиц? (2 балла) Предложите свою версию.

Линзы (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)



Рэпер RJ, поразивший на предыдущей олимпиаде всех своими золотыми дредами, решил не останавливаться на достигнутом и усилить впечатление. Для этого он придумал сделать золотые очки, но не только с золотой оправой, но ещё и с золотыми линзами. Поскольку золото непрозрачно для света, то первоначально он хотел расплющить его до толщины, при которой оно пропускает его в достаточной мере, для чего долго проковывал молотком. Полученный результат его не удовлетворил, так как золото уже не было похоже на драгоценный металл, а напоминало полупрозрачную зеленовато-жёлтую плёнку. Тогда он вспомнил о нанотехнологиях и способе синтеза “снизу вверх”. Взяв тетрахлораурат натрия, RJ добавил к нему цитрата натрия и прокипятил. Полученную жидкость он залил в прослойку между стёкол на линзах очков и отправился тусить.

1. Опишите, какой синтез провёл RJ и что он получил. (2 балла)
2. Напишите уравнения реакций. (1 балл)
3. Будут ли такие очки защищать от ультрафиолета и почему? (2 балла)
4. Можно ли добиться для золота с помощью использованной технологии такой же гаммы цветов, как показано на рисунке для растворов, содержащих серебро, которые, в свою очередь, получил младший брат RJ, причем с использованием очень похожей методики. Почему? (4 балла)

Часики (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)



Бонд заказал Кью новые часы. Как обычно, он не вмешивался в выбор начинки и специальных свойств, но категорически затребовал небьющееся и не подверженное царапинам стекло.

Сначала Кью хотел вырезать стекло для новых часов из цельного алмаза, но финансовый отдел дружно упал в обморок и он понял, что несколько переоценил щедрость своей конторы. Такие же массовые обмороки повторились при попытке предложить рубин или сапфир.

Тогда Кью пошёл длинным и более экономичным путём. Сходив в магазин и накупив там шоколадок, он оживил бухгалтерию и даже смог их уговорить на покупку высокотемпературной муфельной печи и шаровых мельниц с хорошим набором шаров. Собрав фольгу от съеденного шоколада, Кью спустился в сырой подвал и там разбил несколько термометров. Обработав фольгу полученной ртутью, Кью преспокойно ушёл домой и на время забыл о задании Бонда, развлекаясь созданием компьютерной мыши с оптическим прицелом.

Через некоторое время Бонд напомнил о себе, и Кью продолжил работу. В подвале тем временем фольга превратилась в материал *A*. Кью собрал его и прокалил при 1500°C . Полученный материал *B* он разделил на части, поместил в шаровую мельницу, щедро сыпанул титановых шаров (усиленных карбидом титана) и перемолол. Вторую часть он перемолол шарами из хрома, а третью просто плавленным корундом. Из полученных порошков Кью спрессовал стёкла для часов и подверг их спеканию при 1800°C . Два стекла вышли мутно-серыми и почти непрозрачными. Несмотря на высокую прочность и твёрдость, Кью посчитал их браком. Третье стекло получилось замечательно прозрачным, и Кью вставил его в часы Бонда, предварительно наточив кромку и обучив Бонда перерезать стеклом часов стальные прутья.

Обдумав причины неудовлетворительного качества двух других образцов, Кью пришёл к выводу о необходимости прокаливания порошка после помола в кислородной атмосфере. Прделав эту процедуру и снова изготовив образцы керамики, Кью получил великолепной красоты драгоценные камни, которые подарил знакомым.

1. Какие материалы *A* и *B* получил Кью? (2 балла) Зачем он проводил прокаливание *A*? (2 балла)
2. Почему он пошёл таким странным путём? (1 балл) Напишите уравнения реакций и поясните необходимость каждой процедуры. (3 балла)
3. Какие стёкла в первом случае получились бракованными и почему? (2 балла)
4. Какие реакции могли протекать при прокаливании порошка в кислородной атмосфере? (1 балл)
5. Какие драгоценные камни получил Кью? (3 балла)

Планета Арракис и Фримены (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 8 – 11 класс)



Планета Арракис, известная как Дюна. Бесконечная пустыня, родина песчаных червей и единственный источник пряности во Вселенной. Я, герцог Пауль Атрейдес, повелитель Дюны. Фримены зовут меня Муад'диб.

Пауль Атрейдес “Мемуары”

Арракис

Изобретением фрименов, позволявшим им выжить в раскалённой пустыне, был дистикомб: специальная одежда, улавливающая всю воду, выделяемую телом. Газонепроницаемая поверхность дистикомба покрыта фотоэлементами, преобразующими свет в электроэнергию, запасаемую в батареях. Пяточные насосы при ходьбе гонят поток воздуха вдоль тела, а затем через блок цеолитов для поглощения влаги. Выдыхаемый воздух также проходит через цеолиты. Ночью запасённая за день энергия раскаляет спирали, проложенные в блоках цеолитов, а собранная вода поступает во вшитую фляжку, из которой её можно пить через специальную трубочку.

1. Опишите все потенциальные достижения нанотехнологии, применённые в этом костюме. (3 балла)
2. Поясните, почему в таком костюме возможно выживание в пустыне и какова роль каждого элемента костюма. (4 балла)
3. Почему выделение воды производилось ночью? (2 балла)

Тлейлаксу (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 8 – 11 класс)



Тлейлаксу. Коварные, вероломные и... незаменимые. Именно с их технологиями удалось воссоздать пряность после гибели экосистемы Арракиса. Они многократно меня оживляли и убивали, не раз пытались подчинить и почти всегда использовали. После открытия способа активации памяти прошлых жизней я помню всё, что они творили со мной на протяжении трёх тысяч лет.

Дункан Айдахо "Народы Вселенной"

Капитул

Тёмно-серая, никогда не загоравшая кожа тлейлаксу была не проницаема для дистанционных зондов и сканеров. Рентгеновские снимки были неизменно мутными, даже кости на них были практически неразличимы. Методы МРТ тоже терпели фиаско. Маленький рост и хрупкое телосложение делали их обманчиво уязвимыми. Однако это было не так. Тлейлаксу никогда не болели, обладали устойчивостью ко многим ядам, легко могли задерживать дыхание на несколько минут. С развитыми технологиями регенерации они были почти бессмертными. Непроницаемая кожа позволяла замаскировать вшитое в тело оружие, которым они виртуозно пользовались. Хотя ядерное оружие давно было уничтожено, тлейлаксу обладали способностью выдерживать радиацию.

Безусловно, они хорошо поработали над собственным генетическим кодом. Хотя ряд биологических механизмов так и остаётся их тайной, тем не менее, многие из их достижений могут быть поняты.

1. Опишите причины, по которым кожа тлейлаксу может быть непроницаема для любых оптических методов исследования. (Подсказка – необычный цвет кожи и причины, которые его вызывают) (2 балла)

2. На каком принципе работает МРТ? (2 балла) Что может помешать МРТ исследованию? (2 балла)
3. На каком принципе работает "рентген"? (2 балла) Что может блокировать распространение рентгеновских лучей и тем самым испортить снимок? (2 балла) Какие препараты / вещества подобного типа используются сейчас и для чего? (1 балл)
4. Какие из описанных выше механизмов обеспечивают иммунитет тлейлаксу, устойчивость к радиации, возможность длительной задержки дыхания? (2 балла)

Поиск информации (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 7 – 10 класс)



Юный математик решил расширить свои познания в нанотехнологиях. Вместо того чтобы пойти простейшим и наиболее оптимальным путем через посещение сайта <http://www.nanometer.ru>, он решил задать в поисковой системе Google ряд запросов, которые, по его мнению, могли бы помочь в получении необходимой информации. К сожалению, компьютерная клавиатура была частично сломана: ряд клавиш не функционировали, так что в строке поиска отразились следующие довольно странные запросы:

ннтнлли в ссии (1)

квтвы тки ннкистллы (2)

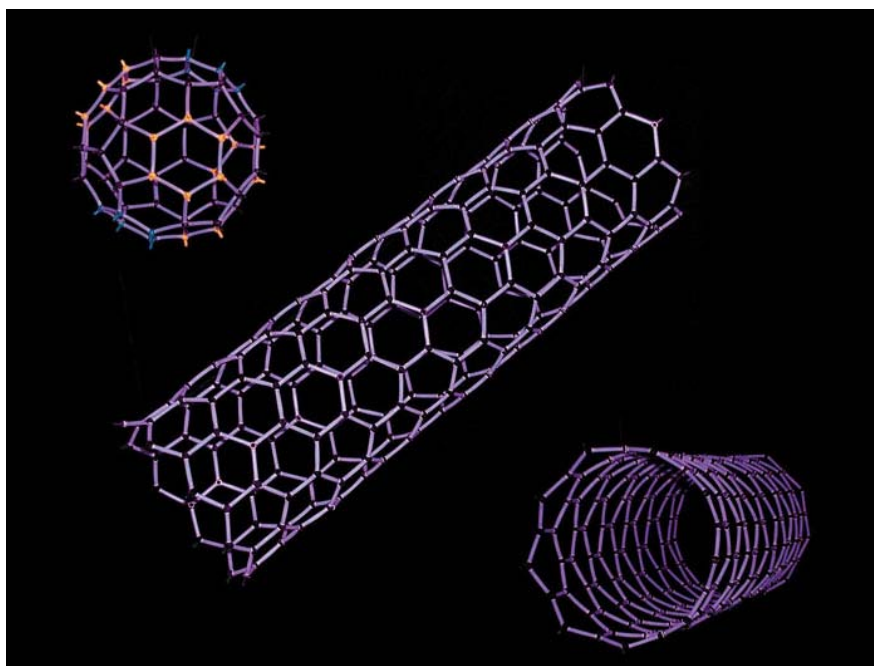
nnscl sc lts (3)

cmisty nntils syntsis tis lictins (4)

Учтите, что в случае поломки клавиши нарушается ее функционирование вне зависимости от типа раскладки (англо- или русскоязычная). Вам также должно быть известно, что поисковый запрос может не являться согласованным предложением и в ряде случаев представляет собой набор ключевых слов.

1. Установите клавиши клавиатуры, которые точно сломаны и не функционируют. (2 балла)
2. Восстановите текст запросов, которые вводил в поисковую строку Google юный математик. (2 балла)
3. Что Вы можете сами сказать относительно информации, которая связана с расшифрованными Вами поисковыми запросами (в свободной форме)? (3 балла)

Самая тонкая: в поисках истинного фуллера C_{60} (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)



С прошлой "наноолимпиады" мы продолжаем искать и анализировать "самое-самое"... При этом, как всегда, все расчеты проводим, исходя из геометрических соображений, приняв все грани рассматриваемых многогранников правильными многоугольниками, а длину всех С-С связей – равной, как в графите, 0,142 нм; размерами атомов пренебрегаем. При расчетах можно использовать теорему косинусов для трехгранного угла.

1. Приведите формулу гомологического ряда самой тонкой нанотрубки (Варианты: C_{60+10n} , C_{50+10n} , C_{40+10n} , C_{30+10n} , C_{20+10n}). Обоснуйте. (3 балла)
2. Опишите строение самой тонкой нанотрубки. (2 балла)
3. Рассчитайте диаметр самой тонкой нанотрубки. (3 балла)
4. Найдите (n, m) и определите тип такой нанотрубки. (4 балла) Какой будет ее проводимость? (1 балл)
5. Традиционно бакибол, несмотря на диаметр 0,71 нм, относят к нанобъектам. Какова будет длина изомера C_{60} из рассматриваемого гомологического ряда? (3 балла) Является ли этот изомер C_{60} истинным нанобъектом? (1 балл)

Нянятехнологии или Тайны Смешариков (2012, заочный теоретический («грантовый») тур, «детские вопросы» для начинающих)

В известном мультфильме про Смешариков "Спасение Улетающих" (<http://www.smeshariki.ru/>), который автор задачи смотрел не менее 10 раз, поскольку его очень любит его шестилетний сын, речь идет о спасении кролика Кроша и Ежика путем заарканивания чудесной веревкой и принудительного приводнения их с околоземной орбиты вместе с угнанной ими у пингвина Пина ракетой (таким образом, при съемках, как говорится, ни один кролик не пострадал).



1. Вопрос: как Вы думаете сами, о чем именно маленьком "заботятся" "нянятехнологии" и зачем? (1 балл)

Сюжет достаточно прост. Лосяш учудил лекцию для всех Смешариков про нанотехнологии (см. рисунок сверху), которые Крош затем называл "нянятехнологии", потому что единственное, что он из обрывков лекции понял, что они "заботятся о маленьких". Разумеется, кролик и Ежик на лекцию опоздали, а медвежонок Копатыч из чувства дисциплины и порядка захлопнул перед ними дверь, в результате чего не попавшие на лекцию субъекты стали бездельничать, хулиганить и попали в очень неприятную историю, как обычно и случается с различными прогульщиками.



2. Вопрос: как Вы думаете, что могут нанотехнологии дать при изготовлении самих ракет и в системах жизнеобеспечения космонавтов? (2 балла)

В результате недолгих поисков Крош обнаружил стоящую неподалеку ракету, забрался в нее вместе с другом Ежиком, начал нажимать все кнопки подряд, в результате чего ракета улетела в космос и "повисла" на некой стационарной орбите, при этом у нее закончилось топливо и начал заканчиваться кислород, что создало прямую угрозу жизни и здоровью новоиспеченных космонавтов, угнавших без задней мысли ракету у Пина. После этого началась активная стадия создания специальной веревки, за которую ракету "сдернули" из космоса и благополучно спасли улетевших

3. Вопрос: как называется метод научного поиска путем подсматривания за живой природой и что он, на Ваш взгляд, уже дал нанотехнологиям? (2 балла) Как у американцев назывался проект создания подобной веревки и на что он, гипотетически, был направлен? (1 балл)

Теперь вам, как экспертам, предстоит доброжелательно и аргументировано опровергнуть / подтвердить / прокомментировать некоторые утверждения Смешариков.



4. Лосяш утверждает, что атом во столько же раз меньше его копыта, во сколько раз его копыто меньше Земли. Подтвердите или опровергните это утверждение оценочными расчетами? (1 балл)



5. Копатыч показывает на некое насекомое, которое вдруг подпрыгнуло и скрылось из глаз. При чем тут (исторически - нанотехнологически) данный тип насекомых? (1 балл)



6. Маленький Лосяш указкой собирает в велосипед цветные шарики и они удерживаются вместе. На что намекают авторы мультфильма и так ли все просто "нанотехнологически" реализовать на самом деле? (2 балла)



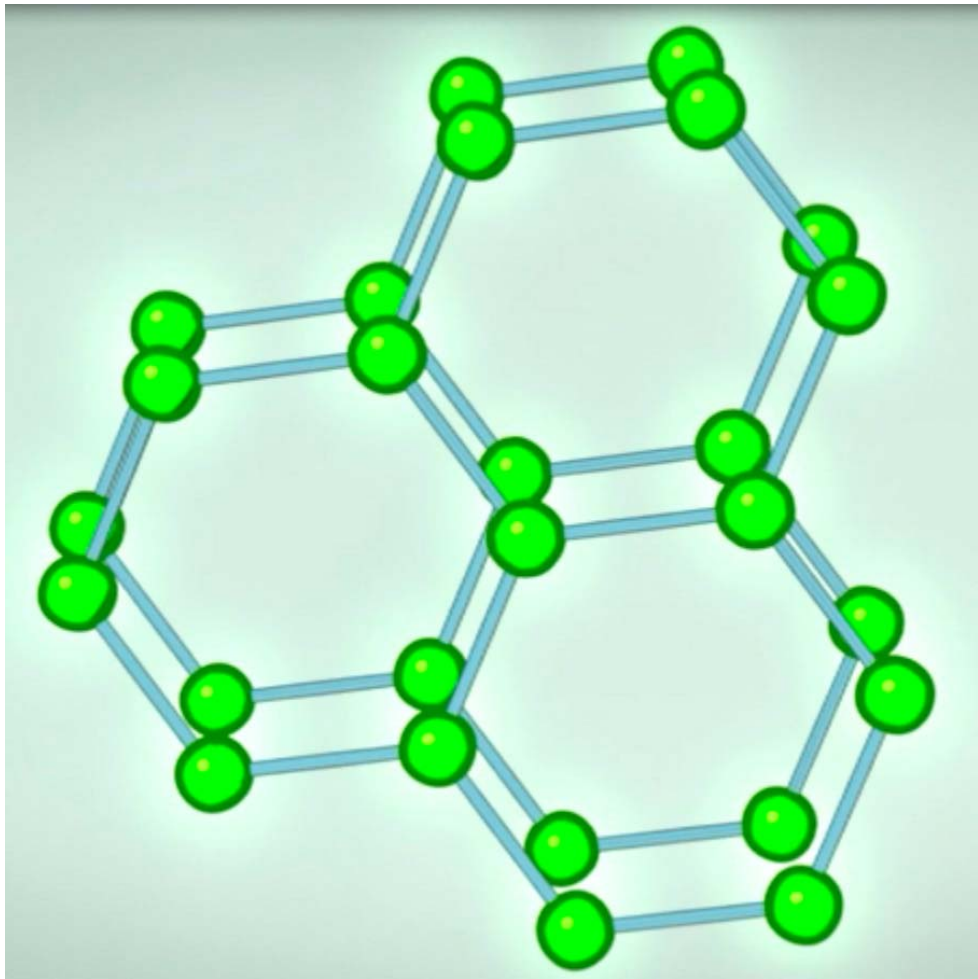
7. На заднем плане организованной группировки Смешариков виден телескоп. Можно ли с помощью телескопа (соответствующей ему оптической схемы) разглядеть наночастицы и почему? (2 балла)



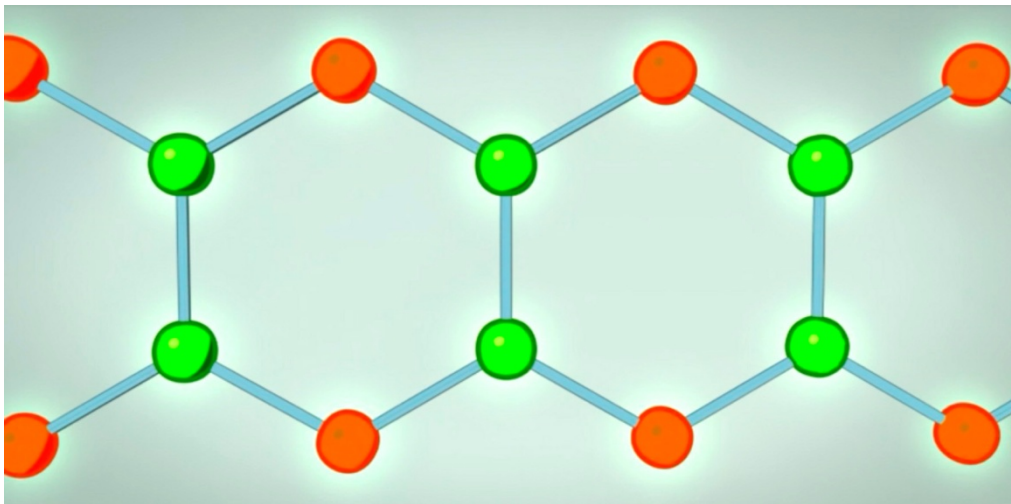
8. Мудрый ворон Кар Карыч показывает на некую структуру из синих и сиреневых шариков. Наверное, эта структура в мультфильме встречается не случайно (хотя, кто ее знает!). Проявите метод дедукции и предложите свои варианты, которые объясняют, что с таким фрагментом структуры может иметь отношение к нанотехнологиям и почему? (2 балла)



9. При разработке чудо - веревки Лосяш продемонстрировал различные структуры (вещества), содержащие углерод. Прокомментируйте, что верно, а что неверно на этом слайде. (1 балл)



10. Действуя по аналогии, Лосяш и Пин предложили сначала делать веревку из самого прочного вещества на Земле - алмаза. Правильно ли выше изображена структура алмаза, рассмотрите возможные ракурсы? (1 балл)



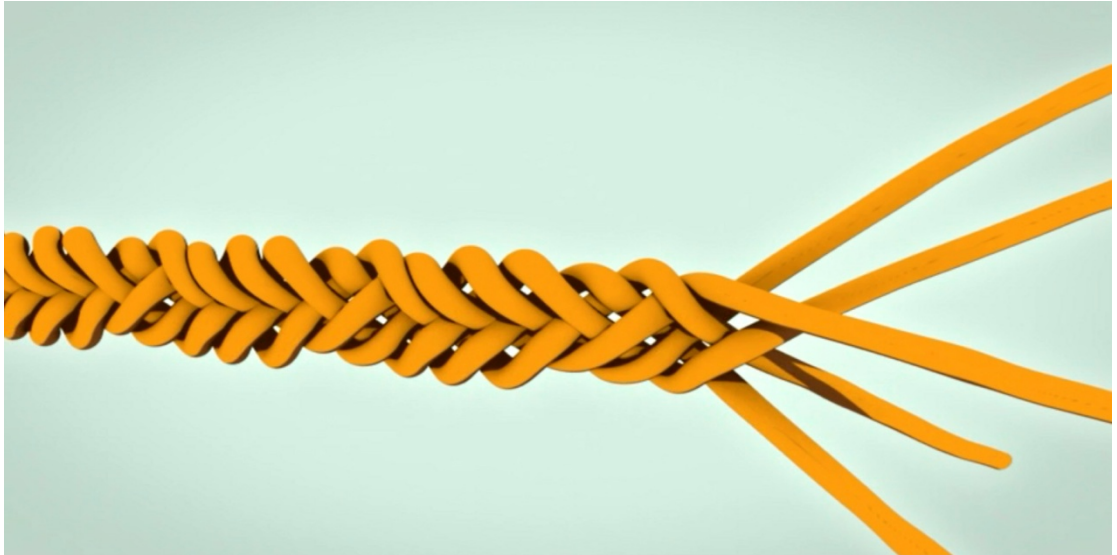
11. Углерод образует обычно 4 ковалентные связи, на этой картинке - только три или даже две. Куда делась 4 связь и почему структура плоская, зачем атомы обозначены разным цветом? (2 балла)



12. Совунья в мультфильме дохимичилась вплоть до взрыва (ну так получилось). Можно ли углеродные нанотрубки получить взрывом? (1 балл) Как, наверное, Смешарики их получали или могли получить? (2 балла) Так что прочнее должно быть на разрыв - алмазные усы или углеродные нанотрубки? (2 балла)



13. В качестве "анalogии" для создания углеродных нанотрубок использовался то ли трехпальцевый чулок, то ли аналогичная длинная перчатка с трубчатой структурой. Что может произойти с электронными свойствами одностенной углеродной нанотрубки при ее "ветвлении", изгибе или деформации? (3 балла)



14. Возможно ли сплести многокилометровую веревку из углеродных нанотрубок и если можно, то как именно, если нельзя, то почему? (2 балла)



15. Какие растения на огороде Копатыча могли проявлять водоталкивающий эффект, как называется это явление и в чем его причины? (2 балла)



16. Для того, чтобы веревка из углеродных нанотрубок не намокала, Смешарики предложили сделать ее с показанным выше искусственным рельефом поверхности. Являются ли углеродные волокна водоталкивающими сами по себе и почему? (2 балла) В чем принципиальная ошибка "пупырчатого" подхода в данном конкретном случае? (2 балла)



17. Оцените, с какой скоростью (оборотов в минуту) должна крутиться рулетка с веревкой, чтобы космический робот Пина вышел на самую низкую орбиту, где "повисла" ракета с Крошем и Ежиком. (2 балла) Диаметр барабана принять равным 50 см и считать постоянным.



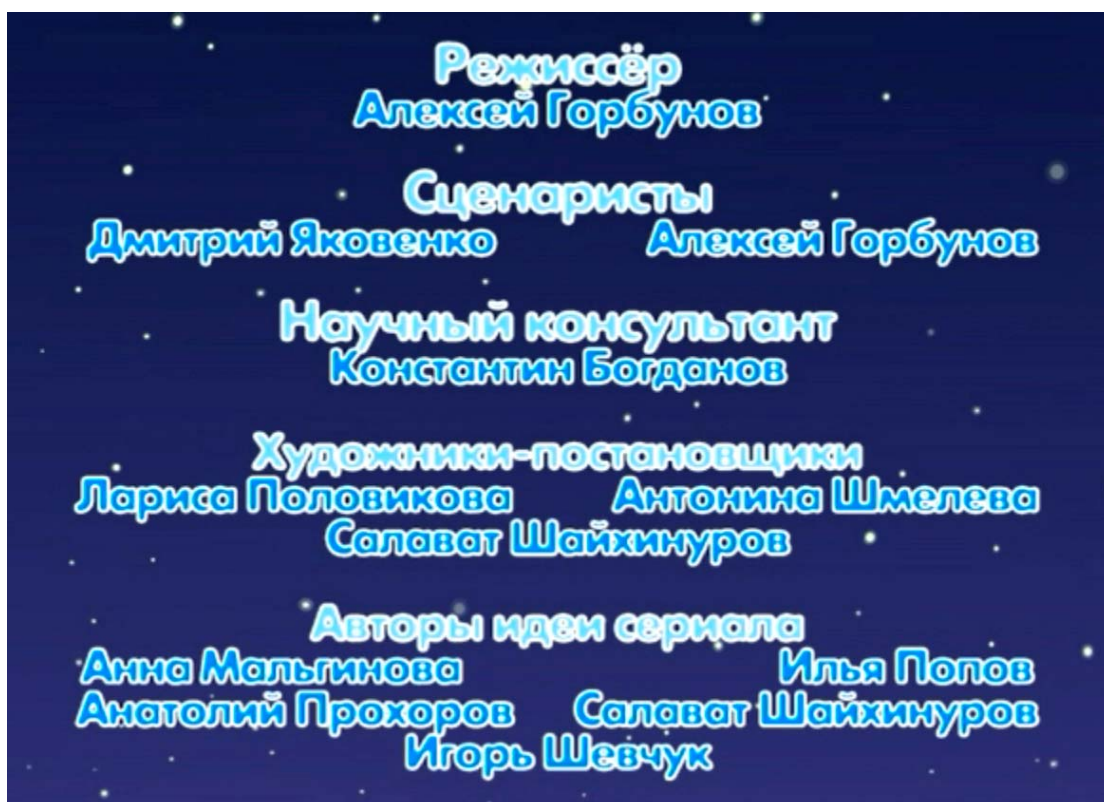
18. Почему запотел иллюминатор в космической кабине Кроша и Ежика и почему вокруг него капли принимают округлую форму? (2 балла)



19. Именно так Смешарики стягивали ракету с околоземной орбиты. Если Вас ничего не смущает, берите 0 баллов и идите дальше. Если Вас что-то в этой картинке все же смущает, аргументировано поясните, что именно смущает, что неверно? (1 балл)



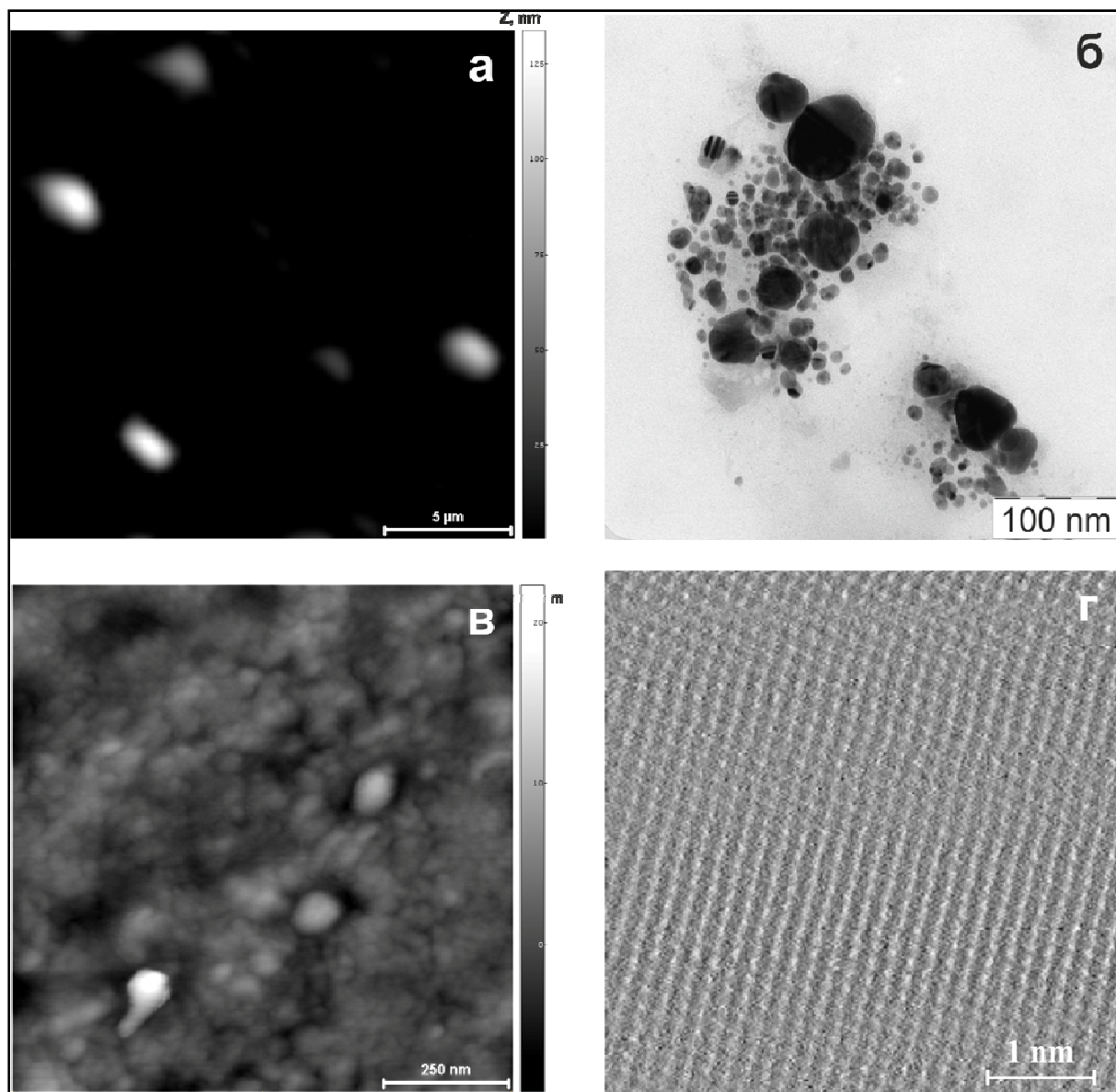
20. Оцените, какая энергия выделяется при падении ракеты массой 1 тонна с высоты 300 километров на Землю (или воду). (1 балл) Какие уточняющие предположения стоит принять в расчет? (1 балл)



21. Кто из этих людей наиболее знаком с нанотехнологиями и почему? (1 балл)

Визуализация наночастиц (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

Ниже приведено несколько изображений наночастиц, сделанных различными видами микроскопии. На рисунке представлены: ультрадисперсные частицы лигноцеллюлозного сырья в супернатанте (а); коллоиды серебра (б); коллоидные частицы серебра на поверхности фиксированного эритроцита (в); изображение подложки высокоориентированного пирографита (г).



1. При помощи каких видов микроскопии можно визуализировать наночастицы? (2 балла)
2. Как материал, из которого сделаны наночастицы, влияет на способ их визуализации? (2 балла)
3. Определите методы микроскопии, которыми были сделаны изображения выше? (2 балла)

Катализ на наночастицах (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

Каталитическое действие некоторых материалов становится значительно более заметным после того, как этот материал измельчают до наноразмеров.



Пусть, например, твердый материал Au (золото) катализирует реакцию $A+B \rightarrow \text{Продукт}$.

1. Предложите измеряемый параметр системы, позволяющий количественно охарактеризовать каталитическое действие Au и следить за его изменением при уменьшении размера частицы. (2 балла)
2. Чем объяснить, что с уменьшением размера частиц Au каталитическое действие становится более интенсивным? (2 балла)
3. Допустим, катализатор Au ускоряет несколько реакций с участием A. С уменьшением размера частиц Au интенсивность катализа разных реакций растет не одинаково. Пусть частица Au имеет форму куба. Для первой реакции интенсивность катализа растет обратно пропорционально объему куба, во втором – площади грани, в третьей – длине ребра. Заметный рост начинается при разных размерах частиц Au. Чем объяснить эти наблюдения? (2 балла)

Пласталь (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

После Батлерианского Джихада мир изменился. Многие планеты утратили технологии и одичали. Лишь две планеты: Тлейлаксу и Икс значительно их развили. Тлейлаксиянцы развили биологию. Мастера Икса довели до совершенства технику. Немногие могут сравниться с этими народами.

Пауль Атрейдес “История Вселенной”

Арракис



В изделиях иксиан на планете Дюна широко распространено применение *пластали* – стали, пронизанной волокнами *стравидиума*. Её исключительная прочность обеспечивает долговечность и износостойчивость.

Нужную деталь иксиане формуют из папье-маше, приготовленной из лучшей бумаги. Затем сушат её и прокаливают без доступа воздуха. Потом включают высокочастотное поле и пропускают через деталь пар карбонила железа. Постепенно материал набирает массу и получается пласталь.

1. Опишите внутреннюю структуру пластали. Что такое стравидиум (в данном случае) и как он формируется? (2 балла)
2. Опишите реакции, протекающие на каждой стадии процесса. (2 балла)
3. Почему нужна именно лучшая бумага? Можно ли её заменить на микрокристаллическую целлюлозу? (2 балла)

4. Опишите, каковы должны быть свойства пластики к нагреву, удару, пропусканию электрического тока. (2 балла)

Гномьи наноалмазы (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

Как-то раз Кобдика назначили главным ювелиром гномов. Зашёл он в кладовые, глядь, а там наноалмазы кончились. А тут как назло ещё и заказ пришёл от эльфов на усыпанную алмазами корону.



Засел Кобдик за книги, чтобы положение поправить и нашёл там метод получения алмазов из гексогена {в этом году РОСНАНО вручило премию за данный метод получения наноалмазов}. Да вот беда – нет больше гексогена в гномьем государстве, а местные химики утратили технологию его получения. Отчаялся Кобдик, пошёл к деду жаловаться, что не выполнить заказа от эльфов никак. Дед хитро прищурился, после чего передал внучку справочник и кусок карбида кальция со словами: “Большой ты уж стал, сам справишься. Ну а ежели чего, научу я тебя алмазы делать. Ступай, работай.”

Ободрённый Кобдик внимательно почитал справочник, посчитал кое-что, после чего сказал ”ого!..” и с большим уважением глянул на невзрачный кусок обычного карбида.

Прикинув, что ещё потребуется, Кобдик взялся за работу. Для начала он нашёл стальной баллон и повесил его на нити над заброшенной шахтой. Затем взял карбид кальция, слегка измельчил его и ввёл в реакцию с водой в аппарате Киппа. Выделяющийся газ пропускал через раствор смеси хлорного железа и сульфата меди, затем через трубку с оксидом кальция. После очистки газ подавался в стальной баллон, охлаждаемый снаружи

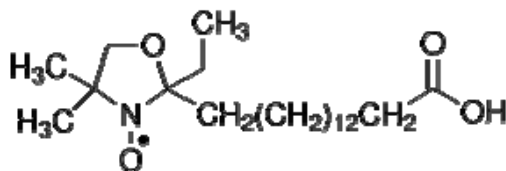
жидким азотом (почти космический холод!). Кобдик предварительно подвесил пустой баллон на весах и точно знал, сколько газа в нём сконденсировалось. После заполнения баллона Кобдик перекрыл вентиль, аккуратно отогрел его до температуры минус 80°C и пережёг нить, удерживающую баллон на весу. Через расчётное время в шахте раздался мощный взрыв.

Кобдик спустился вниз и собрал сажу, которая густо покрывала пол и стены шахты. Промыв её азотной кислотой, он выделил нужные ему алмазы и засел за изготовление короны.

1. Опишите процессы, приводящие к образованию наноалмазов при взрыве гексогена. (1 балл)
2. Напишите, какие реакции протекали при получении и очистке газа, запускавшегося в баллон. (2 балла)
3. Докажите оценочным расчётом, что при взрыве баллона, по аналогии с гексогенным взрывом, процессы образования наноалмазов тоже возможны. (4 балла, любые нужные Вам данные возьмите из справочника)
4. Зачем баллон отогревали до температуры в -80°C? (1 балл)
5. Почему Кобдик пережёг, а не перерезал нить? (1 балл)
6. Через какое время Кобдик услышал взрыв, если глубина шахты 200 м? (1 балл)
7. Какие процессы протекали при промывке сажи азотной кислотой? (2 балла)

Плазматическая мембрана (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

Для исследования свойств плазматических мембран клеток используют спиновые зонды, которые дают характерные спектры так называемого электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) в специальных ЭПР - спектрометрах. Спиновые зонды представляют собой молекулу стеариновой кислоты с остатком, содержащим нитроксильную группу (NO•). На рисунке представлен спиновый зонд (16-доксилстеариновая кислота).



Фрагмент, несущий нитроксильную группу, связан с 16 атомом углерода углеводородной цепи. Существуют молекулы спиновых зондов с другим положением нитроксила: 5-, 7- и 12-доксилстеариновые кислоты.

Молекула спинового зонда в мембране располагается параллельно жирнокислотным остаткам фосфолипидов. По спектрам ЭПР можно оценить микровязкость мембраны в области расположения нитроксильного фрагмента. ЭПР спектроскопия со спиновыми зондами на основе стеариновой кислоты широко используется для исследования эритроцитов.

1. Каким образом можно встроить молекулу спинового зонда в мембрану эритроцитов? (2 балла)
2. Какой спиновый зонд (5-, 7-, 12- или 16-доксилстеариновая кислота) целесообразно выбрать для получения информации о микровязкости мембраны в областях, близких к поверхности и почему? (2 балла)

Поскольку молекулы спиновых зондов находятся внутри мембраны, они вносят изменения в структуру мембраны. Исследователь должен выбрать оптимальную концентрацию спинового зонда: с одной стороны его не должно быть слишком много (чтобы изменения структуры мембраны были незначительными), а с другой стороны его должно быть достаточно для записи спектра ЭПР.

3. Оцените соотношение молекул фосфолипидов и спинового зонда, если в суспензии эритроцитов конечная концентрация спинового зонда составляет $10^{-4}M$, содержание клеток $6 \cdot 10^6$ кл/мкл, а на одну клетку в среднем приходится $7 \cdot 10^8$ молекул фосфолипидов. Считать, что все молекулы спинового зонда находятся в мембране эритроцитов и распределены равномерно между двумя монослоями. (2 балла) Как вы считаете, будут ли существенны изменения структуры мембраны при таком соотношении? (1 балл)

Суспензия и ультразвук (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

При перемешивании гидрофобных наночастиц, особенно в виде крупнодисперсного агрегированного порошка, в водной среде не происходит образование малых пузырей с радиусом порядка 10 нм. Как правило, пузыри гораздо больше и они активно вытягивают за собой наночастицы на поверхность. Одним из способов уменьшения объема присоединенных пузырей является ультразвуковая обработка суспензий. Экспериментально проверено, что обработка значительно повышает стабильность суспензий гидрофобных наночастиц, повышается их однородность.

Найти частоту ультразвуковой волны, облучение которой может привести к созданию стабильной суспензии наночастиц кремния радиусом $r = 10$ нм, у которых $k = 10\%$ поверхности гидрофобно. Интенсивность излучения $I = 3 \cdot 10^3$ Вт/м², при расчетах поясните / обоснуйте Ваше решение. (5 баллов)



Додекаплекс – простейший 4D фуллерен (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

Представьте, что в четырёхмерном мире у самого маленького фуллерена будет геометрический аналог – правильный многогранник, состоящий из пятиугольных плоских граней – додекаплекс. Представить (визуально) его невозможно, однако на помощь приходит широко используемая для визуализации фуллеренов проекция Шлегеля.

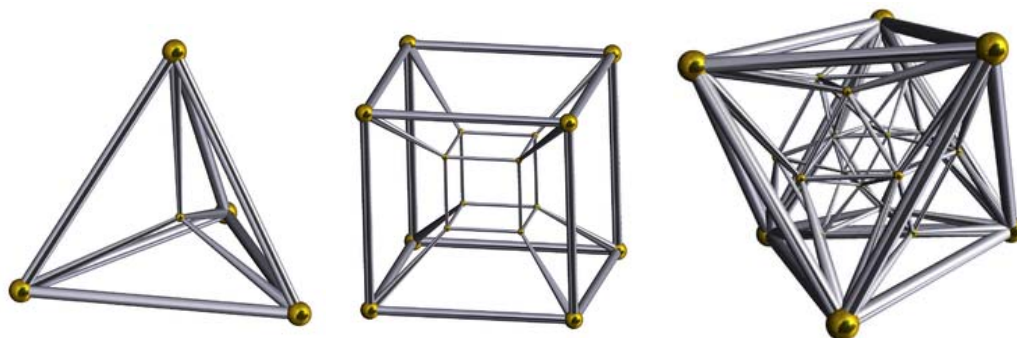


Рис. 1. Трёхмерные проекции Шлегеля четырёхмерных аналогов Платоновых тел: гипертетраэдр, гиперкуб (тессеракт), полиоктаэдр.

Подобно проецированию выпуклых 3D многогранников в 2D фигуры на плоскости (рис. 2), проекция Шлегеля 4D многогранников в одну из ячеек фигуры позволяет нам визуализировать их в виде трёхмерного объекта без самопересечений граней (рис. 1, 3 - 5). При этом, с некоторыми оговорками, сохраняется внутренняя структура объекта.

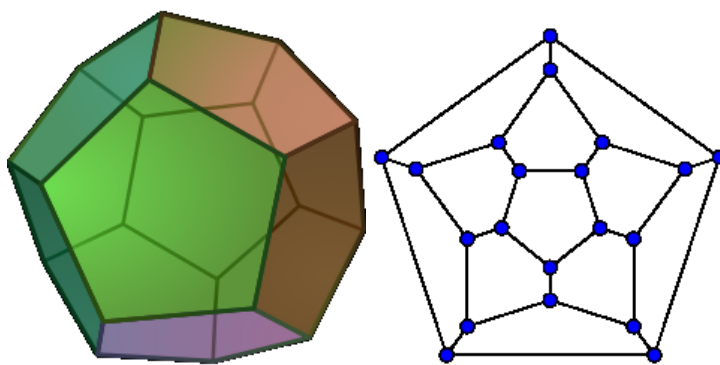


Рис. 2. Простейший фуллерен в трёхмерном мире и его двухмерная проекция. Как можно видеть, проекция Шлегеля искажает расстояния и углы.



Рис. 3. Несколько примеров визуализации додекаплекса при помощи 3D проекций Шлегеля.

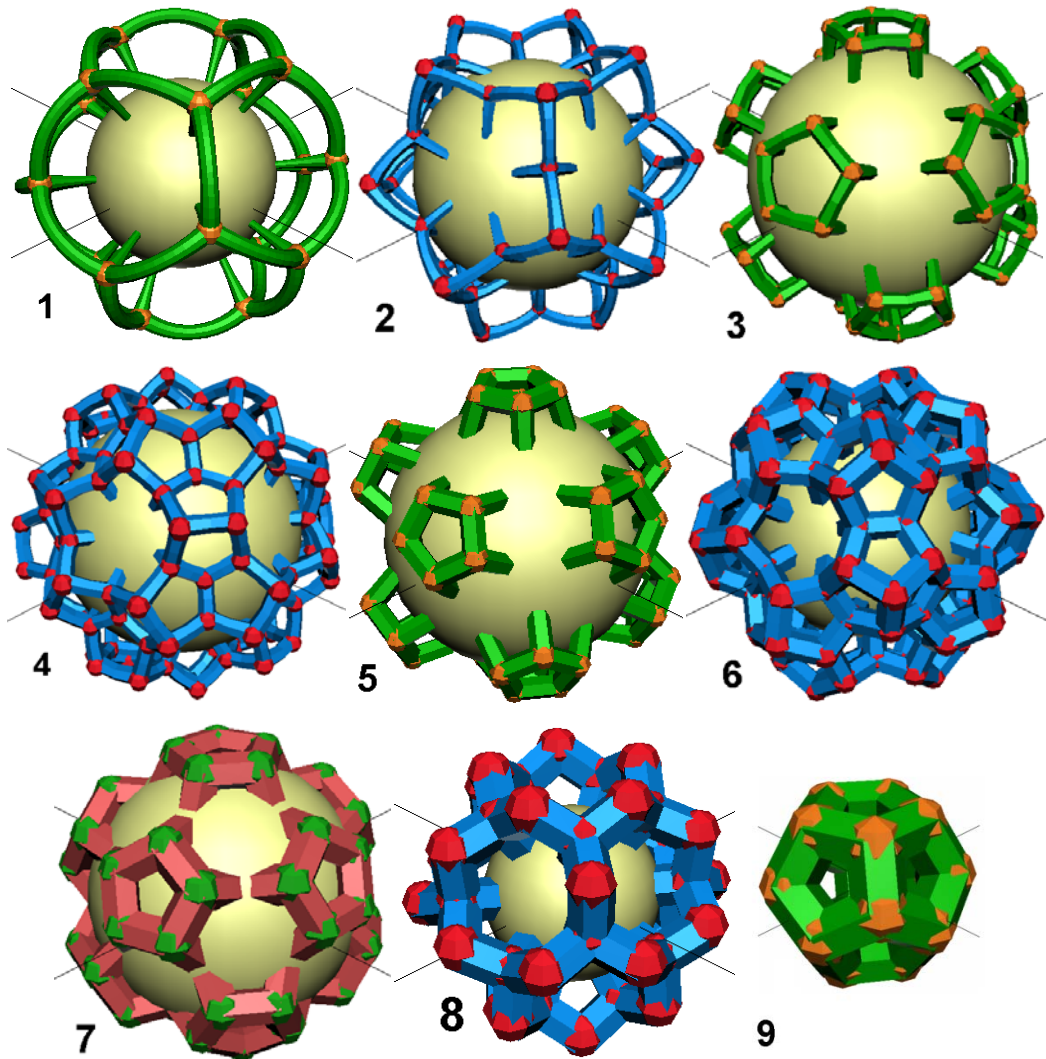


Рис. 4. Послойное изображение 3D проекции Шлегеля додекаплекса. Желтая сфера на каждом изображении «закрывает» от наблюдателя все нижележащие слои: так, сфера

на первом изображении является описанной сферой для второго изображения и т.д.
 Примечание: все вершины (узлы, где сходятся ребра), через которые проходят сферы, всегда принадлежат более низкому слою. Цифры на рисунке соответствуют номерам слоёв.

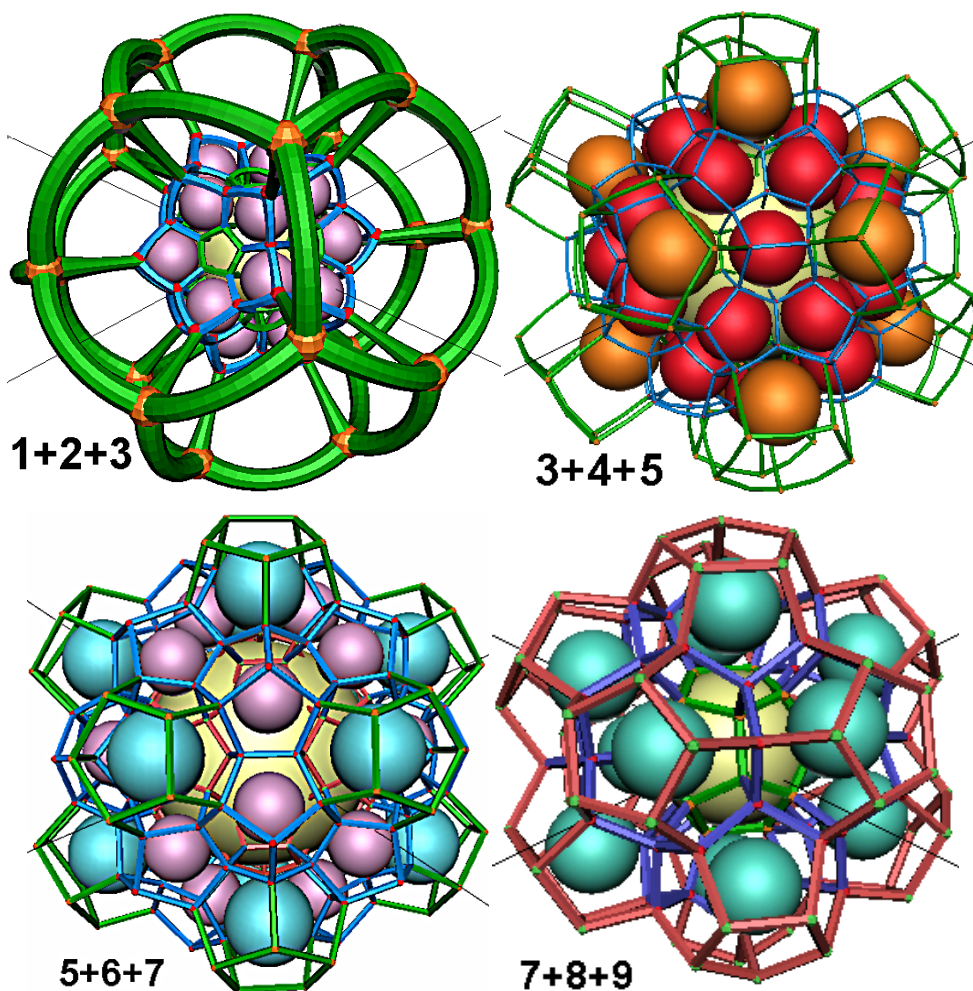
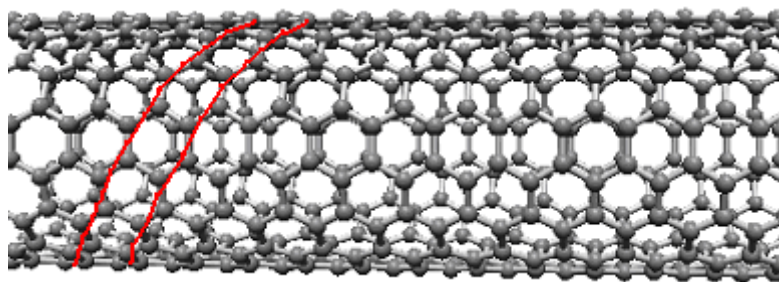


Рис. 5. Примеры трёхслойных фрагментов изображения 3D проекции Шлегеля додекаплекса. Для наглядной визуализация ячеистой структуры, внутрь некоторых ячеек помещены шары. Цифры на рисунке соответствуют номерам слоёв по рис. 4.

1. Какие Платоновы тела, являющиеся двойственными многогранниками, обладают такой же симметрией, как и 3D проекция Шлегеля додекаплекса (рис. 3 – 5)? (1 балл)
2. Исходя из приведенных данных (рис. 3 – 5), посчитайте формулу простейшего четырёхмерного фуллерена – аналога самого маленького 3D фуллерена. Какую геометрическую фигуру представляют собой его ячейки? Какова в нём валентность четырёхмерного углерода? (2 балла)

3. Рассчитайте, сколько граней, рёбер и ячеек содержит такой 4D фуллерен. (2 балла)
4. Если Вы посчитаете количество ячеек внутри трёхмерной проекции Шлегеля 4D фуллерена по рис. 4 – 6 то, у Вас в итоге получится нечетное число ячеек (какое?). Поясните такой результат. Подсказка: внимательно изучите проекцию Шлегеля фуллерена C_{20} (рис. 2). (2 балла)

Двойная спираль... нанотрубки (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)



Если внимательно присмотреться к стенкам углеродных нанотрубок, то в их ажурных переплетениях можно разглядеть спираль. И не одну. По всей длине этих трубок бегут нанизанные на невидимые линии змейки С-С связей.

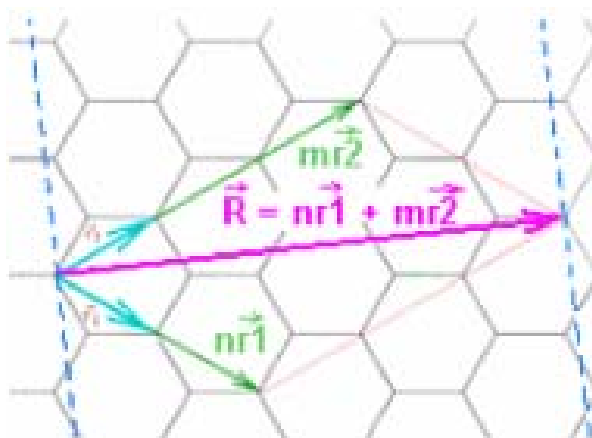


Рис. 1. Для получения нанотрубки (n, m) , графитовую плоскость надо разрезать по пунктирным линиям и свернуть вдоль направления вектора R .

В этом примере $n = 2, m = 3$.

Различают следующие типы нанотрубок:

- «зубчатые», $n = m$;
- зигзагообразные, $m = 0$ или $n = 0$;
- спиральные или хиральные нанотрубки (все остальные значения n и m).

Каждая спираль, будь то молекула ДНК, α -спираль полипептида или обычная пружина, имеет набор параметров, которые её характеризуют: радиус, длина витка, шаг, угол подъёма спирали (см. рис. 2).

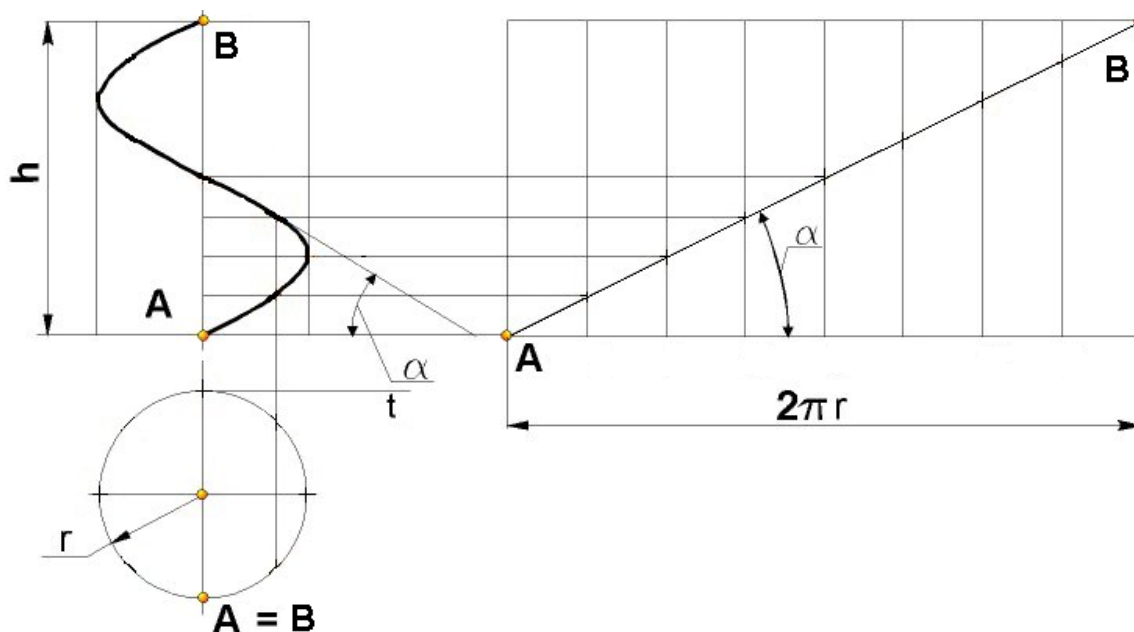


Рис. 2. Схематическое изображение спирали: r – радиус, h – шаг, α – угол подъёма спирали. При разворачивании цилиндра, на который «намотана» спираль, она изобразится в виде прямой. Длина отрезка AB называется длиной витка спирали.

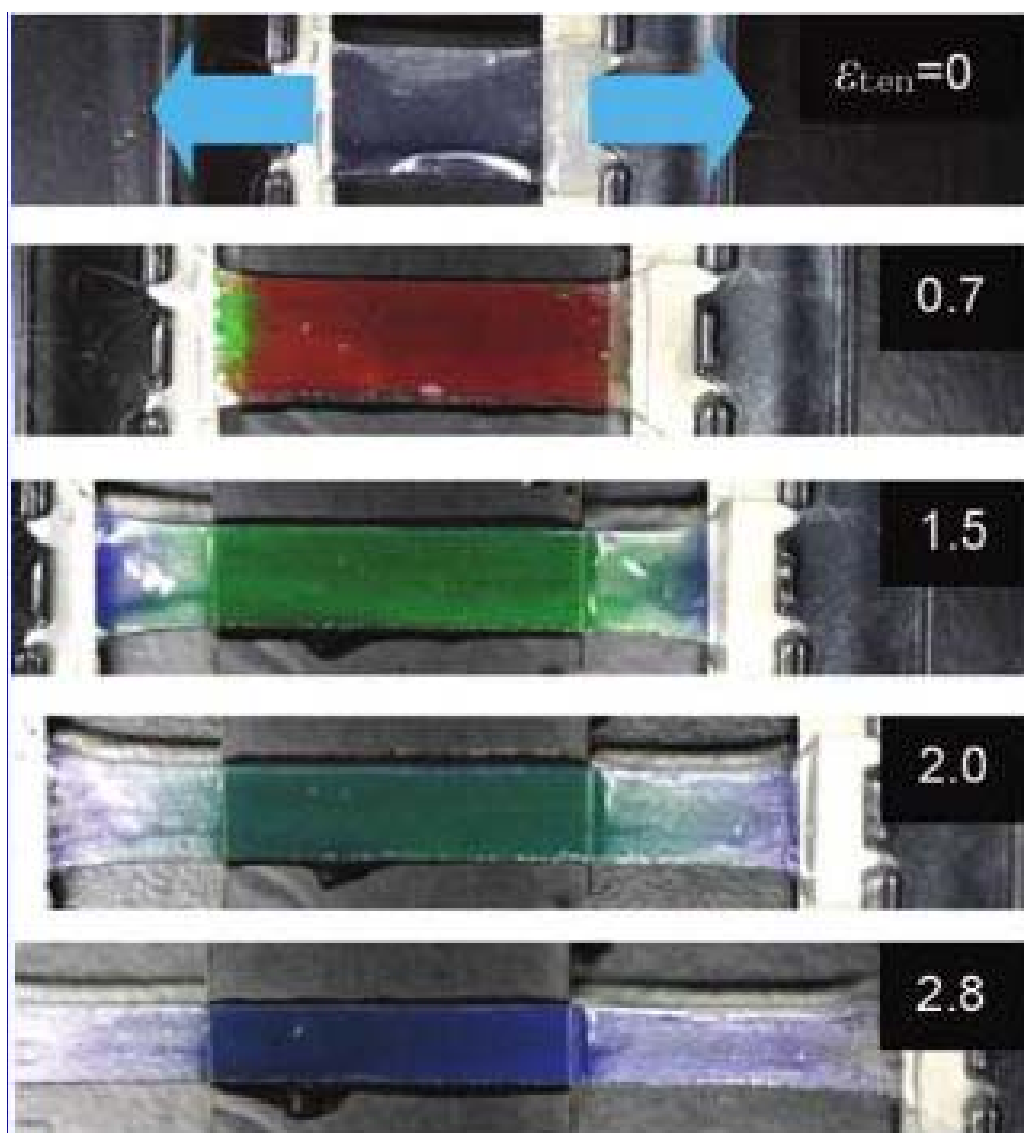
1. Определите общее количество зигзагоподобных С-С спиралей для произвольных: а) хиральных, б) зубчатых, в) зигзагообразных углеродных нанотрубок. (2 балла)
2. Определите угол подъёма спиралей для каждого типа углеродных нанотрубок. (2 балла)
3. Рассчитайте радиус, длину витка и шаг спиралей в нм для каждого типа углеродных нанотрубок. (5 баллов)
4. Оцените, сколько атомов углерода приходится на один виток спирали для каждого типа нанотрубок. (2 балла) Для каких нанотрубок на один виток спирали всегда будет приходиться целое число атомов? (1 балл)

Все расчёты провести подробно, исходя из геометрических соображений, приняв все грани рассматриваемых многогранников правильными многоугольниками, а длину всех С-С связей, равной как в графите, 0,142 нм; размерами атомов пренебречь. Получаемые в ответе формулы должны быть в итоге выражены только через параметры n , m и численные коэффициенты.

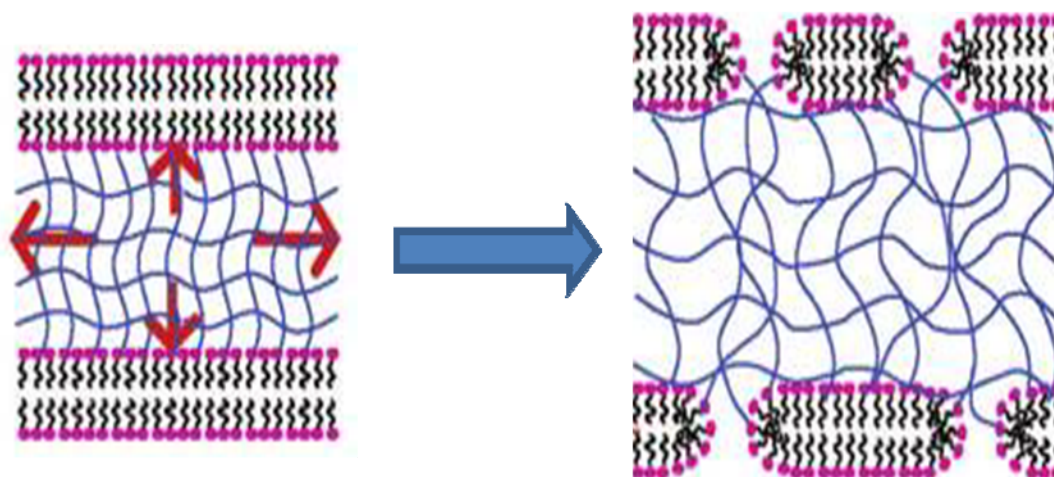
Механочувствительные гели (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

Один из перспективных высокотехнологичных материалов – мягкий эластичный гель, способный изменять свою окраску при приложении внешнего давления. С его использованием можно, например, сконструировать механосенсоры, реагирующие на нажатие и не требующие подсветки, или детекторы давления/деформации, сигнализирующие изменением цвета на приложение опасной для материала нагрузки.

Такой материал был получен по следующей методике. Водный раствор, содержащий 0.10-0.17 моль/л н-додецилглицерилитаконата ДГИ, 2 моль/л акриламида АА, 0.002 моль/л N,N'-метиленабисакриламида БАА и небольшое количество фотоинициатора радикальной полимеризации, был выдержан в течение 4 ч при температуре 55 °С, после чего быстро (под давлением) впрыснут в форму для полимеризации (10x1x0.1 см) и заполимеризован. Полученный образец был помещен в большой объем водного раствора смеси АА (2 моль/л), БАА (0.002 моль/л) и оксоглутаровой кислоты (0.002 моль/л) и выдержан до насыщения, после чего свежая порция мономера также была заполимеризована.



Схематически микроструктура полученного геля представляется так:



Известно, что ДГИ при температуре синтеза самоорганизуется в бислойные ламели, причем трансляционная диффузия молекул ДГИ, включенных в полимерную сетку, затруднена. Полученный образец в контакте с водой сильно набухает, что приводит к частичному разрушению непрерывных ламелей и формированию островных бислойных фрагментов, но их взаимная ориентация при этом сохраняется.

1. Приведите структурные формулы упомянутых в методике веществ. (2 балла)
2. Почему для получения материала приведенной структуры недостаточно просто смешать компоненты и запolyмеризовать, а необходима предварительная инкубация раствора при 55 °С и впрыскивание под давлением? (2 балла)
3. За счет чего в результате радикальной полимеризации образуется непрерывная трехмерная сетка? (1 балл)
4. Полимеризация второй порции АА приводит к двойной (взаимопроникающей) сетке. Связаны ли между собой сетки, полученные на разных стадиях процесса (объясните, почему нет, или приведите схему реакции, приводящей к такой сшивке). (2 балла)
5. Оцените толщину ламели, учитывая, что додецильные группы ДГИ находятся в конформации плоского зигзага. Каким физическим методом можно точно определить толщину ламели? (3 балла)
6. В зависимости от исходной концентрации ДГИ конечный продукт описанного синтеза может быть бесцветным либо окрашенным. А) По уравнению Вульфа-Брэггов (уравнение, определяющее взаимосвязь длины волны при дифракции и параметров упорядоченной структуры) определите период дифракционной решетки, за счет которой проявляется синяя окраска. (2 балла) Б) Определите цвет геля (синий, зеленый, бесцветный), полученного при концентрации ДГИ 0.10, 0.13 и 0.17 моль/л, проставив знаки + и – в таблице:

ДГИ, моль/л	Бесцветный?	Синий?	Зеленый?
0.10			
0.13			
0.17			

При одноосном растяжении образца в направлении, параллельном ориентации ламелей, он быстро и обратимо изменяет свою окраску за счет изменения межламелярных расстояний d . Например, недеформированный образец размерами 10x1.0x0.1 см при облучении белым светом обнаруживает максимум в спектре отраженного света при длине волны 717 нм. После растяжения в 2 раза (конечная длина образца 20 см) максимум спектра отражения составляет 515 нм.

7. Определите: а) конечную толщину образца; б) конечную ширину образца, считая суммарный объем образца постоянным. За счет чего проявляется анизотропия сжатия образца? (3 балла)
8. Рассчитайте, при каком относительном растяжении образец будет окрашен в интенсивно-синий цвет (максимум в спектре отражения 410 нм). (2 балла)

Молекулярные аккумуляторы (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

Многие актуальные проблемы молекулярной электроники и энергетики связаны с поиском систем, содержащих переходные металлы и способных выступать в качестве акцепторов, переносчиков и доноров электронов.



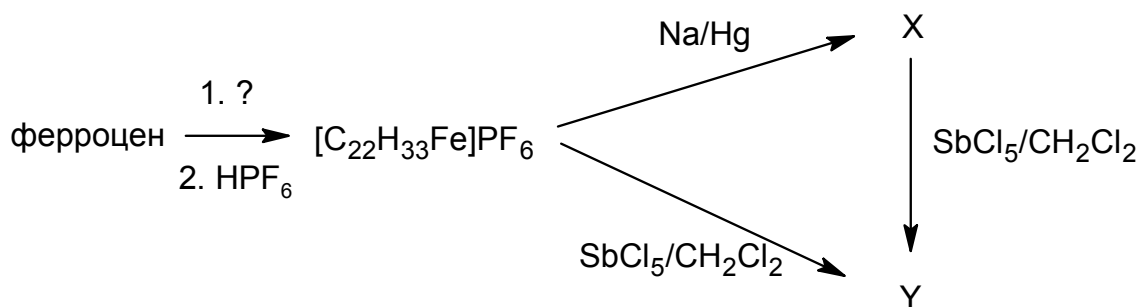
Ключевые свойства таких систем – величина потенциала окисления-восстановления и стабильность, которые можно регулировать, варьируя координационное окружение металла.

1. Приведите примеры (не менее двух) природных переносчиков электронов (металлопротеидов), содержащих различные металлы. Приведите уравнения окислительно-восстановительных реакций, лежащих в основе переноса электронов. (2 балла)

Родоначальник многочисленных соединений, используемых для транспорта электронов в молекулярной электронике – ферроцен $C_{10}H_{10}Fe$.

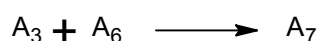
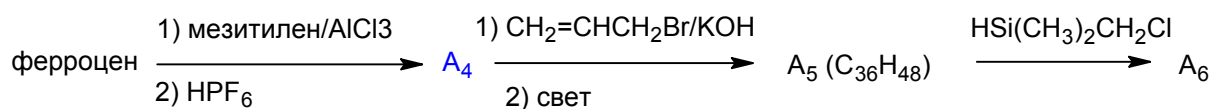
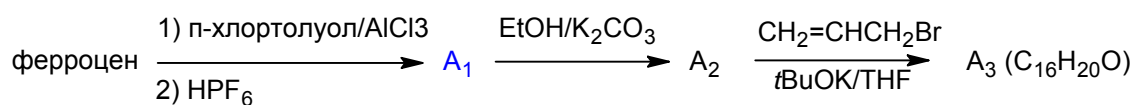
2. Приведите структурную формулу ферроцена и укажите степень окисления железа в этом соединении. (1 балл) Какими способами (не более двух) можно эффективно синтезировать ферроцен? (2 балла)

Модификация ферроцена позволяет повысить его стабильность и изменить его свойства желаемым образом. Например, избыточное метилирование ферроцена и замена одного из лигандов на гексаметилбензол приводят к соединению $C_{22}H_{33}Fe$. Метильные группы стерически защищают комплекс от димеризации, что позволяет осуществлять интересные окислительно-восстановительные превращения с его участием без изменения структуры молекулы:



- Приведите структурные формулы соединений $[\text{C}_{22}\text{H}_{33}\text{Fe}]\text{PF}_6$, X, Y и укажите степени окисления железа в них. (2 балла)
- Укажите реагент(ы) и условия, необходимые для осуществления стадии (1), описанной выше (1 балл).

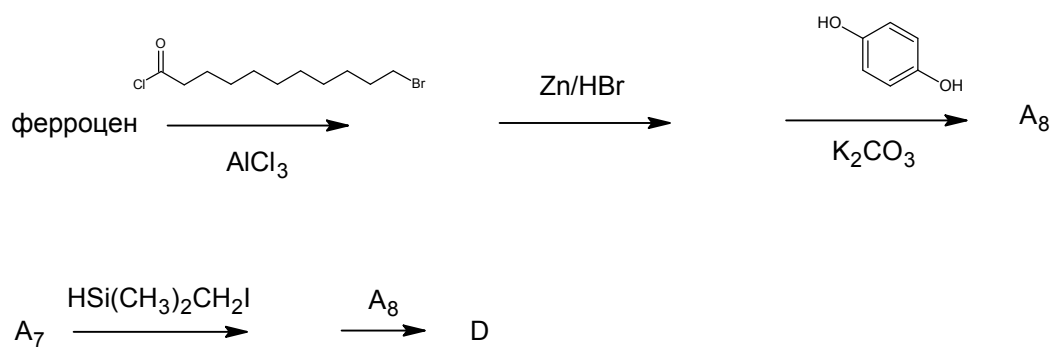
Лиганды ферроцена и описанных в задаче его производных – ароматические циклы, что позволяет проводить его химическую модификацию многими хорошо изученными способами. Например, разработан способ включения комплексов железа в структуру дендримеров, сообщая им электроактивные свойства. Кроме того, использование комплексов железа как одного из исходных веществ для синтеза ядра дендримера позволяет заметно упростить синтетические процедуры.



В этой схеме A_3 – дендрон, последовательным наращиванием которого происходит увеличение генерации дендримера, A_5 – аллилированный дендример нулевой генерации, A_7 – аллилированный дендример 1-й генерации. Последовательное повторение стадий: обработка $\text{HSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{Cl}$ и реакция гидросилилирования с A_3 приводит к дальнейшему увеличению генерации дендримера.

- Расшифруйте цепочку превращений (определите и приведите структуры A_3 , A_5 , A_6 , A_7). (3 балла)
- Сколько аллильных групп имеется в дендримере 0-й (A_5) и 1-й (A_7) генераций? Выведите общую формулу для количества аллильных групп в дендримере i -й генерации. (2 балла)

Полученный аллилированный дендример A_7 был функционализован железосодержащими группами по схеме:



7. Приведите (с пояснениями) структуру A_8 . (2 балла)
8. Как меняются размеры D при окислении железосодержащих фрагментов и почему? (2 балла)

Вариативные задачи (2012, очный тур, 7 – 11 класс)

1. Кубическую наночастицу серебра с ребром 40 нм разрезают вдоль плоскости, перпендикулярной диагонали куба. Определите площадь сечения и массу наночастицы. Плотность серебра принять равной $10,5 \text{ г/см}^3$. (2 балла)
2. Металлический стержень длиной 100 нм разрезают пополам, затем каждую половинку еще раз пополам и т.д. Какой станет длина стержня, если процедуру повторить 8 раз? (2 балла)
3. Нанотрубка длиной 100 нм расположена перпендикулярно плоскости подложки на расстоянии 500 нм от источника паров (кластеров) платины. Расстояние от подложки до источника 300 нм. На каком расстоянии от основания нанотрубки на подложке "в тени" нанотрубки еще не будут осаждаться кластеры платины? (2 балла)
4. Знаменитый Левша подковал и блоху ("первую жертву нанотехнологий"), и коня упрочненными тонкими нанотехнологическими подковами. Блоха сидит верхом на коне. Задняя лапка блохи во столько же раз меньше в длину задней ноги коня, во сколько раз толщина подковы на блохе меньше длины лапки блохи, причем для подковы у коня наблюдается аналогичная закономерность. Каков размер гвоздя в подкове блохи, если высота коня в холке 1,5 м, длина ноги коня составляет 74% от высоты, а толщина подков на 90% больше диаметра гвоздей, которым их крепят; при этом толщина подковы у коня составляет 1 мм. (2 балла)
5. Абсолютно прозрачный наноробот Вася глотает квантовые точки по одной штуке в миллисекунду. Сколько времени он должен "питаться" квантовыми точками, чтобы засветиться с интенсивностью 20 люмен, если светимость одной квантовой точки составляет 0,1 люмен? (2 балла)
6. Нанороботы Петя и Вася играют фуллереном в футбол. Петя ведет "мяч" и готов, развив скорость 10 нм в секунду, атаковать ворота, находящиеся от него на расстоянии 1000 нм. С какой минимальной скоростью должен бежать вдогонку ему Вася, чтобы не дать завести мяч в ворота, если он отставал с самого начала от Пети на 100 нм? (2 балла)
7. Ромашка растет в поле, по которому тракторист Лёша проезжает каждый день. При этом на лепестки ромашки в день осаждается по 150 миллиардов пылинок диаметром 50 нм. За сколько дней вся ромашка покроется наночастицами в один слой, если ее площадь 15 см^2 ? (2 балла)

8. Эритроцит человека в нормальном состоянии представляет собой двояковогнутый диск, а при неблагоприятных условиях превращается в "ежикоподобный" (для простоты - шарообразный) эхиноцит. Оцените диаметр эхиноцита, получившийся из эритроцита, форму которого для простоты примите дисковидной, а размеры равными 7,5 мкм (диаметр) и 2 мкм (толщина). (2 балла)
9. На золотой подложке с микроэлектродами находится вытянутая перпендикулярно электродам нервная клетка улитки, скорость передачи импульса по которой составляет 1 см в секунду. Какова длина нервной клетки, если в начальный момент времени клетку возбудили электрическим импульсом на левом электроде, а правый электрод получил сигнал через 1 мс? (2 балла)
10. Школьница Лиза приготовила стакан (250 мл) свежесжатого сока огурца, который может превратить один карандаш ляписа, купленный в аптеке, в 0.05 г наночастиц серебра. Оцените, какова будет массовая концентрация наночастиц серебра, если к полученному коллоидному раствору добавить 3 стакана чистой воды. (2 балла)
11. Когда лучше будут скатываться с листа лотоса капельки воды - если он находится на воздухе или в вакууме? Ответ кратко поясните. (2 балла)
12. Известная поговорка гласит "Комар носа не подточит". Хоботок у этого маленького кровопийцы очень тонкий и острый. А может ли он проткнуть им (а) клетки луковицы, (б) вирус табачной мозаики, (в) эритроцит, (г) фагоцит, (д) хлоропласт. Ответ поясните. (2 балла)
13. Стеклокерамика – это стекло, в котором равномерно образовались внутри стеклообразной матрицы нанокристаллы, которые могут упрочнить стеклокерамику, изменить ее коэффициент термического расширения и цвет. Где размеры выделившихся нанокристаллов больше – в специальной прозрачной посуде для микроволновки или в стекле молочного цвета? Ответ кратко поясните. (2 балла)
14. Золи (наночастицы в воде) золота имеют разный цвет, если смотреть на них сбоку и на просвет. Почему? (2 балла)
15. Если в воздухе быстро распылить облако квантовых точек кремния, то произойдет взрыв. Почему? (2 балла)
16. Колонии некоторых клеток лучше растут на стекле, покрытом слоем углеродных нанотрубок, чем на "голом" стекле, причем это явление предложено использовать для улучшения биосовместимости имплантантов. Объясните, почему? (2 балла)

17. Зачем многие кости нашего скелета Природа сделала пористыми? Найдите не менее двух разумных объяснений этому. (2 балла)
18. Что тяжелее – наногрaмм наночастиц карбида вольфрама или наногрaмм углеродных нанотрубок? (2 балла)
19. Какое из веществ Вы бы взяли в качестве грязезащитного покрытия внешних стен зданий и почему? Диоксид кремния, диоксид титана, диоксид хрома, наночастицы серебра, оксид цинка, нитрид титана, нитрид магния, фторид кальция, гидроксилaпатит. (2 балла)
20. Можно ли из магнитных наночастиц сделать сильный постоянный магнит? Почему? (2 балла)
21. Говорят иногда: "у него (или у нее) холодная кровь". А сколько нужно снежинок, чтобы превратить в лед один эритроцит? (2 балла)
22. При столкновении и объединении 2-х наночастиц золота тетраэдрической формы образовалась частица формой близкой к сферической. Определите диаметр сформировавшейся сферической частицы, если длина ребра тетраэдра исходных частиц составляет 4 нм. (2 балла)
23. Сорбент сформирован наночастицами в форме параллелепипеда с квадратным основанием с длиной ребра "а" и высотой "2а". Определите линейные размеры наночастиц, если площадь удельной поверхности сорбента составляет 100 м²/г, а рентгеновская плотность вещества сорбента 2,6 г/см³. (2 балла)
24. Сколько кластеров Au₂₅₆ получится из 1 грамма золотохлористоводородной кислоты H[AuCl₄]? (2 балла)

Размер имеет значение (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс)

В книге «Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: Учебное пособие» (Азаренков Н. А., Береснев В. М., Погрeбняк А. Д., Маликов Л. В., Турбин П. В., Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2009) представлены физические характеристики некоторых сплавов в зависимости от температуры и размера зерна.

Таблица 1.3
Изменение механических свойств в зависимости от размеров зерна

Материал	Размер зерна, мкм	T, °C	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение до разрушения, %
Титановый сплав BT1-00	50	20	380	29
	0,1		730	18
Титановый сплав BT6	10	20	1050	9
	0,4		1300	7
	10	600	585	46
	0,4		200	200
Титановый сплав BT8	5	20	1050	45
	0,06		1400	53
Никелевый сплав RSR Rene 80	100	20	375	30
	0,2		850	33
Сплав Al-Mg-LiSc-Zr	10	20	450	5
	0,2		600	6
Сталь Fe-25%Cr-0,2%Ti-0,12C	50	20	485	26
	0,2		730	17

1. Среди сплавов с размером зерна меньше 0,3 мкм найдите самый прочный при температуре 20°C. (1 балл)
2. Среди сплавов с размером зерна больше 20 мкм найдите наиболее пластичный при температуре 20°C. (1 балл)

Наноштопор (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс)

За 14 секунд наноштопор успел проплыть 400 мкм, захватить шарик полистирола и сдвинуться с этим шариком еще на 900 мкм. С грузом наноштопор движется на 10 мкм/с медленнее, чем без груза.

С какой скоростью движется наноштопор без груза? (2 балла)

Хиральные нанотрубки (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс)

От так называемой хиральности ("закрутки", Рис.1) одностенных углеродных нанотрубок очень сильно зависят их физические свойства, в частности, электронная проводимость.

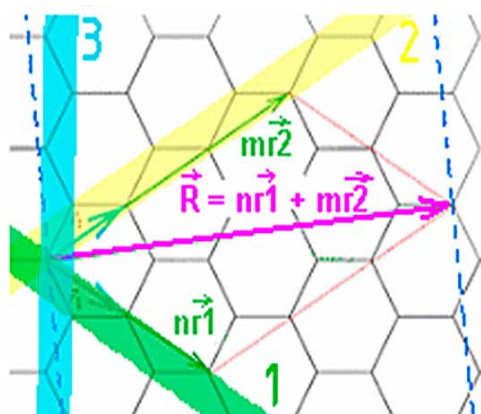
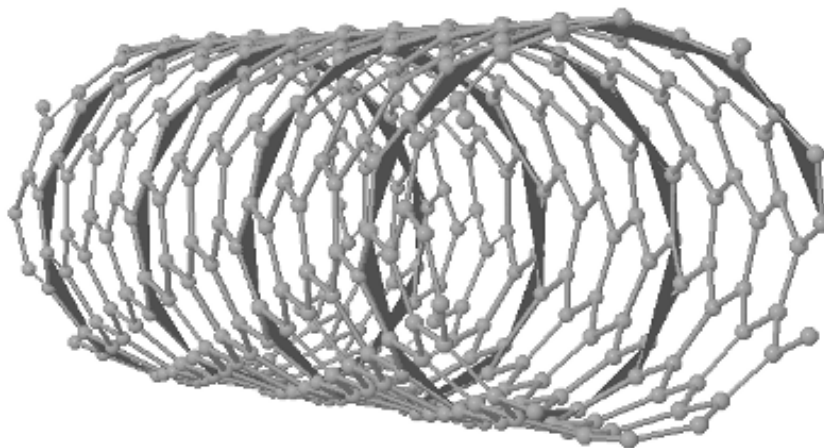
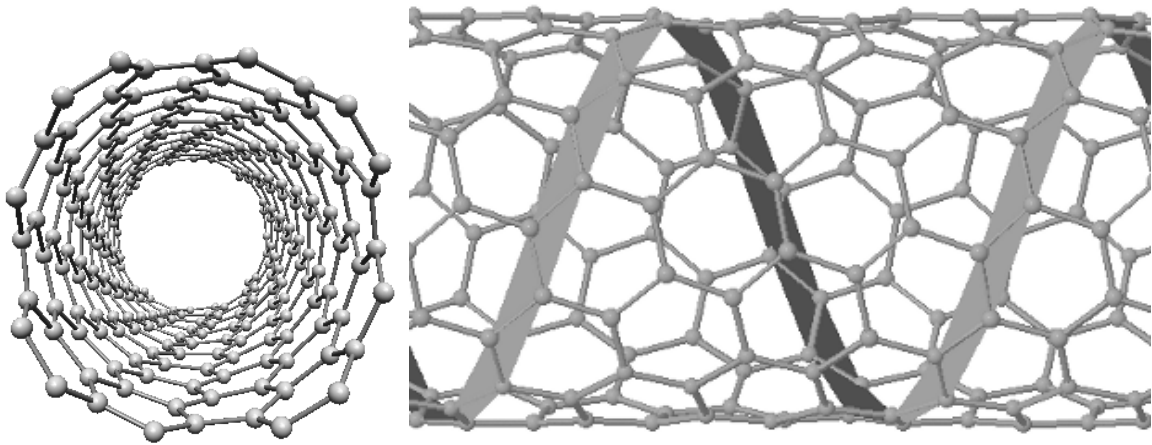


Рис. 1. Нанотрубка – свернутый лист графита. Для получения нанотрубки (n, m) графитовую плоскость надо разрезать по пунктирным линиям и свернуть вдоль направления \vec{R} . В этом примере $n=2$, $m=3$. Хиральная нанотрубка состоит из $n + m$ спиралей (3), хорошо видимых с торца трубки, а также из n спиралей (1) и m спиралей (2).

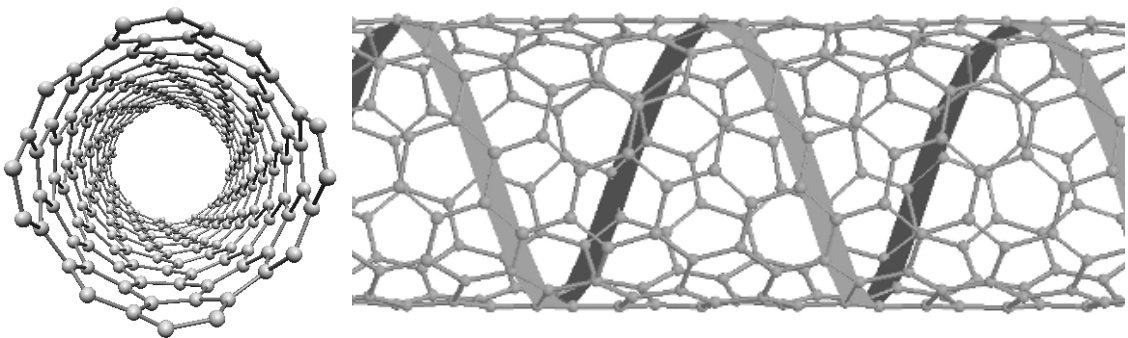
1. Определите индексы хиральности (n, m) четырёх нанотрубок, представленных на рисунке ниже. (4 балла)
2. Как Вы думаете, при каких значениях индексов хиральности спирали, лучше всего видимые с торца трубки, вырождаются в кольца? В цепочки, параллельные оси трубки? (2 балла)

Трубка 1

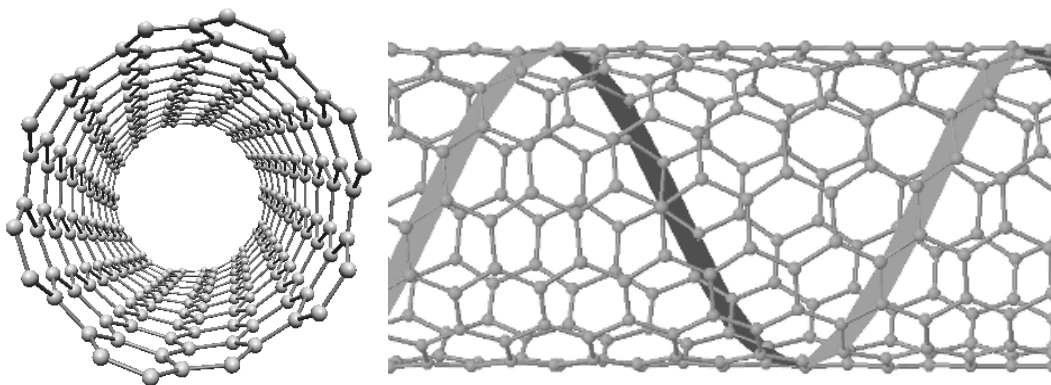




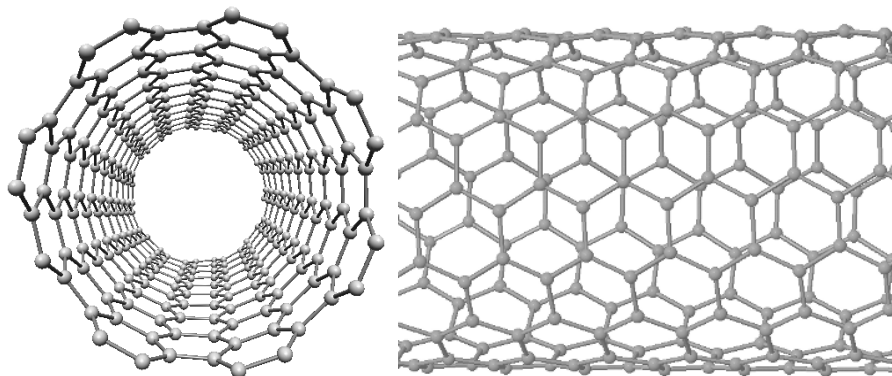
Трубка 2



Трубка 3



Трубка 4



Геометрия фуллерена (2012, очный тур, математика, 10 класс)

Фуллерен – аллотропная форма углерода, экспериментально обнаруженная в 1985 году. Атомы молекулы фуллерена являются вершинами многогранника, грани которого – пятиугольники и шестиугольники. Общая сторона каждых двух шестиугольников имеет длину 0,139 нм, а общая сторона пятиугольника и шестиугольника имеет длину 0,144 нм..

1. Докажите, что этот многогранник является пересечением двух правильных многогранников – додекаэдра Д и икосаэдра И. (3 балла)
2. Найдите длину ребра додекаэдра Д. (2 балла)
3. Найдите длину ребра икосаэдра И. (2 балла)

Зловредные бактерии (2012, очный тур, математика, 10 класс)

В организме больного содержится множество бактерий. Каждый вечер каждая из них делится на две. В тот день, когда в организме больного был один миллион бактерий, ему ввели десять лечебных нанороботов. Каждое утро каждый наноробот уничтожает одну бактерию, после чего создаёт трех таких же нанороботов.

1. Сколько бактерий будет в организме больного через 2 дня? *(1 балл)*
2. Через сколько дней нанороботы уничтожат все бактерии? *(4 балла)*

Высшие фуллерены (2012, очный тур, математика, 10 класс)

Особое место среди фуллеренов занимают максимально симметричные фуллерены.

1. Выведите общую формулу ряда фуллеренов, изображенных на рис.1. (1 балл)
2. Симметрией какого Платонова тела обладает формальный первый член ряда, отсутствующий на рисунке? (1 балл)
3. Существует еще один ряд максимально симметричных фуллеренов. Как построены его представители? Выведите формулу этого ряда. (6 баллов)
4. Возможен ли фуллерен, имеющий изомеры, принадлежащие к обоим рядам? Если да, приведите его формулу. (1 балл)

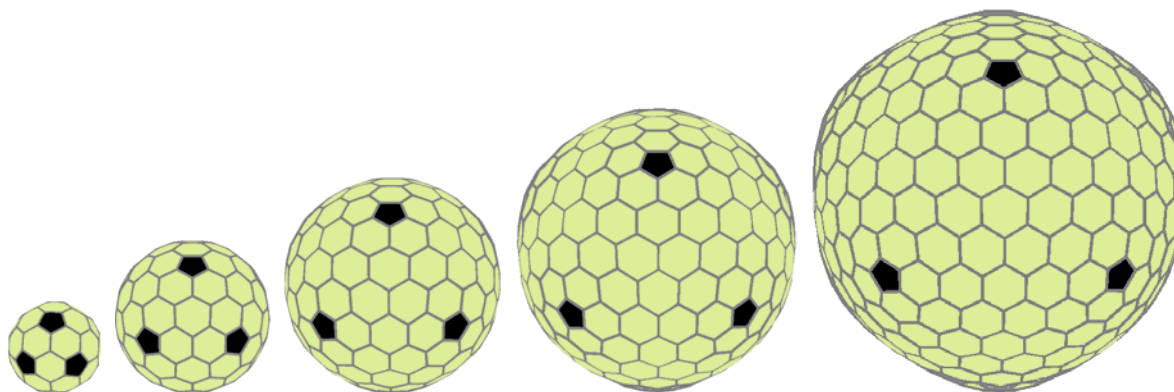


Рис.1. Один из рядов максимально симметричных фуллеренов.

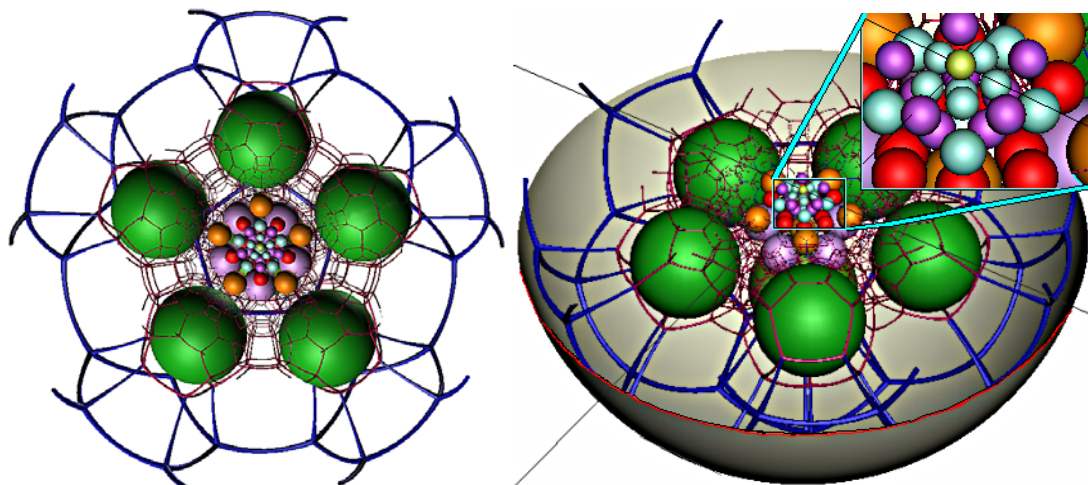


Рис. 1. Трёхмерные проекции Шлегеля 1) Разрез (полусфера) гипербакибола. Внутри некоторых бакибольных ячеек C_{60} для визуализации помещены шары. В центральной части проекции оставлены только помещенные внутрь ячеек шары, рёбра самого гипербакибола невидимы.

Многие из вас, решая задачу о додекаплексе – самом маленьком 4D фуллере - задавались вопросом, как выглядит четырёхмерный мерный аналог бакибола C_{60} . Несмотря на внушительный внешний вид, устроен он довольно просто. Точно так же, как додекаплекс состоит из одинаковых додекаэдров фуллера C_{20} , гипербакибол состоит из одинаковых ячеек фуллера C_{60} . (см. рис. 1) Однако, бакибольные ячейки в гипербакиболе не соприкасаются. На рис. 2 представлено расположение бакибольных ячеек внутри проекции Шлегеля гипербакибола.

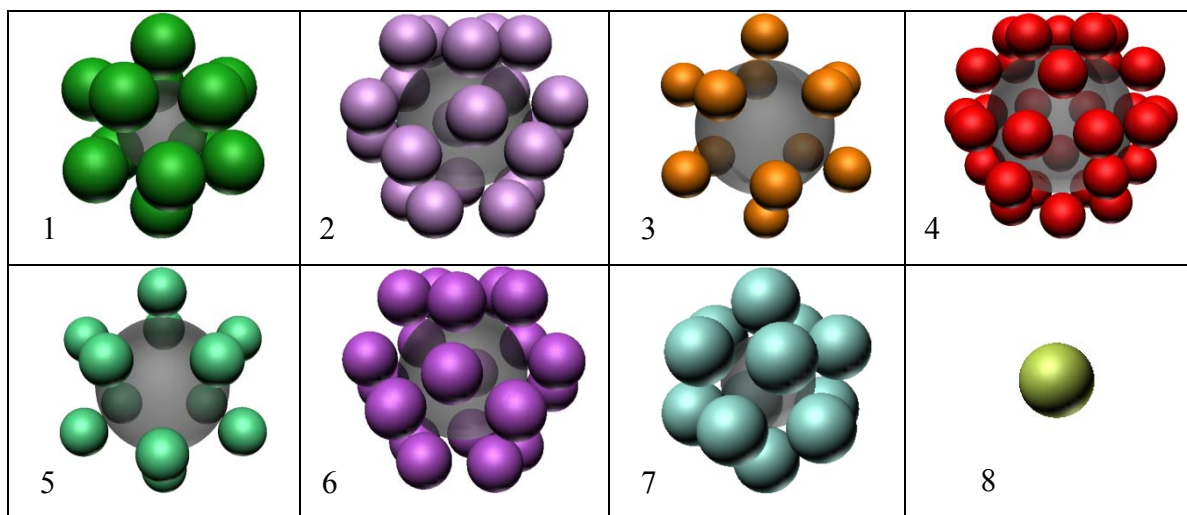


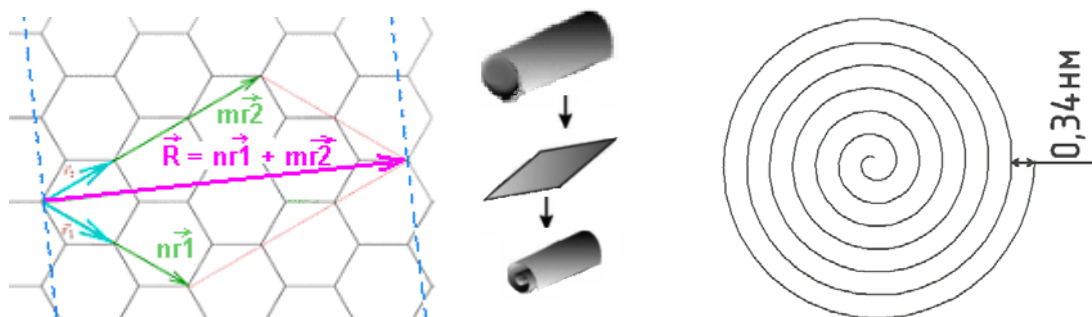
Рис. 2. Структура последовательного расположения слоев бакибольных ячеек в гипербакиболе. Полупрозрачная сфера внутри слоев №1-7 вписана для большей наглядности, и не является ячейкой.

Руководствуясь рисунком 2, определите общее число бакибольных ячеек в гипербакиболе. Рассчитайте формулу гипербакибола. (5 баллов)

При решении задачи не забывайте, что:

- проекция гипербакибола производится в одну из его ячеек;
- все однотипные ячейки гипербакибола эквивалентны, несмотря на возникающие при проекции геометрические искажения.

Сворачиваем нанотрубку (2012, очный тур, математика)



Наногном разрезал наноножницами зигзагообразную углеродную нанотрубку $(n, 0)$ так, что получился прямоугольный графеновый нанокврик. Этот нанокврик он скатал в плотный сверток, как показано на рисунке, и обнаружил, что диаметр свертка в 5 раз меньше диаметра исходной трубки.

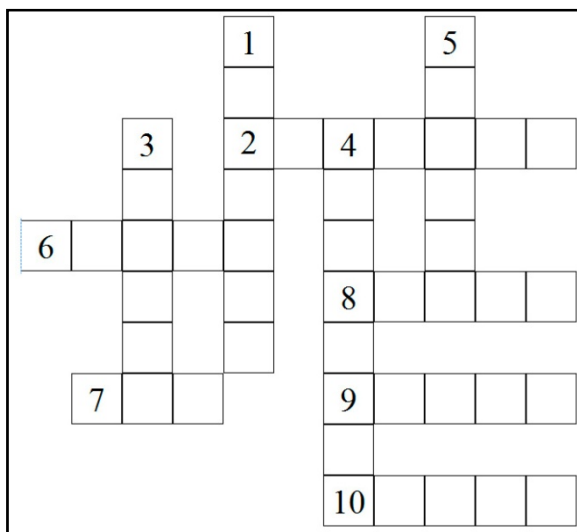
1. Оцените количество витков x в свертке и значение индекса хиральности p для исходной углеродной нанотрубки. (4 балла)
2. Рассчитайте диаметр этой УНТ. (1 балл)

Подсказка: подумайте, как можно рассчитать площадь сечения свертка.

Для расчётов принять:

- длину углеродных связей равной 0,142 нм,
- расстояние между витками в свертке равным расстоянию между графитовыми слоями – 0,34 нм,
- количество витков – целое.

Кроссворд «Наномир» (2012, очный тур, общие задачи, 7 – 9 класс)



(за каждое угаданное слово – 0.2 балла)

1. Опасная "свободная частица", от которой может защитить фуллерен.
2. Важный параметр нанотрубки
3. Бывает нанокатализатором
4. Был физиком, стал единицей длины в наномире
5. Это – мебель, но имеет отношение к нанотрубкам
6. "Нано"рыба
7. Его «сверх» хорошо проводит соединение K_3C_{60}
8. Прилипчивое изобретение американцев, с помощью которого был открыт графен
9. Спортивная игра, в которой снарядом служит предмет, похожий на C_{70} .
10. Тысяча нано

Дополнительный вопрос. Подумайте и объясните, какие из известных Вам предметов (объектов), которые связывают в средствах массовой информации с нанотехнологиями, с ними совершенно не связаны и почему? (1 балл) А какие из объектов, которые не называют нанотехнологическими, на самом деле имеют отношение к наномиру? (2 балла)

Чистота - залог победы (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)

Фотоника – области науки и техники, которая использует свет для передачи и обработки информации. В частности, очень большое значение играет оптоволокно, которое получают с использованием *особо чистых* кварцевых трубочек (диоксид кремния, SiO_2), на внутреннюю поверхность которых наносят из пара летучие соединения германия, которые при последующем нагреве, размягчении стекла и вытягивании в тонкое цельное волокно переходят в диоксид германия (GeO_2). В конечном оптоволокне граница раздела между диоксидом кремния и диоксидом германия удерживает свет внутри самого волокна за счет полного внутреннего отражения, поэтому его можно передавать на большие расстояния, например, по дну океана.

Почему так сильно заботятся о чистоте реагентов и даже проводят процесс в "чистых комнатах" (как разные примеси могут навредить оптоволокну)? (2 балла)

Что будет, если оптоволокно очень долго при получении держать при повышенной температуре? (1 балл)

Алюминий прочнее стали (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)

Сегодня алюминий – один из самых распространенных и широко используемых металлов. Он очень легкий (что хорошо), но, к сожалению, очень мягок и поэтому из него не сделаешь деталей, которые могли бы выдержать серьезные механические нагрузки и заменить тяжелую, ржавеющую, дорогую в изготовлении сталь. Известная фирма "Байер" предложила совершенно новый процесс, который позволил - таки при сохранении малого веса сделать из алюминия шестеренки для автомобильного двигателя, болты и другие детали, которые при изготовлении из обычного алюминия не проработают и минуты. Секрет заключался в том, что расплавленный алюминий распыляли струей химически инертного газа, в полученный порошок добавляли около 5 массовых процентов углеродных нанотрубок и потом механически штамповали нужную деталь.

Объясните, зачем было нужно брать инертный газ? (2 балла) В чем заключалась роль углеродных нанотрубок и почему их просто не добавляли в исходный расплав? (2 балла) Почему алюминий не ржавеет? (1 балл)

Да будет свет! (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)

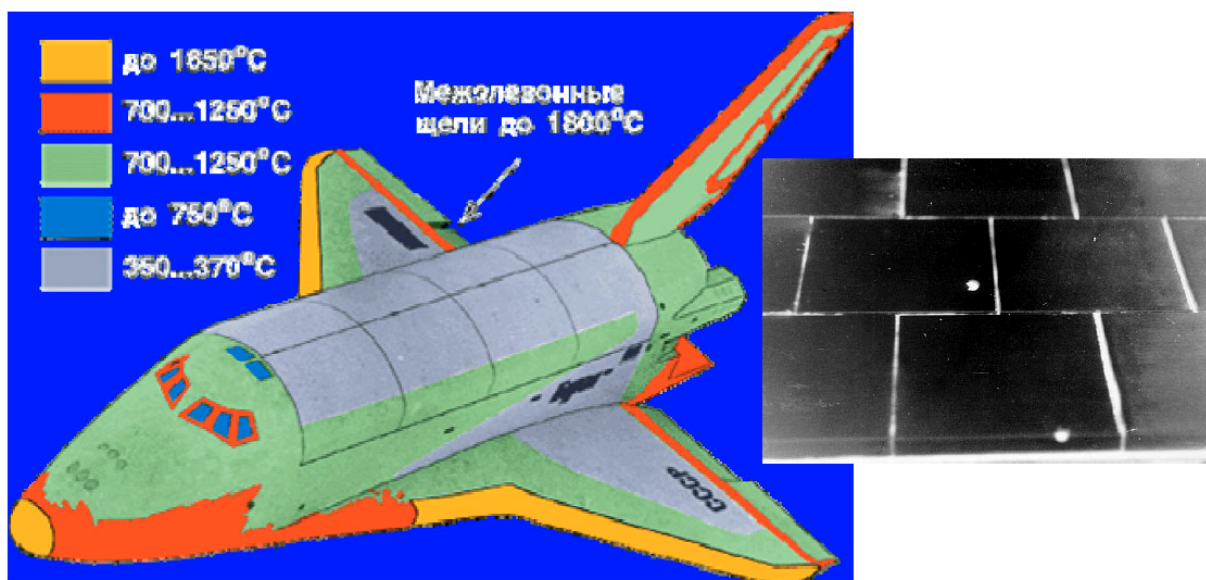
Искусственный свет – одно из величайших достижений современной цивилизации. Одной из проблем первых ламп накаливания с вольфрамовой спиралью была примесь паров воды в заполняющем их газе.

1. Почему для таких ламп выбирают именно вольфрам? (1 балл) Что происходит в случае присутствия паров воды, подтвердите Ваше мнение с помощью уравнений реакций, (1 балл) объясните физические причины быстрого "перегорания" лампочки? (1 балл)
2. Какое вещество можно добавить в "атмосферу" лампочки для того, что воспрепятствовать быстрому выходу лампочки из строя, напишите уравнения реакций. (1 балл) Как называется такой тип ламп? (1 балл)
3. Какие Вы знаете более современные источники света, кроме ламп накаливания, и как они работают? (2 балла) Можете ли Вы привести способы воспламенения горючих материалов с образованием тепла и света с помощью химических реакций без использования открытого пламени? (2 балла)

"Буран" (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)

Чудо российской техники - космический корабль многоцелевого использования "Буран", в полностью автоматическом режиме слетавший в открытый космос и успешно вернувшийся на земную поверхность, снизу (как было видно на фотографиях) совершенно черный еще до взлета из-за специальных пластинок, покрывающих днище.

Что это может быть за материал и каковы химические и физические причины того, что берут именно его (2 балла)? Почему он покрывает именно нижнюю часть "Бурана" (1 балл)? Почему перед каждым полетом эти специальные пластинки нужно обязательно менять, напишите уравнения возможных реакций (1 балл)? Почему этот материал (или подобные ему) было предложено металлизировать, то есть заполнять поры металлом (1 балл)?



Сочетание прочности при малом удельном весе, термостойкости при наличии высоких градиентов температур, минимальной теплопроводности, высокой степени черноты поверхности (0,8...0,9), способности противостоять окислению – материал на основе кварцевых волокон.

Суператомы (2012, очный тур, химия, 10 класс)

Среди упаковок атомов в форме многогранников для наночастиц особое значение имеет икосаэдрическая упаковка.

1. Почему маленькие нанокластеры в форме икосаэдров обычно стабильнее нанокластеров в форме, например, куба или тетраэдра? (1 балл)

Кластеры AB_{12} состоят из центрального атома А, вокруг которого в вершинах икосаэдра расположены 12 атомов В. Наиболее стабильны такие икосаэдрические кластеры, в которых расстояние между соседними атомами минимально.

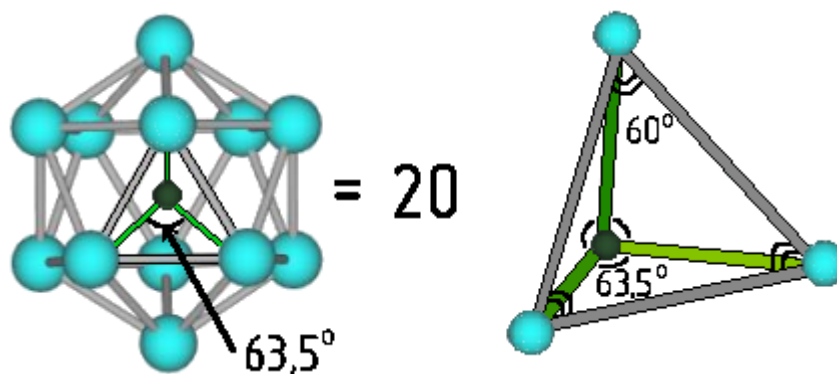


Рис. 1. Икосаэдр можно представить как сложенные вершина к вершине 20 треугольных пирамид. Угол при вершине равнобедренного треугольника в этих пирамидах равен примерно $63,5^\circ$, т.е. больше, чем в тетраэдре (60°).

2. Почему при одновременном лазерном испарении алюминия и висмута образуется кластер $AlBi_{12}$, а не $BiAl_{12}$? Ответ поясните расчетами. (2 балла)

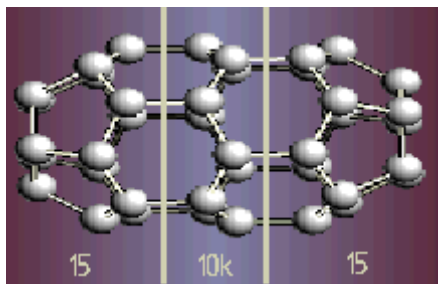
Маленькие нанокластеры можно рассматривать как гигантские суператомы. Их электронные оболочки состоят из водородоподобных орбиталей, которые заполняются валентными электронами всех атомов, входящих в состав нанокластера.

Расчеты по простейшей квантово-механической модели показывают, что для суператомов отсутствует ограничение, накладываемое на значение орбитального квантового числа ($l \leq n$), и для любого n существуют $s, p, d, f, g \dots$ орбитали. Для порядка заполнения орбиталей, как и в случае обычных атомов, действует правило наименьшего $n + l$. Количество электронов в N -ной электронной оболочке суператома составляет $N(N+1)$.

Электронные конфигурации нанокластеров, отвечающие полностью заполненным оболочкам, аналогично электронным оболочкам инертных газов, обладают повышенной устойчивостью. Общее число электронов в таком кластере называется «магическим числом».

3. Рассчитайте, сколько электронов требуется для заполнения каждой из первых пяти оболочек суператома, и найдите первые 5 «магических чисел». Найдите предпочтительный заряд кластера $AlBi_{12}$. (3 балла)
4. Сколько электронов содержат заполненные s , p , d , f , g орбитали? Запишите электронные конфигурации каждого из первых 5-ти уровней суператома, а также полную электронную конфигурацию кластера $AlBi_{12}$ в предпочтительной степени окисления. (3 балла)

Химия нанотрубок (2012, очный тур, химия, 10 класс)



Концентрированная азотная кислота при нагревании разрывает и окисляет самые напряженные С-С связи в углеродных наноматериалах.

1. Какие связи в самой тонкой нанотрубке (см. рисунок) являются самыми напряженными? Какие функциональные группы появляются на концах нанотрубки, если происходит разрыв и полное окисление только этих связей? (1 балл)
2. Запишите уравнение реакции самой тонкой нанотрубки C_{30+10k} с концентрированной HNO_3 , если известно, что выделяющийся в результате реакции газ при пропускании через известковую воду не вызывает ее помутнения. (2 балла)
3. Образец, состоящий из смеси двух ближайших гомологов ряда C_{30+10k} самых тонких нанотрубок, обработали избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании. После выделения и просушивания оказалось, что масса образца увеличилась на 10,24%. Напишите формулы этих гомологов и определите их мольные доли в смеси (считайте, что реакция протекает количественно). Приблизительно оцените длину окисленной формы большего гомолога. Длину С-С связей примите равной 0,142 нм. (4 балла)
4. Для чего применяется такая обработка нанотрубок? Где могут быть использованы полученные материалы? (2 балла)

Наностержни для медицины (2012, очный тур, химия, 10 класс)

Гномик Кобдик решил заработать на инновационном продукте - полупроводниковых наностержнях германия, которые можно использовать в наномедицине. Взяв провод, который к тому же оказался алюминиевым, Кобдик погрузил его в электролит и приложил положительный потенциал. Через некоторое время, посчитав, что алюминий достаточно окислился, он вынул его, промыл и погрузил на несколько секунд в раствор тетрахлораурата натрия. Затем снова промыл, высушил и прокалил при 300°C. После этого Кобдик поместил провод в камеру с германиевой плазмой и выдерживал там достаточно продолжительное время (зачем?). Затем он дедовским полировальным станком сверхтонкой обработки снял избыток германия и отполировал поверхность до равномерной толщины, равной толщине исходной оксидной плёнки. Опустив провод в раствор плавиковой кислоты Кобдик дождался появления пузырей водорода и только после этого выбросил злополучный провод. После нейтрализации и нанофльтрации раствора плавиковой кислоты Кобдик выделил наностержни германия.

1. Подробно (с реакциями) опишите проведенные процессы и назначение каждой операции. (8 баллов)
2. Какой длины получились наностержни, если площадь алюминиевого провода равна 2 см^2 , сила тока была равна 1 Ампер, время анодирования 20 сек, а пористость полученной плёнки составляла 70%. Плотность $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ – $3,65 \text{ г/см}^3$ алюминия – $2,67 \text{ г/см}^3$. (3 балла)
3. Для чего в медицине можно использовать полученный продукт? (2 балла)

Ферромагнитная жидкость (2012, очный тур, химия, 11 класс)

Для синтеза магнитного наноматериала использовали 200 мл 0,06 М раствора нитрата марганца (II), 100 мл 0,08 М раствора нитрата цинка и 400 мл 0,1 М раствора нитрата железа (III). Полученную смесь нагрели до 50 °С и подействовали на нее 40 мл 4 М гидроксида натрия. Добавление в раствор олеиновой кислоты и последующее выдерживание реакционной смеси при 90 °С в течение часа привело к образованию ферромагнитной жидкости.

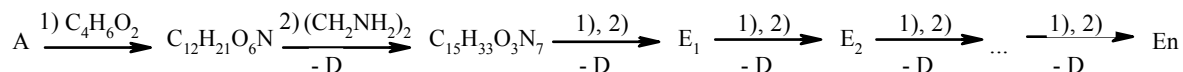
1. Установите формулу полученного соединения, зная, что исходные вещества были смешаны в стехиометрическом количестве. *(4 балла)*
2. Для какой цели использовали олеиновую кислоту? *(1 балл)*
3. Что представляет собой ферромагнитная жидкость? *(1 балл)*
4. Как ферромагнитная жидкость может быть использована? *(1 балл)*

Рукописи не горят (2012, очный тур, химия, 11 класс)

В научно-фантастической трилогии "Дюна" использовали особую "ридулианскую кристаллическую бумагу", тонкую, негорючую, практически вечную. Технология создания такой бумаги и записей на ней была непростой. Для создания бумаги мастера ридулиан брали тонкую титановую фольгу, помещали её в электролит и подавали положительный потенциал. Через некоторое время фольгу промывали и нагревали. Бумага была готова. Для нанесения информации на титановый слой подавали положительный потенциал, заливали поверхность бумаги раствором 2,6-дигидрокситерефталата натрия и тончайшей платиновой проволокой, на которую подавали отрицательный потенциал, проводили запись. Затем промывали и прокаливали при температуре 700°C, пропуская ток по титановой фольге. Продукты, накопленные в ячейках бумаги, превращались в углерод и навсегда фиксировались.

1. Опишите схему процессов, протекающих при создании ридулианской бумаги, используя, где возможно, соответствующие уравнения реакций. (3 балла)
2. Опишите процессы, протекающие при нанесении записи. В чём преимущество 2,6-дигидрокситерефталата натрия перед терефталатом натрия? (5 баллов)
3. Каждая информационная ячейка бумаги имеет вид цилиндра, диаметром 10 нм и длиной 200 нм. Плотность продуктов электролиза примите равной 1,1 г/см³. Определите силу тока, протекающую при формировании записи, если игла заполняет ячейку за 2 секунды. (3 балла)
4. Как считывать информацию с этой бумаги? (1 балл)

Полимер (2012, очный тур, химия, 11 класс)



Вещество A (бесцветный газ с характерным запахом, используется в виде водного раствора в медицине) реагирует с избытком легкополимеризующейся жидкости B ($C_4H_6O_2$), с образованием единственного продукта реакции C ($C_{12}H_{21}O_6N$). Вещество C реагирует при нагревании с избытком этилендиамина ($(CH_2NH_2)_2$) с образованием вещества E ($C_{15}H_{33}O_3N_7$) и бесцветной ядовитой жидкости D , которая может использоваться в топливных элементах. При применении к E последовательно стадий 1) и 2) далее получают вещества $E_1, E_2 \dots E_n$.

1. Установите структуру соединений A, B, C, D, E и напишите уравнения реакций для первых двух стадий, представленных на схеме. (5 баллов)
2. Можно ли в рамках описанного синтеза вместо A использовать его метил-, диметил-, триметилпроизводные? Ответ обоснуйте. (1 балл)
3. Установите структуру E_1, E_2, E_n . Выведете формулу для нахождения молярной массы E_n . (2 балла)
4. Что является мономерным звеном данного полимера? К какому классу полимеров относится E_n ? (1 балл)
5. Приведите не менее трех разных примеров возможного применения таких полимеров. (2 балла)

Темплатный синтез (2012, очный тур, химия, 11 класс)

Темплатный синтез играет значительную роль в нанотехнологиях. В ходе такого синтеза некоторый вспомогательный готовый шаблон помогает контролировать размер и структуру продукта, а также может задавать направление реакции.

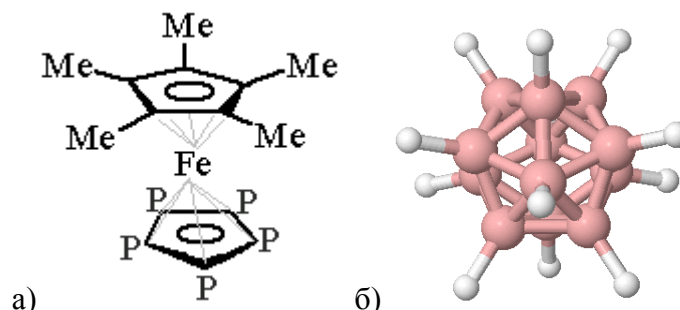


Рис. 1. Структура молекул а) пентафосфо-пентаметилферроцена $(C_5Me_5)Fe(P_5)$ и б) псевдоикосаэдрического орто-карборана $C_2B_{10}H_{12}$ (атомы углерода и бора показаны одним цветом).

Так, реакция между $(C_5Me_5)Fe(P_5)$ и $CuCl$ протекает с образованием донорно-акцепторных связей фосфора с медью. Главным продуктом этой реакции в растворе является полимер $\{(C_5Me_5)Fe(P_5)\}_x\{CuCl\}_y$. Однако эта же реакция в присутствии орто-карборана $C_2B_{10}H_{12}$ приводит к формированию сферической замкнутой фуллереноподобной молекулы *A* (Рис. 2).

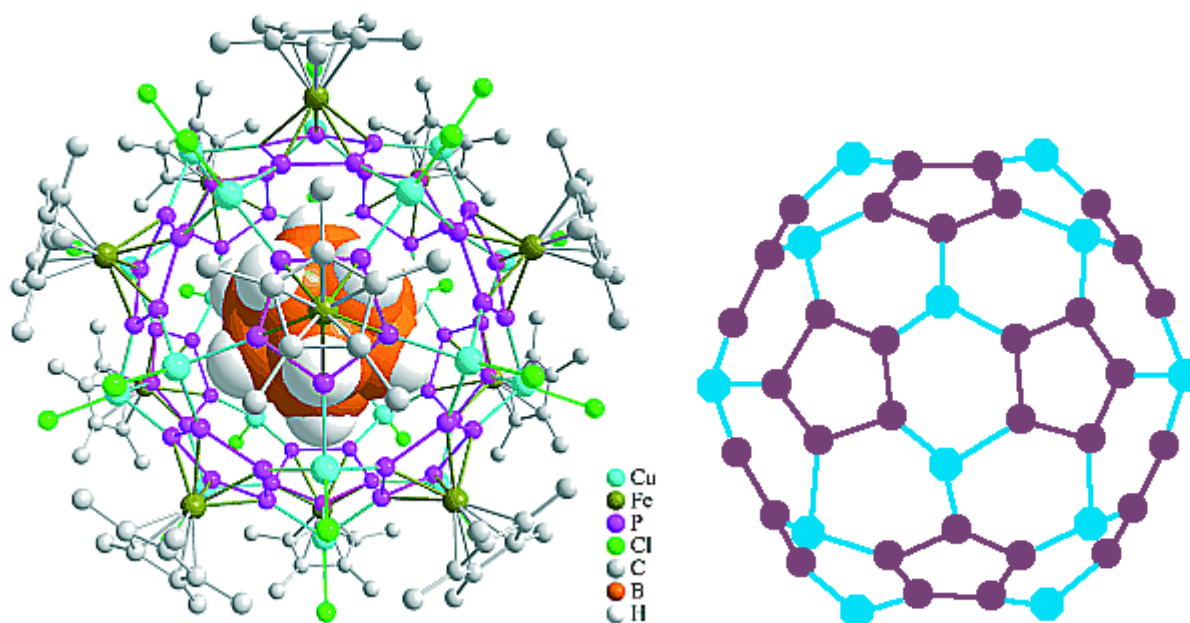


Рис. 2. Структура дианиона *A* и структура фосфорно-медной оболочки *A*. Каждый атом меди образует 3 связи с атомами фосфора, и каждый атом фосфора образует связь с одним атомом меди. Атомы хлора находятся над атомами меди, пространственное взаиморасположение групп ферроцена $(C_5Me_5)Fe(P_5)$ в составе *A* не изменяется.

1. Какое из перечисленных выше веществ является в этой реакции темплатом? Из каких циклов состоит фосфорно-медная оболочка *A*? Сколько молекул $(C_5Me_5)Fe(P_5)$ входит в состав *A*? Сколько молекул $CuCl$ входит в состав *A*? Напишите уравнение реакции образования *A*. (4 балла)
2. Аналогом какого фуллерена является фосфорно-медная оболочка *A*? В вершинах каких многогранников расположены атомы меди, хлора, железа? (2 балла)
3. К какому классу относится соединение *A*? Приведите несколько примеров таких молекул. Какая область химической науки изучает подобные соединения и взаимодействия? (3 балла)
4. Напишите примеры получения нанообъектов с использованием темплатного синтеза. (2 балла)

"Земноводные" (2012, очный тур, биология, 7 – 9 класс)

Организм живых существ - это целая фабрика тесно взаимодействующих микро- и нанороботов. Известно, например, что при подготовке к зимней спячке (настоящий анабиоз, недоступный пока для людей!) изменяется как поведение, так и физиология обычной озерной лягушки. Эти изменения затрагивают свойства крови - удивительной жидкости с удивительными клетками - природными "роботами" по переносу кислорода. В частности, изменяется сродство гемоглобина к кислороду, а также содержание глюкозы в крови животного. Учитывая, что лягушки зимуют в холодной воде, а также то, что содержание кислорода в холодной воде увеличивается,

Объясните, как именно изменяется сродство гемоглобина к кислороду и уровень глюкозы в крови. *(4 балла)*

Нанороботы на службе здравоохранения (2012, очный тур, биология, 7 – 9 класс)

Различными средствами массовой информации все еще поддерживается вера в то, что в недалеком будущем для лечения всех заболеваний и проведения локальных хирургических операций будут использовать нанороботы, «запускаемые» в организм человека и выполняющие программу по обнаружению и адресному удалению раковых клеток / тромбов / очагов воспаления и других патологических изменений в тканях.

1. Укажите основные требования, которым должны соответствовать мифические нанороботы, чтобы они действительно выполняли свои функции, не нанося при этом вред организму. *(2 балл)*
2. Чем такие нанороботы могли бы питаться (необоснованные и совершенно фантастические предположения не принимаются)? *(1 балл)*
3. Какие из собственных клеток организма отвечают за удаление раковых клеток, а какие, напротив, могут стимулировать формирование злокачественных новообразований (уточните, при каких именно условиях это происходит)? *(2 балла)*

Клетка «наощупь» (2012, очный тур, биология, 10 класс)

Если посмотреть на живую клетку в оптический микроскоп, то мы ее увидим. Однако существуют методы, позволяющие получить информацию о поверхности клетки буквально «наощупь». Такие методы не связаны с получением оптического изображения.

1. Назовите самые распространенные методы такого типа. (1 балл)
2. Какую информацию они могут дать о поверхности клетки? (1 балл) Какие элементы поверхности клетки будут видны при помощи этих методов? (1 балл)
3. Как расширить информативность этих методов? (1 балл) Что можно будет узнать о клетке с помощью таких модифицированных методов? (1 балл)
4. Тест (укажите правильный ответ и, по возможности, дайте пояснения, в сумме 3 балла):
 - 1) Мембрана живой клетки состоит в основном из: нанотрубок, полимерных сеток, липидов, белков и липидов (белков и липидов).
 - 2) Мембрана клетки очень тонкая. Ее толщина составляет примерно: 1 мкм, 100 нм, 10 нм, 1 нм (10 нм).
 - 3) Мембрана клетки животных представляет собой: полисахаридный монослой, липидный бислой, бислойный белок, мицеллу (липидный бислой).
 - 4) Молекула липида включает остатки: глицерина и жирных кислот, азотистых оснований, сахаров, аминокислот (остатков глицерина и жирных кислот).
 - 5) Белки расположены в клеточной мембране: снаружи мембраны (со стороны окружающей среды), внутри мембраны (образуют там мицеллы), прикреплены к мембране со стороны цитоплазмы клетки, могут располагаться как внутри мембраны, так и на обеих ее поверхностях (внутренней и наружной), могут располагаться как внутри мембраны, так и на обеих ее поверхностях (внутренней и наружной)

Капсиды (2012, очный тур, биология, 10 класс)

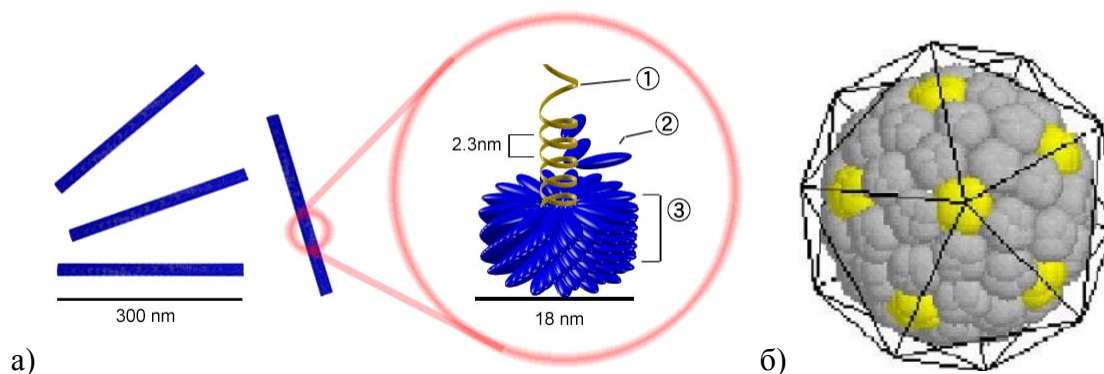


Рис. 1. Два вида капсидов вирусов: а) спиральный (цилиндрический) капсид на примере вируса табачной мозаики (1 - РНК, 2 - одинаковые белковые глобулы - капсомеры, 3 - собранная часть капсида); б) икосаэдрический капсид на примере вируса SV-40.

Капсид – внешняя оболочка вируса, она состоит из фиксированного числа повторяющихся субъединиц - капсомеров, которые, в свою очередь, образованы из молекул белка - протомеров. Число капсомеров строго специфично для каждого вида и зависит от размеров и морфологии вирионов. Протомеры могут быть в простейшем случае мономерными (содержать один полипептид) либо полимерными (включать несколько полипептидов).

У спиральных капсидов цилиндрическая оболочка состоит из уложенных по спирали белковых глобул, внутри которого находится генетический материал вируса (Рис. 1а). В случае икосаэдрических капсидов капсомеры образуют квази-сферическую структуру (Рис. 1б).

1. Перечислите основные функции капсидов. (1 балл)
2. Какие типы взаимодействия удерживают отдельные части капсида вместе, если известно, что капсид может обратимо диссоциировать на фрагменты? (1 балл)
3. Почему капсиды состоят из множества одинаковых капсомеров, а не формируются из одной большой белковой молекулы? (1 балл)
4. При анализе генома вирусов, области, кодирующие белки капсида, вычисляют по большой концентрации генов, кодирующих аргинин, лизин и гистидин. Каковы особенности этих аминокислот? Предположите, какова их роль в структуре капсида. (2 балла)
5. Предположите, почему вирусы, содержащие двухцепочечную нуклеиновую кислоту, в отличие от вирусов, содержащих одноцепочечную, почти всегда упаковываются в икосаэдрический капсид? (1 балл)

6. Напишите не менее четырех примеров возможного применения вирусных капсидов. Какие типы капсидов могут при этом использоваться? (2 балла)

Как поживаете, органоиды? (2012, очный тур, биология, 11 класс)

Все молекулы взаимодействуют с падающими фотонами света двумя основными способами: поглощают фотоны или рассеивают их. Рассеянные фотоны могут сохранять свою энергию или изменять после взаимодействия с молекулами. Второй тип связан с так называемым комбинационным рассеянием (КР). Регистрируя энергию комбинационно рассеянных фотонов, можно получить информацию о конформации и свойствах молекулы. Недостатком спектроскопии КР является то, что КР света на большинстве биологических молекул обладает очень слабой интенсивностью и находится вне пределов обнаружения современных спектрометров. Однако присутствие наночастиц серебра или золота приводит к тому, что КР на молекулах усиливается на много порядков, причем для этого молекула должна находиться на расстоянии не более нескольких десятков нанометров от поверхности наночастиц. Данный метод получил название спектроскопии гигантского КР (ГКР) и в настоящее время интенсивно развивается в интересах медицинской диагностики. Тем не менее, в применении спектроскопии ГКР в исследованиях клеток есть ряд сложностей: наночастицы сами по себе или другие компоненты коллоидного раствора золота или серебра могут негативно влиять на клетки; и наоборот, клетки могут "инактивировать" наночастицы.

1. Как проверить, что используемые НЧС или НЧЗ не влияют на свойства и морфологию исследуемых клеток? (1 балл)
2. Как установить, не привело ли взаимодействие НЧС/НЧЗ с клетками к исчезновению способности наночастиц усиливать КР? (1 балл)
3. Как вызвать проникновение НЧС/НЧЗ в: (а) эндосомы и лизосомы, (б) цитоплазму клеток, (в) митохондрии, (г) ядро. (2 балла)
4. Какие молекулы и какие процессы можно исследовать в каждом из перечисленных случаев с помощью ГКР? (4 балла)

Бионанокатализатор (2012, очный тур, биология, 11 класс)

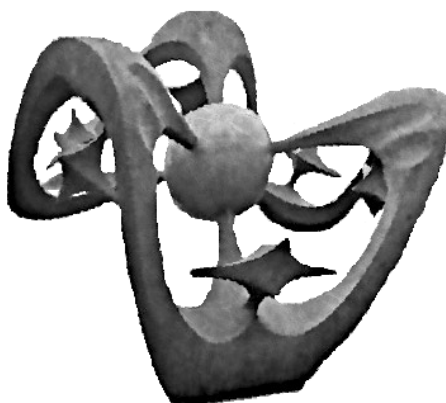


Рис. 1. Абстрактное изображение вещества Л

Размеры молекулы А составляют около 2 нм. Для установления структуры А были проведены следующие реакции:

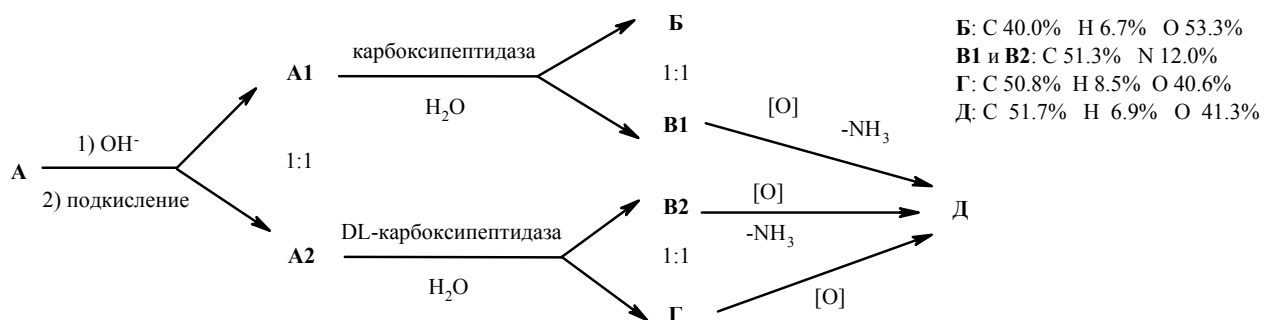


Схема 1

Полный щелочной гидролиз А в мягких условиях приводит к эквимольной смеси только двух продуктов А1 и А2, на которые не действуют аминопептидазы. Действие карбоксипептидаз приводит к образованию эквимольных количеств органических кислот: В и В1 из А1, Г и В2 из А2. Окислительное дезаминирование В1 и В2, а также окисление Г приводят к одному продукту Д.

Известно, что кислота В1 является незаменимой для человеческого организма, а кислота В легко образуется в организме из глюкозы в определенных условиях. Все четыре органические кислоты оптически активны, причем Г и В2 имеют одинаковую конфигурацию. Данные элементного анализа некоторых продуктов реакций приведены на схеме.

Исходя из приведенных в условии данных:

1. Расшифруйте В, В1, В2, Г, Д, а также укажите их абсолютную конфигурацию. Расшифруйте структуры фрагментов А1, А2. (4 балла)

2. Какие связи соединяют фрагменты $A1$ и $A2$ в составе A ? Как называется такой класс веществ? Установите структуру A , если при частичном мягком щелочном гидролизе A все его промежуточные фрагменты состоят из $A1$ и $A2$ и имеют не более 2 структурных изомеров, а определение молярной массы A дает величину порядка $1100 \pm 10\%$ г/моль. (4 балла)

К водному раствору, содержащему смесь бромидов щелочных и щелочноземельных металлов, добавили водный раствор A . Из образовавшегося раствора экстракцией гексаном и медленным упариванием органического растворителя могут быть получены кристаллы L . Если вещество L прокалить на воздухе, то получится белое кристаллическое вещество M , применявшееся раньше как седативное средство, с массовой долей брома 67%.

3. Расшифруйте вещества L и M . Почему в реакции A с бромидом образуется только вещество L ? (1 балл)
4. Как называется вещество A , какими биологическими свойствами оно обладает, где оно встречается в природе, какую при этом роль выполняет? Какой процесс катализирует A , какие особенности молекулы этому способствуют? Как называется класс веществ с подобными свойствами? (4 балла)
5. Изменяются ли биохимические свойства (в том числе описанные в п.4) A , если в его составе заменить все фрагменты $A1$ (или $A2$) на энантиомерные? А если одновременно все фрагменты $A1$ и $A2$ заменить энантиомерные? (2 балла)
6. Где применяется вещество A ? Может ли оно быть синтезировано в рибосомах? Может ли его синтез быть закодирован в ДНК? (3 балла)

Ответы поясните.

Самоорганизация пептидов (2012, очный тур, биология, 11 класс)

Интерес к коротким пептидным последовательностям подогревается их способностью к самоорганизации в устойчивые супрамолекулярные структуры. В медицине примером таких пептидных структур могут служить амилоидные волокна, образующиеся, в частности, при болезни Альцгеймера и прионных заболеваниях (коровье бешенство).

В 1993 году группой американских ученых было описано спонтанное формирование мембраны из раствора олигопептида X-II, имеющего молекулярную массу 1615,76 г/моль.

1. Оцените диапазон числа аминокислотных остатков в X-II, исходя из того, что в состав данного пептида входят только канонические аминокислоты. (2 балла)

В действительности пептид X-II образован шестнадцатью остатками трех аминокислот: аланина, глутаминовой кислоты и лизина.

2. Определите брутто аминокислотный состав X-II, предложив решение данного вопроса, основанное не на переборе вариантов, но логическом подходе. (2 балла)

Впоследствии были синтезированы еще два изомерных пептида, имеющих аналогичный X-II аминокислотный состав, – X-I и X-IV. Известно, что во всех трех пептидах отсутствуют пептидные связи, образованные глутаматом и лизином, а раздельная обработка пептидов ферментом трипсином, гидролизующим пептидные связи, образованные карбоксильной группой лизина, приводит к следующим результатам:

пептид	количество пептидов по результатам обработки			
	Дипептид	тетрапептид	гексапептид	Декапептид
X-I	-	4	-	-
X-II	2	-	2	-
X-IV	3	-	-	1

Известно, что римские цифры (I, II и IV) в обозначении семейства пептидов X несут практический смысл, отражая взаиморасположение определенных аминокислотных остатков.

3. Установите структуру пептидов X-I, X-II и X-IV. Используйте однобуквенные обозначения аминокислот: аланин – А, глутамат – Е, лизин – К. (6 баллов)

Гидрофильные матрицы, построенные из схожих пептидов, оказались крайне интересны для такой быстроразвивающейся области бионанотехнологий, как создание тканей организма из стволовых клеток с применением наноматериалов.

4. Объясните принципы самоорганизации пептидов семейства X. (2 балла)

Молекулярно-лучевая эпитаксия (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)

Молекулярно-лучевая эпитаксия – рост очень тонких и совершенных слоев в условиях сверхвысокого вакуума путём осаждения испаренного вещества "мишени" на подложку. Позволяет выращивать так называемые гетероструктуры заданной толщины с атомно - гладкими границами и с заданным профилем состава.

1. Оцените число частиц, осаждаемых на единицу площади в единицу времени n , если известно что скорость роста плёнок составляет $u = 1$ мкм/час. Межатомные расстояния в напылённом кристаллическом слое считать равными $a = 5$ нм. (2 балла) Оцените число монослоев в осаждённом веществе на подложку за время $\Delta t = 1$ мин. (1 балл)
2. Исходно пучок направлен нормально к подложке. Как изменится скорость роста, если направление пучка к подложке изменить на угол 30° ? (1 балл)

Аэрозоль (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)

Юный физхимик Вася решил получить аэрозоль (частички, "висящие" в воздушной среде). Для синтеза он избрал реакцию между аммиаком и хлороводородом. Вася вакуумировал реакционный сосуд и подключил к нему баллон с аммиаком и баллон с хлороводородом. Расходомером он выровнял потоки газов и начал синтез. Однако, когда он впустил в систему газы, то тумана не образовалось. Более того, на дне стал формироваться слой очень мелкого порошка, который никак не хотел давать устойчивой взвеси. Вася увеличил потоки газов, в расчёте на то, что ускорение синтеза даст нужный аэрозоль, но тут на холодной крышке реактора начали расти длинные иглы хлорида аммония, а аэрозоль всё никак не образовывался. Вася вычистил реактор, нагрел все детали, а особенно крышку, вакуумировал и снова повторил синтез. В этом случае он получил плотный спёк на дне реактора. Тщательно обдумав причины неудачи, Вася скорректировал схему синтеза и получил нужный аэрозоль.

1. Запишите реакцию синтеза частиц аэрозоля. (1 балл)
2. Почему первая выбранная схема никогда не может привести к образованию аэрозоля? (1 балл)
3. Почему при увеличении скорости подачи газов начали расти иглы на крышке? (1 балл)
4. Как необходимо было доработать схему эксперимента для получения аэрозоля? (2 балла)

Молоко (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)

1. Какова жирность молока (в массовых процентах), если концентрация капель жира равна 10^{-3} моль/л, а радиус капли – 2 нм. (2 балла)
2. Какой размер должна иметь капля молока, чтобы в ней содержалась ровно одна мицелла жира? (2 балла)

Осмотическое давление 5000 Па (при 25°C). Считайте (гипотетически), что белка и солей в молоке нет. Плотность молока считайте равной 1 г/мл, а жира – 0,85 г/мл

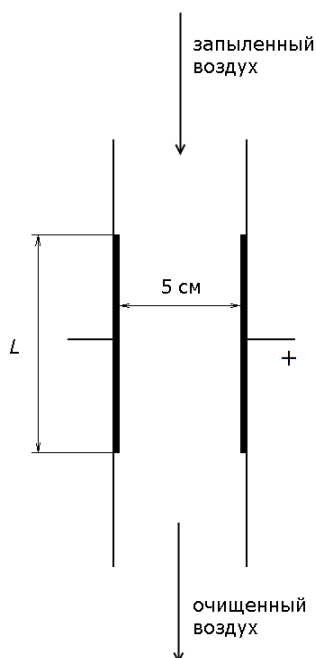
Поимка аэрозольных частиц (2012, очный тур, физика, 10 класс)

Частички многих твердых веществ нано- и микрометровых размеров при вдыхании способны вызывать легочные заболевания.

1. Как называется заболевание, возникающее при вдыхании частичек диоксида кремния? (1 балл)

Частицы малых размеров очень долго держатся в воздухе, поэтому для обеспечения безопасности труда на производствах используются как средства индивидуальной защиты, так и оборудование для очистки воздуха от взвешенной пыли.

2. В воздухе производственного помещения, имеющего высоту 3.5 метра, взвешены сферические частицы диоксида кремния диаметром 0.5 – 10 мкм. Вязкость воздуха при 25°C равна 18.6 мкПа·с. Плотность диоксида кремния равна 2.6 г/см³. Рассчитайте время, за которое такая пыль полностью осядет при 25°C. (3 балла)



Одним из устройств, предназначенных для очистки воздуха от пыли, является электростатический фильтр, принцип действия которого основан на ионизации пылевых частиц электрическим разрядом и их последующем отделении в сильном электрическом поле.

Рассмотрим простейший электростатический фильтр, состоящий из двух вертикально расположенных параллельных металлических пластин длиной L , находящихся на расстоянии 5 см друг от друга и подключенных к источнику тока напряжением 40 кВ (см. рис.).

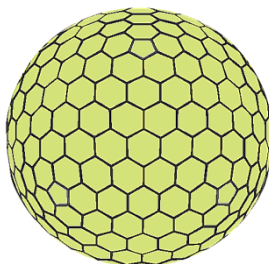
3. Считая, что все проходящие через фильтр частицы тотчас же ионизируются при попадании в электрическое поле, рассчитайте минимальную длину пластин L ,

достаточную для полной очистки воздуха от сферических пылевых частиц диоксида кремния диаметром 0.07–0.9 мкм при скорости воздушного потока 0.1 м/с. Температуру примите равной 25°C. (3 балла)

Справочные данные:

1. Сила трения F , действующая на движущуюся в вязкой среде сферическую частицу, связана с вязкостью среды η , радиусом r и скоростью движения v частицы уравнением Стокса: $F = 6\pi\eta vr$.
2. Элементарный заряд равен $1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Невесомые гигантские фуллерены (2012, очный тур, физика)



Молекулу гигантского фуллерена C_n можно представить как состоящий из графена и 12 пятиугольников шар. Такие фуллерены могут проявлять физические свойства, характерные для макрообъектов.

1. Выведите формулу зависимости плотности молекулы фуллерена C_n от n . (2 балла)
2. Оцените, сколько атомов углерода должны содержать "невесомый" в воде фуллерен C_{n1} и "невесомый" на воздухе фуллерен C_{n2} . Посчитайте радиусы этих фуллеренов (r_1 и r_2 , соответственно). (3 балла)
3. Что будет с физическими свойствами фуллеренов $n > n_1$ в воде и фуллеренов $n > n_2$ на воздухе? (1 балл)
4. Является ли нанобъектом фуллерен C_{n1} ? Является ли нанобъектом фуллерен C_{n2} (приведите аргументы за и против)? (2 балла)

Для упрощения расчетов можете приближенно считать, что:

- гигантские фуллерены имеют сферическую форму;
- гигантские фуллерены состоят только из шестиугольников (то есть, из сплошного графенового листа).

Также принять, что:

- молярная масса воздуха 29 г/моль, атмосферное давление $1,01 \cdot 10^5$ Па, температура 25°C;
- длины углеродных связей 0,142 нм.

Гидрофобный эффект (2012, очный тур, физика)

Одной из движущих сил формирования различных надмолекулярных структур, размеры которых лежат в нанодиапазоне, служит гидрофобный эффект: неполярные группы, пытаясь избежать контакта с водой, формируют ядро, укрытое от контакта с внешней средой гидрофильной мантией. Рассмотрение термодинамических эффектов растворения углеводородов, в частности циклогексана C_6H_{12} (пл. 0.7785 г/см^3), в воде позволяет понять основные причины гидрофобии.

Изменение свободной энергии $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ (первый член - энергетический, энтальпийный фактор, второй - энтропийный) при переносе вещества X из среды 1 в среду 2 определяется как

$$\Delta G_{\text{среда}_1 \rightarrow \text{среда}_2} = -R \cdot T \cdot \ln (X_{\text{среда}_2} / X_{\text{среда}_1}),$$

где $X_{\text{среда}_1}$ и $X_{\text{среда}_2}$ – равновесные концентрации вещества X в среде 1 и контактирующей с ней среде 2.

1. Рассчитайте концентрацию жидкого циклогексана (в моль/л). (3 балла)
2. Заполните пропуски (?) в таблице, исходя из того, что все процессы протекают при 298 К, а концентрация насыщенного раствора циклогексана в воде составляет $1.0 \cdot 10^{-4} \text{ М}$. (6 баллов)

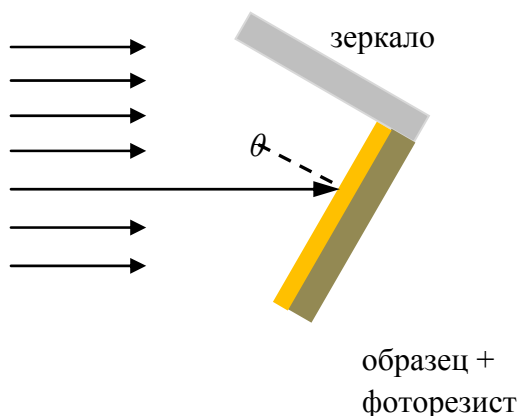
Процесс переноса из ... → в ...	ΔH , кДж·моль ⁻¹	$T \cdot \Delta S$, кДж·моль ⁻¹	ΔG , кДж·моль ⁻¹
Газ → жидкий C_6H_{12}	?	?	-18,5
жидкий C_6H_{12} → водный раствор C_6H_{12}	?	-28,3	?
Газ → водный C_6H_{12} раствор	-30,7	?	?

3. На основании полученных данных объясните, чем, с позиций термодинамики, обусловлен гидрофобный эффект. (3 балла)

Зеркало Ллойда (2012, очный тур, физика, 11 класс)

Лазерная интерференционная литография (ЛИЛ) – это простой и быстрый метод создания массивов периодических нанометровых структур на поверхности материалов. В основе технологии лежит экспонирование (облучение) интерферирующими лазерными лучами светочувствительного слоя (фоторезиста), нанесенного на модифицируемую поверхность. В результате наложения когерентных волн на поверхности фоторезиста формируется интерференционная картина, используемая для последующего травления и создания периодической структуры на поверхности материала.

Для экспонирования фоторезиста в методе ЛИЛ используется непрерывный гелий-кадмиевый лазер (длина волны $\lambda = 325$ нм), направляемый на отверстие малого диаметра, выступающее в роли точечного когерентного источника света. На достаточном удалении от отверстия, таком, чтобы исходящий из него пучок света можно было считать параллельным, устанавливается интерферометр Ллойда, представляющий собой плоское зеркало, закрепленное перпендикулярно к поверхности образца, покрытого слоем фоторезиста (см. рис.). Определить период p образующейся на поверхности фоторезиста интерференционной картины (расстояние между двумя соседними интерференционными максимумами или минимумами), если известно, что пучок света падает на образец под углом $\theta = 30^\circ$. Какого минимального периода p_{min} для массива интерференционных полос можно достичь, вращая интерферометр Ллойда в плоскости падения пучка?



Нанопипетка (2012, очный тур, физика, 11 класс)

Нанопипетку – открытую с обеих сторон органическую нанотрубку внутренним диаметром $D = 100$ нм и длиной $L = 1$ мм – опускают наполовину в плотный раствор ($\rho = 10$ г/см³, коэффициент поверхностного натяжения $\sigma = 0.25$ мкН/м). После этого нижнее отверстие пипетки закрывают и вынимают ее из раствора. Определить количество капель N , вытекших из пипетки под действием силы тяжести после ее открывания. Каков объем каждой капли V_k ? Какова высота столба раствора H , оставшегося в пипетке? Считать, что раствор полностью смачивает стенки нанотрубки. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

Необычная память (2012, очный тур, физика, 11 класс)

Квантовая точка – фрагмент проводника или полупроводника, ограниченный по всем трём пространственным измерениям, может нести электрический заряд, а следовательно может рассматриваться, как конденсатор. Известно, что динамическая оперативная память в компьютерах построена на конденсаторах, а плотность записи информации продолжает расти.

Предположим, что роль конденсаторов играют квантовые точки $d = 2$ нм в диэлектрике. Диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\varepsilon = 2$, а квантовой точки $\varepsilon = 3$. Поле пробоя диэлектрика $E_0 = 10^6$ В/см.

Найти, какое максимальное количество электронов может захватить точка, чтобы не наступил пробой. (2 балла) Чему равна ёмкость такой точки? (2 балла)

Найти максимальное напряжение, которое может быть приложено к точке? (1 балл)

1

ВАРИАТИВНЫЕ ЗАДАЧИ (для всех)

2. Металлический стержень длиной 100 нм разрезают пополам, затем каждую половинку еще раз пополам и т.д. Какой станет длина стержня, если процедуру повторить 8 раз **(2 балла)**?
12. Известная поговорка гласит "Комар носа не подточит". Хоботок у этого маленького кровопийцы очень тонкий и острый. А может ли он проткнуть им (а) клетки луковицы, (б) вирус табачной мозаики, (в) эритроцит, (г) фагоцит, (д) хлоропласт. Ответ поясните. **(2 балла)**
17. Зачем многие кости нашего скелета Природа сделала пористыми? Найдите не менее двух разумных объяснений этому. **(2 балла)**
21. Говорят иногда: "у него (или у нее) холодная кровь". А сколько нужно снежинок, чтобы превратить в лед один эритроцит? **(2 балла)**
23. Сорбент сформирован наночастицами в форме параллелепипеда с квадратным основанием с длиной ребра "а" и высотой "2а". Определите линейные размеры наночастиц, если площадь удельной поверхности сорбента составляет $100 \text{ м}^2/\text{г}$, а рентгеновская плотность вещества сорбента $2,6 \text{ г}/\text{см}^3$. **(2 балла)**
-

1-789. Биология (7, 8, 9 класс). "Земноводные"

Организм живых существ - это целая фабрика тесно взаимодействующих микро- и нанороботов. Известно, например, что при подготовке к зимней спячке (настоящий анабиоз, недоступный пока для людей!) изменяется как поведение, так и физиология обычной озерной лягушки. Эти изменения затрагивают свойства крови - удивительной жидкости с удивительными клетками - природными "роботами" по переносу кислорода. В частности, изменяется сродство гемоглобина к кислороду, а также содержание глюкозы в крови животного. Учитывая, что лягушки зимуют в холодной воде, а также то, что содержание кислорода в холодной воде увеличивается,

Объясните, как именно изменяется сродство гемоглобина к кислороду и уровень глюкозы в крови (4 балла).

2-789. Биология (7, 8, 9 класс). Нанороботы на службе здравоохранения

Различными средствами массовой информации все еще поддерживается вера в то, что в недалеком будущем для лечения всех заболеваний и проведения локальных хирургических операций будут использовать нанороботы, «запускаемые» в организм человека и выполняющие программу по обнаружению и адресному удалению раковых клеток / тромбов / очагов воспаления и других патологических изменений в тканях.

Укажите основные требования, которым должны соответствовать мифические нанороботы, чтобы они действительно выполняли свои функции, не нанося при этом вред организму (2 балл).

Чем такие нанороботы могли бы питаться (необоснованные и совершенно фантастические предположения не принимаются) (1 балл)? Какие из собственных клеток организма отвечают за удаление раковых клеток, а какие, напротив, могут стимулировать формирование злокачественных новообразований (уточните, при каких именно условиях это происходит)? (2 балла)

1-10. Биология (10 класс). Клетка «наощупь»

Если посмотреть на живую клетку в оптический микроскоп, то мы ее увидим. Однако существуют методы, позволяющие получить информацию о поверхности клетки буквально «наощупь». Такие методы не связаны с получением оптического изображения.

Назовите самые распространенные методы такого типа (1 балл).

Какую информацию они могут дать о поверхности клетки (1 балл)?

Какие элементы поверхности клетки будут видны при помощи этих методов (1 балл)?

3

Как расширить информативность этих методов (1 балл)? Что можно будет узнать о клетке с помощью таких модифицированных методов (1 балл)?

Тест (укажите правильный ответ и, по возможности, дайте пояснения, в сумме 3 балла):

- 1) мембрана живой клетки состоит в основном из: нанотрубок, полимерных сеток, липидов, белков и липидов
- 2) Мембрана клетки очень тонкая. Ее толщина составляет примерно: 1 мкм, 100 нм, 10 нм, 1 нм
- 3) Мембрана клетки животных представляет собой: полисахаридный монослой, липидный бислой, бислоиный белок, мицеллу
- 4) Молекула липида включает остатки: глицерина и жирных кислот, азотистых оснований, сахаров, аминокислот
- 5) Белки расположены в клеточной мембране: снаружи мембраны (со стороны окружающей среды), внутри мембраны (образуют там мицеллы), прикреплены к мембране со стороны цитоплазмы клетки, могут располагаться как внутри мембраны, так и на обеих ее поверхностях (внутренней и наружной),

2-10. Биология (10 класс). Капсиды.

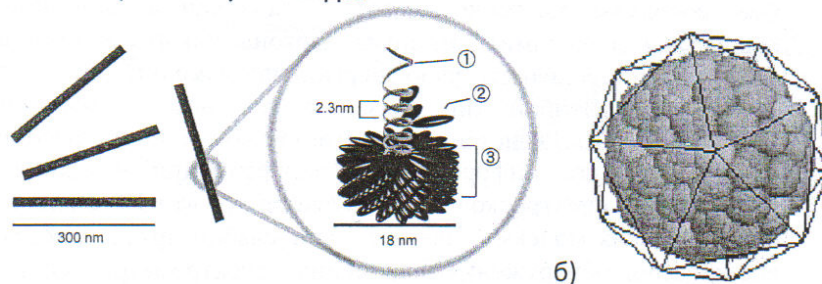


Рис. 1. Два вида капсидов вирусов: а) спиральный (цилиндрический) капсид на примере вируса табачной мозаики (1 - РНК, 2 - одинаковые белковые глобулы - капсомеры, 3 - собранная часть капсида); б) икосаэдрический капсид на примере вируса SV-40.

Капсид - внешняя оболочка вируса, она состоит из фиксированного числа повторяющихся субъединиц - капсомеров, которые, в свою очередь, образованы из молекул белка - протомеров. Число капсомеров строго специфично для каждого вида и зависит от размеров и морфологии вирионов. Протомеры могут быть в простейшем случае мономерными (содержать один полипептид) либо полимерными (включать несколько полипептидов).

У спиральных капсидов цилиндрическая оболочка состоит из уложенных по спирали белковых глобул, внутри которого находится

4

генетический материал вируса (Рис. 1а). В случае икосаэдрических капсидов капсомеры образуют квази-сферическую структуру (Рис. 1б).

Перечислите основные функции капсидов. (1 балл)

Какие типы взаимодействия удерживают отдельные части капсида вместе, если известно, что капсид может обратимо диссоциировать на фрагменты? (1 балл)

Почему капсиды состоят из множества одинаковых капсомеров, а не формируются из одной большой белковой молекулы? (1 балл)

При анализе генома вирусов, области, кодирующие белки капсида, вычисляют по большой концентрации генов, кодирующих аргинин, лизин и гистидин. Каковы особенности этих аминокислот? Предположите, какова их роль в структуре капсида. (2 балла)

Предположите, почему вирусы, содержащие двухцепочечную нуклеиновую кислоту, в отличие от вирусов, содержащих одноцепочечную, почти всегда упаковываются в икосаэдрический капсид? (1 балл)

Напишите не менее четырех примеров возможного применения вирусных капсидов. Какие типы капсидов могут при этом использоваться? (2 балла)

1-11. Биология (11 класс). Как поживаете, органоиды?

Все молекулы взаимодействуют с падающими фотонами света двумя основными способами: поглощают фотоны или рассеивают их. Рассеянные фотоны могут сохранять свою энергию или изменять после взаимодействия с молекулами. Второй тип связан с так называемым комбинационным рассеянием (КР). Регистрируя энергию комбинационно рассеянных фотонов, можно получить информацию о конформации и свойствах молекулы. Недостатком спектроскопии КР является то, что КР света на большинстве биологических молекул обладает очень слабой интенсивностью и находится вне пределов обнаружения современных спектрометров. Однако присутствие наночастиц серебра или золота приводит к тому, что КР на молекулах усиливается на много порядков, причем для этого молекула должна находиться на расстоянии не более нескольких десятков нанометров от поверхности наночастиц. Данный метод получил название спектроскопии гигантского КР (ГКР) и в настоящее время интенсивно развивается в интересах медицинской диагностики. Тем не менее, в применении спектроскопии ГКР в исследованиях клеток есть ряд сложностей: наночастицы сами по себе или другие компоненты коллоидного раствора золота или серебра могут негативно влиять на клетки; и наоборот, клетки могут "инактивировать" наночастицы.

Как проверить, что используемые НЧС или НЧЗ не влияют на свойства и морфологию исследуемых клеток (1 балл)?

5

Как установить, не привело ли взаимодействие НЧС/НЧЗ с клетками к исчезновению способности наночастиц усиливать КР (1 балл)?

Как вызвать проникновение НЧС/НЧЗ в: (а) эндосомы и лизосомы, (б) цитоплазму клеток, (в) митохондрии, (г) ядро (2 балла).

Какие молекулы и какие процессы можно исследовать в каждом из перечисленных случаев с помощью ГКР (4 балла)?

2-11. Биология (11 класс). Бионанокатализатор

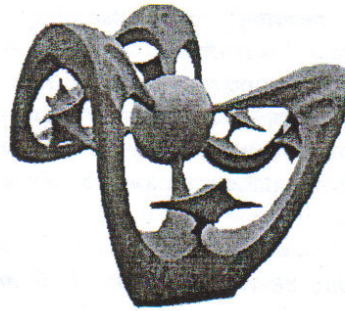


Рис. 1. Абстрактное изображение вещества Л.

Размеры молекулы А составляют около 2 нм. Для установления структуры А были проведены следующие реакции:

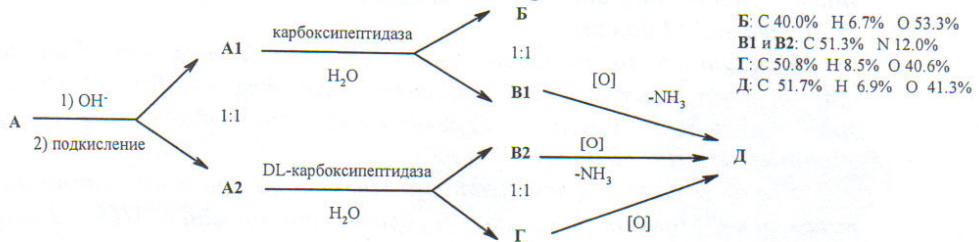


Схема 1.

Полный щелочной гидролиз А в мягких условиях приводит к эквимолярной смеси только двух продуктов А1 и А2, на которые не действуют аминопептидазы. Действие карбоксипептидаз приводит к образованию эквимолярных количеств органических кислот: Б и В1 из А1, Г и В2 из А2. Окислительное дезаминирование В1 и В2, а также окисление Г приводят к одному продукту Д.

Известно, что кислота В1 является незаменимой для человеческого организма, а кислота Б легко образуется в организме из глюкозы в определенных условиях. Все четыре органические кислоты оптически активны, причем Г и В2 имеют одинаковую конфигурацию. Данные элементного анализа некоторых продуктов реакций приведены на схеме.

Исходя из приведенных в условии данных:

6

Расшифруйте Б, В1, В2, Г, Д, а также укажите их абсолютную конфигурацию. Расшифруйте структуры фрагментов А1, А2. (4 балла)

Какие связи соединяют фрагменты А1 и А2 в составе А? Как называется такой класс веществ? Установите структуру А, если при частичном мягком щелочном гидролизе А все его промежуточные фрагменты состоят из А1 и А2 и имеют не более 2 структурных изомеров, а определение молярной массы А дает величину порядка $1100 \pm 10\%$ г/моль. (4 балла)

К водному раствору, содержащему смесь бромидов щелочных и щелочноземельных металлов, добавили водный раствор А. Из образовавшегося раствора экстракцией гексаном и медленным упариванием органического растворителя могут быть получены кристаллы Л. Если вещество Л прокалить на воздухе, то получится белое кристаллическое вещество М, применявшееся раньше как седативное средство, с массовой долей брома 67%.

Расшифруйте вещества Л и М. Почему в реакции А с бромидами образуется только вещество Л? (1 балл)

Как называется вещество А, какими биологическими свойствами оно обладает, где оно встречается в природе, какую при этом роль выполняет? Какой процесс катализирует А, какие особенности молекулы этому способствуют? Как называется класс веществ с подобными свойствами? (4 балла)

Изменяются ли биохимические свойства (в том числе описанные в п.4) А, если в его составе заменить все фрагменты А1 (или А2) на энантиомерные? А если одновременно все фрагменты А1 и А2 заменить энантиомерные? (2 балла)

Где применяется вещество А? Может ли оно быть синтезировано в рибосомах? Может ли его синтез быть закодирован в ДНК? (3 балла)

Ответы поясните.

3-11. Биология (11 класс). Самоорганизация пептидов

Интерес к коротким пептидным последовательностям подогревается их способностью к самоорганизации в устойчивые супрамолекулярные структуры. В медицине примером таких пептидных структур могут служить амилоидные волокна, образующиеся, в частности, при болезни Альцгеймера и прионных заболеваниях (коровье бешенство).

В 1993 году группой американских ученых было описано спонтанное формирование мембраны из раствора олигопептида X-II, имеющего молекулярную массу 1615,76 г/моль.

1

Оцените диапазон числа аминокислотных остатков в X-II, исходя из того, что в состав данного пептида входят только канонические аминокислоты (2 балла).

В действительности пептид X-II образован шестнадцатью остатками трех аминокислот: аланина, глутаминовой кислоты и лизина.

Определите брутто аминокислотный состав X-II, предложив решение данного вопроса, основанное не на переборе вариантов, но логическом подходе (2 балла).

Впоследствии были синтезированы еще два изомерных пептида, имеющих аналогичный X-II аминокислотный состав, – X-I и X-IV. Известно, что во всех трех пептидах отсутствуют пептидные связи, образованные глутаматом и лизином, а отдельная обработка пептидов ферментом трипсином, гидролизующим пептидные связи, образованные карбоксильной группой лизина, приводит к следующим результатам:

пептид	количество пептидов по результатам обработки			
	Дипептид	тетрапептид	гексапептид	Декапептид
X-I	-	4	-	-
X-II	2	-	2	-
X-IV	3	-	-	1

Известно, что римские цифры (I, II и IV) в обозначении семейства пептидов X несут практический смысл, отражая взаиморасположение определенных аминокислотных остатков.

Установите структуру пептидов X-I, X-II и X-IV. Используйте однобуквенные обозначения аминокислот: аланин – А, глутамат – Е, лизин – К (6 баллов).

Гидрофильные матрицы, построенные из схожих пептидов, оказались крайне интересны для такой быстроразвивающейся области бионанотехнологий, как создание тканей организма из стволовых клеток с применением наноматериалов.

Объясните принципы самоорганизации пептидов семейства X (2 балла).

ВАРИАТИВНЫЕ ЗАДАЧИ (для всех)

5. Абсолютно прозрачный наноробот Вася глотает квантовые точки по одной штуке в миллисекунду. Сколько времени он должен "питаться" квантовыми точками, чтобы засветиться с интенсивностью 20 люмен, если светимость одной квантовой точки составляет 0,1 люмен **(2 балла)**?
8. Эритроцит человека в нормальном состоянии представляет собой двояковогнутый диск, а при неблагоприятных условиях превращается в "ежикоподобный" (для простоты - шарообразный) эхиноцит. Оцените диаметр эхиноцита, получившийся из эритроцита, форму которого для простоты примите дисковидной, а размеры равными 7,5 мкм (диаметр) и 2 мкм (толщина). **(2 балла)**
19. Какое из веществ Вы бы взяли в качестве грязезащитного покрытия внешних стен зданий и почему? Диоксид кремния, диоксид титана, диоксид хрома, наночастицы серебра, оксид цинка, нитрид титана, нитрид магния, фторид кальция, гидроксилпатит **(2 балла)**.
20. Можно ли из магнитных наночастиц сделать сильный постоянный магнит? Почему? **(2 балла)**
22. При столкновении и объединении 2-х наночастиц золота тетраэдрической формы образовалась частица формой близкой к сферической. Определите диаметр сформировавшейся сферической частицы, если длина ребра тетраэдра исходных частиц составляет 4 нм. **(2 балла)**

2

1-789. Математика (7, 8, 9 класс). Наноштор

За 14 секунд наноштор успел проплыть 400 мкм, захватить шарик полистирола и сдвинуться с этим шариком еще на 900 мкм. С грузом наноштор движется на 10 мкм/с медленнее, чем без груза.

С какой скоростью движется наноштор без груза? (2 балла)

2-789. Математика (7, 8, 9 класс). Тяжелый графен

Графен — аллотропная модификация углерода, в которой атомы углерода расположены в узлах шестиугольной решётки. Восемнадцать атомов углерода-12 заменены на атомы изотопа углерода-13. Оказалось, что у девяти из этих 18 атомов только один из соседей — ^{13}C , а у оставшихся девяти все три соседа — ^{13}C .

Как могут быть расположены атомы углерода-13? Придумайте хотя бы одну такую конфигурацию. (4 балла)

3-789. Математика (7, 8, 9 класс). Хиральные нанотрубки

От так называемой хиральности ("закрутки", Рис.1) одностенных углеродных нанотрубок очень сильно зависят их физические свойства, в частности, электронная проводимость.

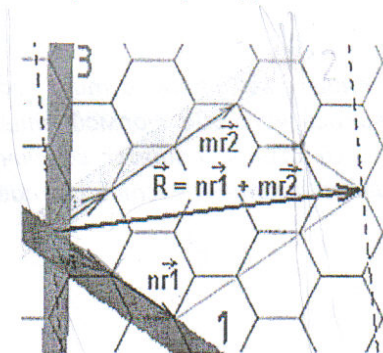


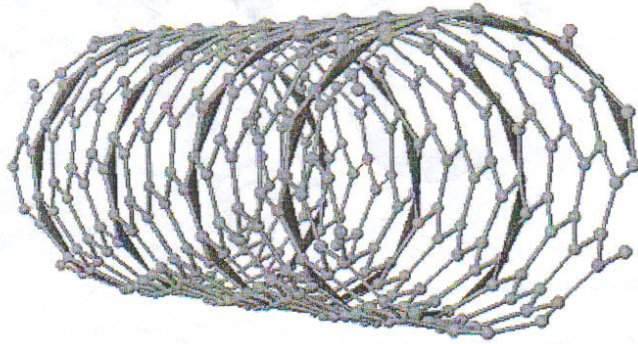
Рис. 1. Нанотрубка — свернутый лист графита. Для получения нанотрубки (n, m) , графитовую плоскость надо разрезать по пунктирным линиям и свернуть вдоль направления R . В этом примере $n = 2$, $m = 3$. Хиральная нанотрубка состоит из $n + m$ спиралей (3), хорошо видимых с торца трубки, а также из n спиралей (1) и m спиралей (2).

Определите индексы хиральности (n, m) четырёх нанотрубок, представленных на рисунке ниже (4 балла)

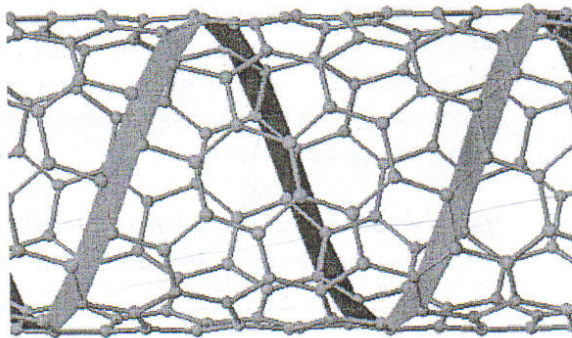
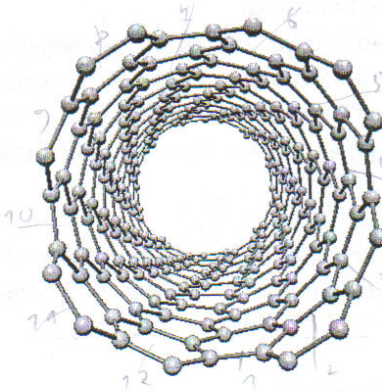
Как Вы думаете, при каких значениях индексов хиральности спирали, лучше всего видимые с торца трубки, вырождаются в кольца? В цепочки, параллельные оси трубки? (2 балла)

17

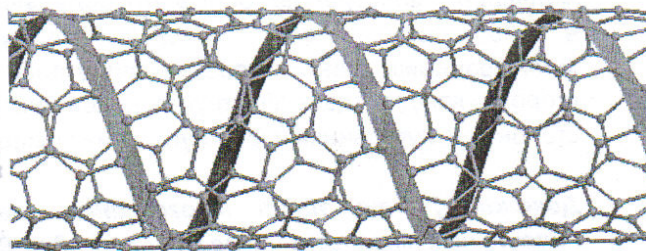
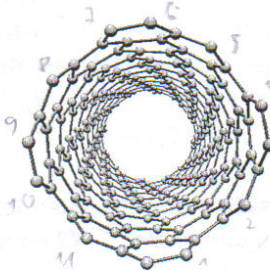
Трубка 1



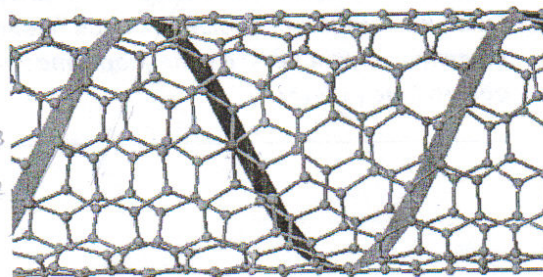
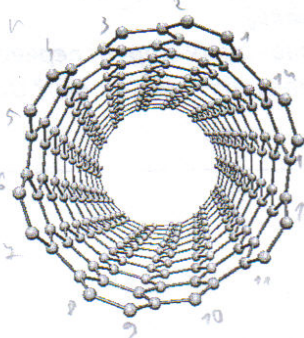
⑨
⑨



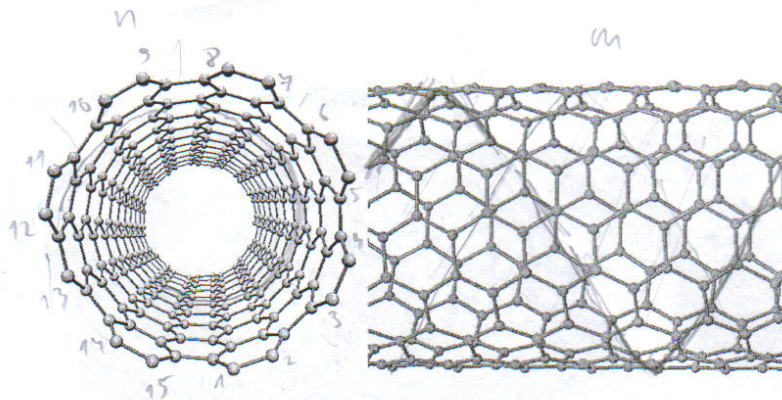
Трубка 2



Трубка 3



Трубка 4



1-10. Математика (10 класс). Зловредные бактерии

В организме больного содержится множество бактерий. Каждый вечер каждая из них делится на две. В тот день, когда в организме больного был один миллион бактерий, ему ввели десять лечебных нанороботов. Каждое утро каждый наноробот уничтожает одну бактерию, после чего создаёт трех таких же нанороботов.

Сколько бактерий будет в организме больного через 2 дня? (1 балл)

Через сколько дней нанороботы уничтожат все бактерии? (4 балла)

2-10. Математика (10 класс). Геометрия фуллерена

Фуллерен – аллотропная форма углерода, экспериментально обнаруженная в 1985 году. Атомы молекулы фуллерена являются вершинами многогранника, грани которого – пятиугольники и шестиугольники. Общая сторона каждого двух шестиугольников имеет длину 0,139 нм, а общая сторона пятиугольника и шестиугольника имеет длину 0,144 нм.

Докажите, что этот многогранник является пересечением двух правильных многогранников — додекаэдра Д и икосаэдра И. (3 балла)

Найдите длину ребра додекаэдра Д. (2 балла)

Найдите длину ребра икосаэдра И. (2 балла)

Сколько движений пространства (включая симметрии) переводят молекулу фуллерена в себя (переставляя атомы местами)? Ответ обоснуйте (3 балла)

3

3-10. Математика (10 класс). Высшие фуллерены

Особое место среди фуллеренов занимают максимально симметричные фуллерены.

Выведите общую формулу ряда фуллеренов, изображенных на рис.1. (1 балл)

Симметрией какого Платонова тела обладает формальный первый член ряда, отсутствующий на рисунке (1 балл)?

Существует еще один ряд максимально симметричных фуллеренов. Как построены его представители? Выведите формулу этого ряда. (6 баллов)

Возможен ли фуллерен, имеющий изомеры, принадлежащие к обоим рядам? Если да, приведите его формулу. (1 балл)

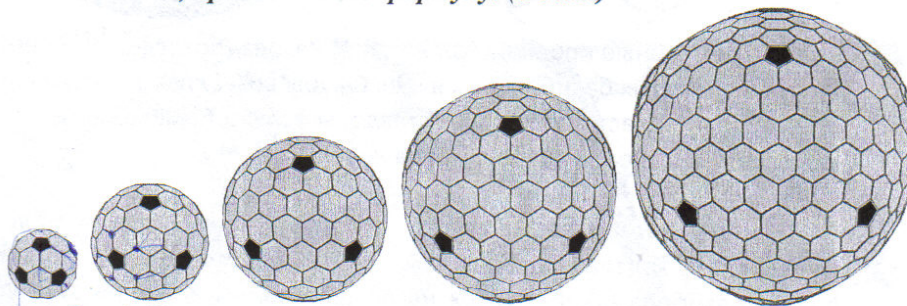


Рис.1. Один из рядов максимально симметричных фуллеренов.

1-11. Математика (11 класс). Арифметика гипербакибола

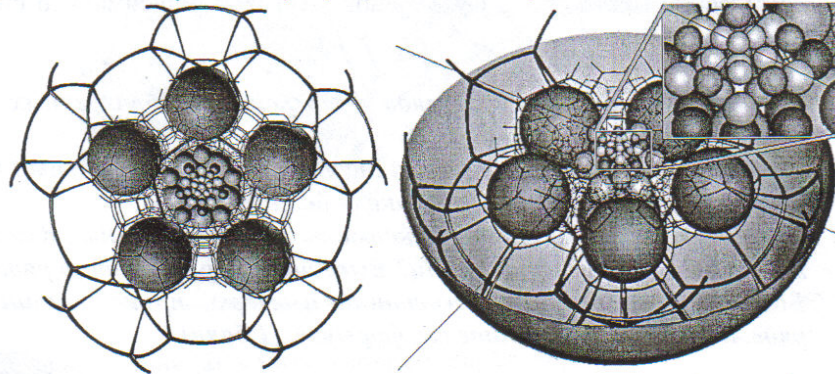


Рис. 1. Трёхмерные проекции Шлегеля 1) Разрез (полусфера) гипербакибола. Внутри некоторых бакибольных ячеек C_{60} для визуализации помещены шары. В центральной части проекции оставлены только помещенные внутрь ячеек шары, рёбра самого гипербакибола невидимы.

Многие из вас, решая задачу о додекаплексе - самом маленьком 4D фуллерене - задавались вопросом, как выглядит четырёхмерный мерный аналог бакибола C_{60} . Несмотря на внушительный внешний вид, устроен он довольно просто. Точно так же, как додекаплекс состоит из одинаковых додекаэдров фуллерена C_{20} , гипербакибол состоит из одинаковых ячеек фуллерена C_{60} . (см. рис. 1) Однако, бакибольные ячейки в гипербакиболе не соприкасаются. На рис. 2 представлено расположение бакибольных ячеек внутри проекции Шлегеля гипербакибола.

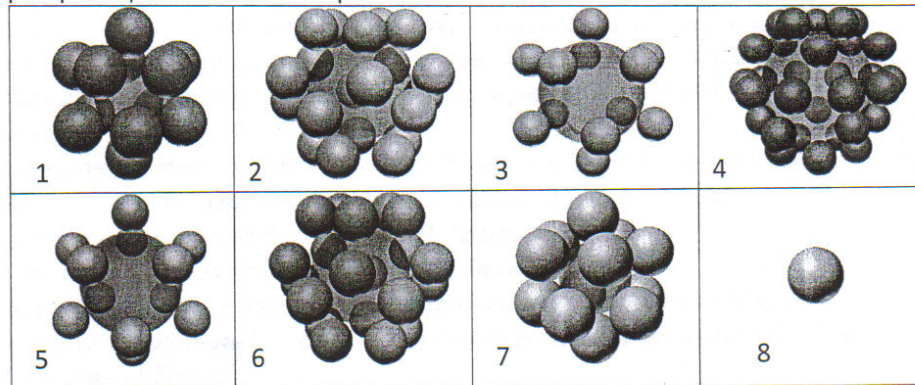


Рис. 2. Структура последовательного расположения слоев бакибольных ячеек в гипербакиболе. Полупрозрачная сфера внутри слоев №1-7 вписана для большей наглядности, и не является ячейкой.

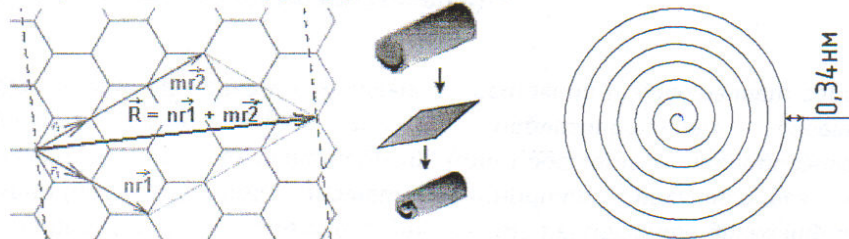
Руководствуясь рисунком 2, определите общее число бакибольных ячеек в гипербакиболе. Рассчитайте формулу гипербакибола. (5 баллов)

7

При решении задачи не забывайте, что:

- проекция гипербакибола производится в одну из его ячеек;
- все однотипные ячейки гипербакибола эквивалентны, несмотря на возникающие при проекции геометрические искажения.

2-11. Сворачиваем нанотрубку (математика)



Наногном разрезал наноножницами зигзагообразную углеродную нанотрубку $(n, 0)$ так, что получился прямоугольный графеновый наноковрик. Этот наноковрик он скатал в плотный сверток, как показано на рисунке, и обнаружил, что диаметр свертка в 5 раз меньше диаметра исходной трубки.

Оцените количество витков x в свертке и значение индекса хиральности n для исходной углеродной нанотрубки. (4 балла)

Рассчитайте диаметр этой УНТ. (1 балл)

Подсказка: подумайте, как можно рассчитать площадь сечения свертка.

Для расчётов принять

- длину углеродных связей равной 0,142 нм,
- расстояние между витками в свертке равным расстоянию между графитовыми слоями – 0,34 нм,
- количество витков – целое.

ВАРИАТИВНЫЕ ЗАДАЧИ (для всех)

3. Нанотрубка длиной 100 нм расположена перпендикулярно плоскости подложки на расстоянии 500 нм от источника паров (кластеров) платины. Расстояние от подложки до источника 300 нм. На каком расстоянии от основания нанотрубки на подложке "в тени" нанотрубки еще не будут осаждаться кластеры платины **(2 балла)**?
6. Нанороботы Петя и Вася играют фуллереном в футбол. Петя ведет "мяч" и готов, развив скорость 10 нм в секунду, атаковать ворота, находящиеся от него на расстоянии 1000 нм. С какой минимальной скоростью должен бежать вдогонку ему Вася, чтобы не дать завести мяч в ворота, если он отставал с самого начала от Пети на 100 нм **(2 балла)**?
7. Ромашка растет в поле, по которому тракторист Лёша проезжает каждый день. При этом на лепестки ромашки в день осаждаются по 150 миллиардов пылинок диаметром 50 нм. За сколько дней вся ромашка покроется наночастицами в один слой, если ее площадь 15 см²? **(2 балла)**
14. Золи (наночастицы в воде) золота имеют разный цвет, если смотреть на них сбоку и на просвет. Почему? **(2 балла)**
15. Если в воздухе быстро распылить облако квантовых точек кремния, то произойдет взрыв. Почему? **(2 балла)**

2

1-789. Физика (7, 8, 9 класс). Молекулярно - лучевая эпитаксия

Молекулярно-лучевая эпитаксия - рост очень тонких и совершенных слоев в условиях сверхвысокого вакуума путём осаждения испаренного вещества "мишени" на подложку. Позволяет выращивать так называемые гетероструктуры заданной толщины с атомно - гладкими границами и с заданным профилем состава.

Оцените число частиц, осаждаемых на единицу площади в единицу времени n , если известно что скорость роста плёнок составляет $u = 1$ мкм/час. Межатомные расстояния в напылённом кристаллическом слое считать равными $a = 5$ нм. (2 балла) Оцените число монослоев в осажждённом веществе на подложку за время $\Delta t = 1$ мин (1 балл).

Исходно пучок направлен нормально к подложке. Как изменится скорость роста, если направление пучка к подложке изменить на угол 30° ? (1 балл)

2-789. Физика (7, 8, 9 класс). Аэрозоль

Юный физхимик Вася решил получить аэрозоль (частички, "висящие" в воздушной среде). Для синтеза он избрал реакцию между аммиаком и хлороводородом. Вася вакуумировал реакционный сосуд и подключил к нему баллон с аммиаком и баллон с хлороводородом. Расходометром он выровнял потоки газов и начал синтез. Однако, когда он впустил в систему газы, то тумана не образовалось. Более того, на дне стал формироваться слой очень мелкого порошка, который никак не хотел давать устойчивой взвеси. Вася увеличил потоки газов, в расчёте на то, что ускорение синтеза даст нужный аэрозоль, но тут на холодной крышке реактора начали расти длинные иглы хлорида аммония, а аэрозоль всё никак не образовывался. Вася вычистил реактор, нагрел все детали, а особенно крышку, вакуумировал и снова повторил синтез. В этом случае он получил плотный спёк на дне реактора. Тщательно обдумав причины неудачи, Вася скорректировал схему синтеза и получил нужный аэрозоль.

Запишите реакцию синтеза частиц аэрозоля (1 балл)

Почему первая выбранная схема никогда не может привести к образованию аэрозоля? (1 балл)

Почему при увеличении скорости подачи газов начали расти иглы на крышке? (1 балл)

Как необходимо было доработать схему эксперимента для получения аэрозоля? (2 балла)

3

3-789. Физика (7, 8, 9 класс). Молоко

Какова жирность молока (в массовых процентах), если концентрация капель жира равна 10^{-3} моль/л, а радиус капли – 2 нм. (2 балла).

Какой размер должна иметь капля молока, чтобы в ней содержалась ровно одна мицелла жира (2 балла)? Осмотическое давление 5000 Па (при 25°C).

Считайте (гипотетически), что белка и солей в молоке нет.

Плотность молока считайте равной 1 г/мл, а жира – 0,85 г/мл

1-10. Физика (10 класс). Поимка аэрозольных частиц

Частички многих твердых веществ нано- и микрометровых размеров при вдыхании способны вызывать легочные заболевания.

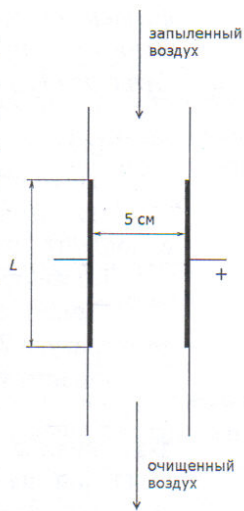
Как называется заболевание, возникающее при вдыхании частичек диоксида кремния? (1 балл)

Частицы малых размеров очень долго держатся в воздухе, поэтому для обеспечения безопасности труда на производствах используются как средства индивидуальной защиты, так и оборудование для очистки воздуха от взвешенной пыли.

В воздухе производственного помещения, имеющего высоту 3.5 метра, взвешены сферические частицы диоксида кремния диаметром 0.5–10 мкм. Вязкость воздуха при 25°C равна 18.6 мкПа·с. Плотность диоксида кремния равна 2.6 г/см³. Рассчитайте время, за которое такая пыль полностью осядет при 25°C. (3 балла)

Одним из устройств, предназначенных для очистки воздуха от пыли, является электростатический фильтр, принцип действия которого основан на ионизации пылевых частиц электрическим разрядом и их последующем отделении в сильном электрическом поле.

Рассмотрим простейший электростатический фильтр, состоящий из двух вертикально расположенных параллельных металлических пластин длиной L , находящихся на расстоянии 5 см друг от друга и подключенных к источнику тока напряжением 40 кВ (см. рис.). Считая, что все проходящие через фильтр частицы тотчас же ионизируются при попадании в электрическое поле, рассчитайте минимальную длину пластин L , достаточную для полной очистки воздуха от сферических пылевых

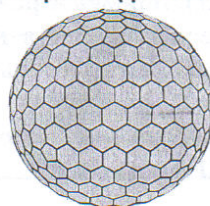


4
частиц диоксида кремния диаметром 0.07–0.9 мкм при скорости воздушного потока 0.1 м/с. Температуру примите равной 25°C. (3 балла)

Справочные данные:

1. Сила трения F , действующая на движущуюся в вязкой среде сферическую частицу, связана с вязкостью среды η , радиусом r и скоростью движения v частицы уравнением Стокса: $F = 6\pi\eta r v$.
2. Элементарный заряд равен $1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл.

2-10. Невесомые гигантские фуллерены (физика, 8 баллов)



Молекулу гигантского фуллерена C_n можно представить как состоящий из графена и 12 пятиугольников шар. Такие фуллерены могут проявлять физические свойства, характерные для макрообъектов.

Выведите формулу зависимости плотности молекулы фуллерена C_n от n . (2 балла)

Оцените, сколько атомов углерода должны содержать "невесомый" в воде фуллерен C_{n1} и "невесомый" на воздухе фуллерен C_{n2} . Посчитайте радиусы этих фуллеренов (r_1 и r_2 , соответственно). (3 балла)

Что будет с физическими свойствами фуллеренов $n > n_1$ в воде и фуллеренов $n > n_2$ на воздухе? (1 балл)

Является ли нанобъектом фуллерен C_{n1} ? Является ли нанобъектом фуллерен C_{n2} (приведите аргументы за и против)? (2 балла)

Для упрощения расчетов можете приближенно считать, что:

- гигантские фуллерены имеют сферическую форму;
- гигантские фуллерены состоят только из шестиугольников (то есть, из сплошного графенового листа).

Также принять, что:

- молярная масса воздуха 29 г/моль, атмосферное давление $1,01 \cdot 10^5$ Па, температура 25°C;
- длины углеродных связей 0,142 нм.

1-11. Физика. Гидрофобный эффект

Одной из движущих сил формирования различных надмолекулярных структур, размеры которых лежат в нанодиапазоне, служит гидрофобный

эффект: неполярные группы, пытаясь избежать контакта с водой, формируют ядро, укрытое от контакта с внешней средой гидрофильной мантией. Рассмотрение термодинамических эффектов растворения углеводородов, в частности циклогексана C_6H_{12} (пл. 0.7785 г/см^3), в воде позволяет понять основные причины гидрофобии.

Изменение свободной энергии $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ (первый член - энергетический, энтальпийный фактор, второй - энтропийный) при переносе вещества X из среды 1 в среду 2 определяется как

$$\Delta G_{\text{среда}_1 \rightarrow \text{среда}_2} = -R \cdot T \cdot \ln(X_{\text{среда}_2} / X_{\text{среда}_1}),$$

где $X_{\text{среда}_1}$ и $X_{\text{среда}_2}$ - равновесные концентрации вещества X в среде 1 и контактирующей с ней среде 2.

Рассчитайте концентрацию жидкого циклогексана (в моль/л) (3 балла). Заполните пропуски (?) в таблице, исходя из того, что все процессы протекают при 298 К, а концентрация насыщенного раствора циклогексана в воде составляет $1.0 \cdot 10^{-4} \text{ М}$ (6 баллов).

Процесс переноса из ... в ...	ΔH , кДж·моль ⁻¹	$T \cdot \Delta S$, кДж·моль ⁻¹	ΔG , кДж·моль ⁻¹
Газ → жидкий C_6H_{12}	?	?	-18,5
жидкий C_6H_{12} → водный раствор C_6H_{12}	?	-28,3	?
Газ → водный раствор C_6H_{12}	-30,7	?	?

На основании полученных данных объясните, чем, с позиций термодинамики, обусловлен гидрофобный эффект (3 балла).

2-11. Физика (11 класс). Зеркало Ллойда

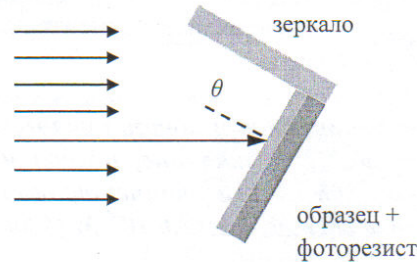
Лазерная интерференционная литография (ЛИЛ) – это простой и быстрый метод создания массивов периодических нанометровых структур на поверхности материалов. В основе технологии лежит экспонирование (облучение) интерферирующими лазерными лучами светочувствительного слоя (фоторезиста), нанесенного на модифицируемую поверхность. В результате наложения когерентных волн на поверхности фоторезиста формируется интерференционная картина, используемая для последующего травления и создания периодической структуры на поверхности материала.

Условие задачи

Для экспонирования фоторезиста в методе ЛИЛ используется непрерывный гелий-кадмиевый лазер (длина волны $\lambda = 325 \text{ нм}$), направляемый на отверстие малого диаметра, выступающее в роли точечного когерентного источника света. На достаточном удалении от отверстия, таком, чтобы исходящий из него пучок света можно было считать параллельным,

6

устанавливается интерферометр Ллойда, представляющий собой плоское зеркало, закрепленное перпендикулярно к поверхности образца, покрытого слоем фоторезиста (см. рис.). Определить период p образующейся на поверхности фоторезиста интерференционной картины (расстояние между двумя соседними интерференционными максимумами или минимумами), если известно, что пучок света падает на образец под углом $\theta = 30^\circ$. Какого минимального периода p_{min} для массива интерференционных полос можно достичь, вращая интерферометр Ллойда в плоскости падения пучка?



3-11. Физика (11 класс). Нанопипетка

Нанопипетку — открытую с обеих сторон органическую нанотрубку внутренним диаметром $D = 100$ нм и длиной $L = 1$ мм — опускают наполовину в плотный раствор ($\rho = 10$ г/см³, коэффициент поверхностного натяжения $\sigma = 0.25$ мкН/м). После этого нижнее отверстие пипетки закрывают и вынимают ее из раствора. Определить количество капель N , вытекших из пипетки под действием силы тяжести после ее открывания. Каков объем каждой капли V_k ? Какова высота столба раствора H , оставшегося в пипетке? Считать, что раствор полностью смачивает стенки нанотрубки. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

4-11. Физика (11 класс). Необычная память.

Квантовая точка — фрагмент проводника или полупроводника, ограниченный по всем трём пространственным измерениям, может нести электрический заряд, а следовательно может рассматриваться, как конденсатор. Известно, что динамическая оперативная память в компьютерах построена на конденсаторах, а плотность записи информации продолжает расти.

Предположим, что роль конденсаторов играют квантовые точки $d = 2$ нм в диэлектрике. Диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon = 2$, а квантовой точки $\epsilon = 3$. Поле пробоя диэлектрика $E_0 = 10^6$ В/см.

Найти, какое максимальное количество электронов может захватить точка, чтобы не наступил пробой (2 балла). Чему равна ёмкость такой точки (2 балла)? Найти максимальное напряжение, которое может быть приложено к точке (1 балл)?

ВАРИАТИВНЫЕ ЗАДАЧИ (для всех)

1. Кубическую наночастицу серебра с ребром 40 нм разрезают вдоль плоскости, перпендикулярной диагонали куба. Определите площадь сечения и массу наночастицы. Плотность серебра принять равной $10,5 \text{ г/см}^3$. **(2 балла)**

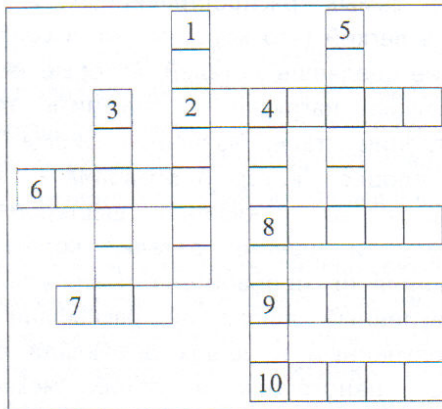
 9. На золотой подложке с микроэлектродами находится вытянутая перпендикулярно электродам нервная клетка улитки, скорость передачи импульса по которой составляет 1 см в секунду. Какова длина нервной клетки, если в начальный момент времени клетку возбудили электрическим импульсом на левом электроде, а правый электрод получил сигнал через 1 мс **(2 балла)**?

 13. Стеклокерамика - это стекло, в котором равномерно образовались внутри стеклообразной матрицы нанокристаллы, которые могут упрочнить стеклокерамику, изменить ее коэффициент термического расширения и цвет. Где размеры выделившихся нанокристаллов больше - в специальной прозрачной посуде для микроволновки или в стекле молочного цвета? Ответ кратко поясните. **(2 балла)**

 18. Что тяжелее - нанограмм наночастиц карбида вольфрама или нанограмм углеродных нанотрубок **(2 балла)**?

 24. Сколько кластеров Au_{256} получится из 1 грамма золотохлористоводородной кислоты $\text{H[AuCl}_4\text{]}$? **(2 балла)**
-

1-789. Общая задача (7, 8, 9 класс). Кроссворд «Наномир»



(за каждое угаданное слово - 0.2 балла)

- 1) Опасная "свободная частица", от которой может защитить фуллерен.
- 2) Важный параметр нанотрубки
- 3) Бывает нанокатализатором
- 4) Был физиком, стал единицей длины в наномире
- 5) Это – мебель, но имеет отношение к нанотрубкам
- 6) "Нано"рыба

- 7) Его «сверх» хорошо проводит соединение K_3C_{60}
- 8) Прилипчивое изобретение американцев, с помощью которого был открыт графен
- 9) Спортивная игра, в которой снарядом служит предмет, похожий на C_{70} .
- 10) Тысяча нано

Дополнительный вопрос. Подумайте и объясните, какие из известных Вам предметов (объектов), которые связывают в средствах массовой информации с нанотехнологиями, с ними совершенно не связаны и почему (1 балл)? А какие из объектов, которые не называют нанотехнологическими, на самом деле имеют отношение к наномиру (2 балла)?

2-789. Химия (7, 8, 9 класс). Чистота - залог победы

Фотоника - область науки и техники, которая использует свет для передачи и обработки информации. В частности, очень большое значение играет оптоволокно, которое получают с использованием *особо чистых* кварцевых трубочек (диоксид кремния, SiO_2), на внутреннюю поверхность которых наносят из пара летучие соединения германия, которые при последующем нагреве, размягчении стекла и вытягивании в тонкое цельное волокно переходят в диоксид германия (GeO_2). В конечном оптоволокне граница раздела между диоксидом кремния и диоксидом германия удерживает свет внутри самого волокна за счет полного внутреннего отражения, поэтому его можно передавать на большие расстояния, например, по дну океана.

Почему так сильно заботятся о чистоте реагентов и даже проводят процесс в "чистых комнатах" (как разные примеси могут навредить оптоволокну) (2 балла)? Что будет, если оптоволокно очень долго при получении держать при повышенной температуре (1 балл)?

3-789. Химия (7, 8, 9 класс). Алюминий прочнее стали

Сегодня алюминий - один из самых распространенных и широко используемых металлов. Он очень легкий (что хорошо), но, к сожалению, очень мягок и поэтому из него не сделаешь деталей, которые могли бы выдержать серьезные механические нагрузки и заменить тяжелую, ржавеющую, дорогую в изготовлении сталь. Известная фирма "Байер" предложила совершенно новый процесс, который позволил - таки при сохранении малого веса сделать из алюминия шестеренки для автомобильного двигателя, болты и другие детали, которые при изготовлении из обычного алюминия не проработают и минуты. Секрет заключался в том, что расплавленный алюминий распыляли струей химически инертного газа, в полученный порошок добавляли около 5 массовых процентов углеродных нанотрубок и потом механически штамповали нужную деталь.

Объясните, зачем было нужно брать инертный газ (2 балла)? В чем заключалась роль углеродных нанотрубок и почему их просто не добавляли в исходный расплав (2 балла)? Почему алюминий не ржавеет (1 балл)?

4-789. Химия (7, 8, 9 класс). Да будет свет!

Искусственный свет - одно из величайших достижений современной цивилизации. Одной из проблем первых ламп накаливания с вольфрамовой спиралью была примесь паров воды в заполняющем их газе.

Почему для таких ламп выбирают именно вольфрам (1 балл)? Что происходит в случае присутствия паров воды, подтвердите Ваше мнение с помощью уравнений реакций (1 балл), объясните физические причины быстрого "перегорания" лампочки (1 балл)?

Какое вещество можно добавить в "атмосферу" лампочки для того, что воспрепятствовать быстрому выходу лампочки из строя, напишите уравнения реакций (1 балл). Как называется такой тип ламп (1 балл)?

Какие Вы знаете более современные источники света, кроме ламп накаливания, и как они работают (2 балла)? Можете ли Вы привести способы воспламенения горючих материалов с образованием тепла и света с помощью химических реакций без использования открытого пламени (2 балла)?

5-789. Химия (7, 8, 9 класс). "Буран"

Чудо российской техники - космический корабль многоразового использования "Буран", в полностью автоматическом режиме слетавший в открытый космос и успешно вернувшийся на земную поверхность, снизу (как было видно на фотографиях) совершенно черный еще до взлета из - за специальных пластинок, покрывающих днище.

Что это может быть за материал и каковы химические и физические причины того, что берет именно его (2 балла)? Почему он покрывает именно нижнюю часть "Бурана" (1 балл)? Почему перед каждым полетом эти специальные пластинки нужно обязательно менять, напишите уравнения возможных реакций (1 балл)? Почему этот материал (или подобные ему) было предложено металлизировать, то есть заполнять поры металлом (1 балл)?

1-10. Химия (10 класс). Суператомы

Среди упаковок атомов в форме многогранников для наночастиц особое значение имеет икосаэдрическая упаковка.

Почему маленькие нанокластеры в форме икосаэдров обычно стабильнее нанокластеров в форме, например, куба или тетраэдра? (1 балл)

Кластеры AB_{12} состоят из центрального атома А, вокруг которого в вершинах икосаэдра расположены 12 атомов В. Наиболее стабильны такие икосаэдрические кластеры, в которых расстояние между соседними атомами минимально.

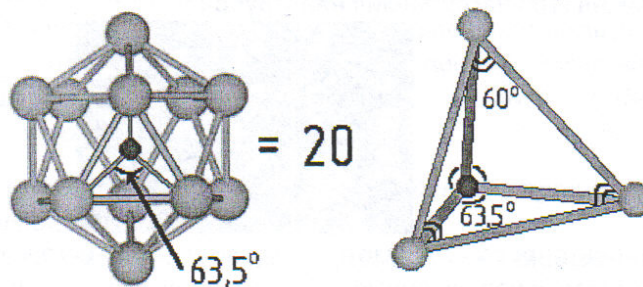


Рис. 1. Икосаэдр можно представить как сложенные вершина к вершине 20 треугольных пирамид. Угол при вершине равнобедренного треугольника в этих пирамидах равен примерно $63,5^\circ$, т.е. больше, чем в тетраэдре (60°).

4

Почему при одновременном лазерном испарении алюминия и висмута образуется кластер $AlBi_{12}$, а не $BiAl_{12}$? Ответ поясните расчетами. (2 балла)

Маленькие нанокластеры можно рассматривать как гигантские суператомы. Их электронные оболочки состоят из водородоподобных орбиталей, которые заполняются валентными электронами всех атомов, входящих в состав нанокластера.

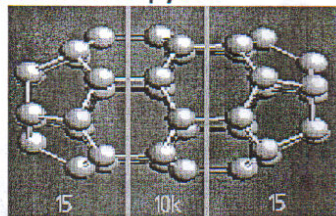
Расчеты по простейшей квантово-механической модели показывают, что для суператомов отсутствует ограничение, накладываемое на значение орбитального квантового числа ($l \leq n$), и для любого n существуют s, p, d, f, g, \dots орбитали. Для порядка заполнения орбиталей, как и в случае обычных атомов, действует правило наименьшего $n+l$. Количество электронов в N -ной электронной оболочке суператома составляет $N(N+1)$.

Электронные конфигурации нанокластеров, отвечающие полностью заполненным оболочкам, аналогично электронным оболочкам инертных газов, обладают повышенной устойчивостью. Общее число электронов в таком кластере называется «магическим числом».

Рассчитайте, сколько электронов требуется для заполнения каждой из первых пяти оболочек суператома, и найдите первые 5 «магических чисел». Найдите предпочтительный заряд кластера $AlBi_{12}$. (3 балла)

Сколько электронов содержат заполненные s, p, d, f, g орбитали? Запишите электронные конфигурации каждого из первых 5-ти уровней суператома, а также полную электронную конфигурацию кластера $AlBi_{12}$ в предпочтительной степени окисления. (3 балла)

2-10. Химия (10 класс). Химия нанотрубок



Концентрированная азотная кислота при нагревании разрывает и окисляет самые напряженные C-C связи в углеродных наноматериалах.

Какие связи в самой тонкой нанотрубке (см. рисунок) являются самыми напряженными? Какие функциональные группы появляются на концах нанотрубки, если происходит разрыв и полное окисление только этих связей? (1 балл)

5

Запишите уравнение реакции самой тонкой нанотрубки C_{30+10k} с концентрированной HNO_3 , если известно, что выделяющийся в результате реакции газ при пропускании через известковую воду не вызывает ее помутнения. (2 балла)

Образец, состоящий из смеси двух ближайших гомологов ряда C_{30+10k} самых тонких нанотрубок, обработали избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании. После выделения и просушивания оказалось, что масса образца увеличилась на 10,24%. Напишите формулы этих гомологов и определите их молярные доли в смеси (считайте, что реакция протекает количественно). Приблизительно оцените длину окисленной формы большего гомолога. Длину C-C связей примите равной 0,142 нм. (4 балла)

Для чего применяется такая обработка нанотрубок? Где могут быть использованы полученные материалы? (2 балла)

3-10. Химия (10 класс). Наностержни для медицины

Гномик Кобдик решил заработать на инновационном продукте - полупроводниковых наностержнях германия, которые можно использовать в наномедицине. Взяв провод, который к тому же оказался алюминиевым, Кобдик погрузил его в электролит и приложил положительный потенциал. Через некоторое время, посчитав, что алюминий достаточно окислился, он вынул его, промыл и погрузил на несколько секунд в раствор тетрахлораурата натрия. Затем снова промыл, высушил и прокалил при $300^\circ C$. После этого Кобдик поместил провод в камеру с германиевой плазмой и выдерживал там достаточно продолжительное время (зачем?). Затем он дедовским полировальным станком сверхтонкой обработки снял избыток германия и отполировал поверхность до равномерной толщины, равной толщине исходной оксидной плёнки. Опустив провод в раствор плавиковой кислоты Кобдик дождался появления пузырей водорода и только после этого выбросил злополучный провод. После нейтрализации и наночистки раствора плавиковой кислоты Кобдик выделил наностержни германия.

Подробно (с реакциями) опишите проведенные процессы и назначение каждой операции. (8 баллов)

Какой длины получились наностержни, если площадь алюминиевого провода равна 2 см^2 , сила тока была равна 1 Ампер, время анодирования 20 сек, а пористость полученной плёнки составляла 70%. Плотность $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ - $3,65 \text{ г/см}^3$ алюминия - $2,67 \text{ г/см}^3$. (3 балла)

Для чего в медицине можно использовать полученный продукт (2 балла)?

6

1-11. Химия (11 класс). Ферромагнитная жидкость

Для синтеза магнитного наноматериала использовали 200 мл 0,06 М раствора нитрата марганца(II), 100 мл 0,08 М раствора нитрата цинка и 400 мл 0,1 М раствора нитрата железа(III). Полученную смесь нагрели до 50°C и подействовали на нее 40 мл 4 М гидроксида натрия. Добавление в раствор олеиновой кислоты и последующее выдерживание реакционной смеси при 90°C в течение часа привело к образованию ферромагнитной жидкости.

Установите формулу полученного соединения, зная, что исходные вещества были смешаны в стехиометрическом количестве (4 балла).

Для какой цели использовали олеиновую кислоту (1 балл)?

Что представляет собой ферромагнитная жидкость (1 балл)?

Как ферромагнитная жидкость может быть использована (1 балл)?

2-11. Химия (11 класс). Рукописи не горят.

В научно - фантастической трилогии "Дюна" использовали особую "ридулианскую кристаллическую бумагу", тонкую, негорючую, практически вечную. Технология создания такой бумаги и записей на ней была непростой. Для создания бумаги мастера ридулиан брали тонкую титановую фольгу, помещали её в электролит и подавали положительный потенциал. Через некоторое время фольгу промывали и нагревали. Бумага была готова. Для нанесения информации на титановый слой подавали положительный потенциал, заливали поверхность бумаги раствором 2,6-дигидрокситерефталата натрия и тончайшей платиновой проволокой, на которую подавали отрицательный потенциал, проводили запись. Затем промывали и прокаливали при температуре 700°C, пропуская ток по титановой фольге. Продукты, накопленные в ячейках бумаги, превращались в углерод и навсегда фиксировались.

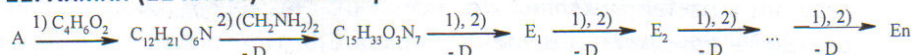
Опишите схему процессов, протекающих при создании ридулианской бумаги, используя, где возможно, соответствующие уравнения реакций (3 балла)

Опишите процессы, протекающие при нанесении записи. В чём преимущество 2,6-дигидрокситерефталата натрия перед терефталатом натрия? (5 баллов)

Каждая информационная ячейка бумаги имеет вид цилиндра, диаметром 10 нм и длиной 200 нм. Плотность продуктов электролиза примите равной 1,1 г/см³. Определите силу тока, протекающую при формировании записи, если игла заполняет ячейку за 2 секунды. (3 балла)
Как считывать информацию с этой бумаги? (1 балл)

7

3-11. Химия (11 класс). Полимер



Вещество **A** (бесцветный газ с характерным запахом, используется в виде водного раствора в медицине) реагирует с избытком легкополимеризующейся жидкости **B** ($C_4H_6O_2$), с образованием единственного продукта реакции **C** ($C_{12}H_{21}O_6N$). Вещество **C** реагирует при нагревании с избытком этилендиамина $(CH_2NH_2)_2$ с образованием вещества **E** ($C_{15}H_{33}O_3N_7$) и бесцветной ядовитой жидкости **D**, которая может использоваться в топливных элементах. При применении к **E** последовательно стадий 1) и 2) далее получают вещества $E_1, E_2 \dots E_n$.

*Установите структуру соединений **A, B, C, D, E** и напишите уравнения реакций для первых двух стадий, представленных на схеме. (5 баллов)*

*Можно ли в рамках описанного синтеза вместо **A** использовать его метил-, диметил-, триметилпроизводные? Ответ обоснуйте. (1 балл)*

Установите структуру E_1, E_2, E_n . Выведите формулу для нахождения молярной массы E_n . (2 балла)

Что является мономерным звеном данного полимера? К какому классу полимеров относится E_n ? (1 балл)

Приведите не менее трех разных примеров возможного применения таких полимеров. (2 балла)

4-11. Химия (11 класс). Темплатный синтез

Темплатный синтез играет значительную роль в нанотехнологиях. В ходе такого синтеза некоторый вспомогательный готовый шаблон помогает контролировать размер и структуру продукта, а также может задавать направление реакции.

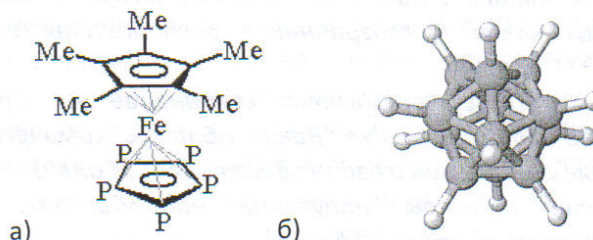


Рис. 1. Структура молекул а) пентафосфо-пентаметилферроцена $(C_5Me_5)Fe(P_5)$ и б) псевдоикосаэдрического орто-карборана $C_2B_{10}H_{12}$ (атомы углерода и бора показаны одним цветом).

Так, реакция между $(C_5Me_5)Fe(P_5)$ и $CuCl$ протекает с образованием донорно-акцепторных связей фосфора с медью. Главным продуктом этой

8

реакции в растворе является полимер $\{(C_5Me_5)Fe(P_5)\}_x\{CuCl\}_y$. Однако эта же реакция в присутствии *орто*-карборана $C_2B_{10}H_{12}$ приводит к формированию сферической замкнутой фуллереноподобной молекулы **A** (Рис. 2).

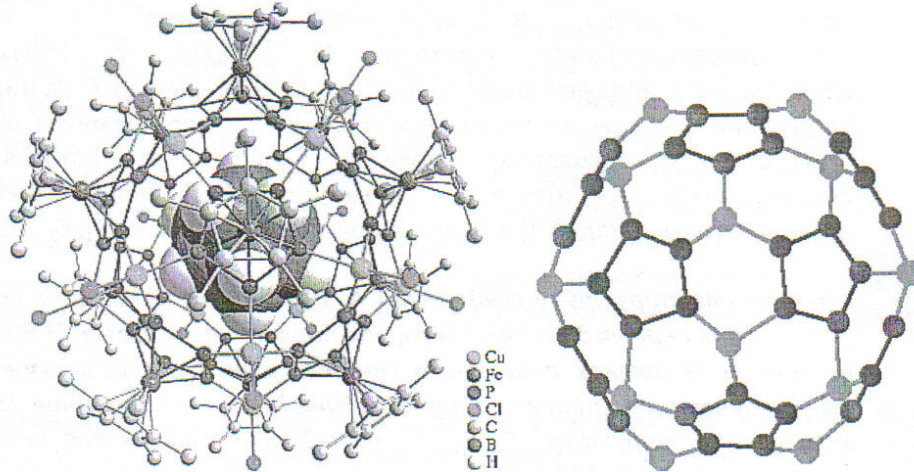


Рис. 2. Структура дианиона **A** и структура фосфорно-медной оболочки **A**. Каждый атом меди образует 3 связи с атомами фосфора, и каждый атом фосфора образует связь с одним атомом меди. Атомы хлора находятся над атомами меди, пространственное взаиморасположение групп ферроцена $(C_5Me_5)Fe(P_5)$ в составе **A** не изменяется.

*Какое из перечисленных выше веществ является в этой реакции темплатом? Из каких циклов состоит фосфорно-медная оболочка **A**? Сколько молекул $(C_5Me_5)Fe(P_5)$ входит в состав **A**? Сколько молекул $CuCl$ входит в состав **A**? Напишите уравнение реакции образования **A**. (4 балла)*

*Аналогом какого фуллерена является фосфорно-медная оболочка **A**? В вершинах каких многогранников расположены атомы меди, хлора, железа? (2 балла)*

*К какому классу относится соединение **A**? Приведите несколько примеров таких молекул. Какая область химической науки изучает подобные соединения и взаимодействия? (3 балла)*

Напишите примеры получения нанобъектов с использованием темплатного синтеза. (2 балла)

РЕШЕНИЯ

Многоликий элемент (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Этот элемент – углерод, существующий в природе в виде алмаза, известного всем драгоценного камня, либо в виде не менее известного графита.

История общения человека с этим веществом уходит во времена доисторические. Имя первооткрывателя углерода неизвестно, неизвестно и то, какая из форм элементарного углерода – алмаз или графит – была открыта раньше. Люди не сразу пришли к пониманию того, что благороднейший алмаз и невзрачный уголь – близнецы. Между тем, установить это было совсем просто: в один прекрасный день с помощью линзы сконцентрировали солнечные лучи на кристаллике алмаза, помещенного под стеклянный колпак. Алмаз сгорел, а под колпаком образовался углекислый газ – тот же самый, что образуется при горении угля. И графит, и алмаз состоят из одинаковых, только углеродных, атомов. Любой кристалл алмаза, даже огромный, шестисотграммовый знаменитый алмаз «Куллинан», – это углерод.

В графите атомы расположены в плоскости. Эти плоскости образуют достаточно плотную пачку, слои которой соединены между собой достаточно слабыми силами межмолекулярного взаимодействия. Вот почему так просто – даже от соприкосновения с бумагой – расслаивается графит.

Именно особенности молекулярного строения объясняют огромную разницу в свойствах графита и алмаза. Графит мягкий, легко расслаивается, алмаз – самое твердое вещество в природе. Графит отлично проводит тепло и электричество, алмаз – изолятор. Графит совершенно не пропускает света – алмаз прозрачен. Классической формой углерода является также более экзотический полимерный карбин.

Если имеется одиночный слой графита, то говорят о графене, в котором связи между атомами углерода являются ковалентными, прочными, а часть электронов делокализована по этой сетке. Впервые графен получила группа исследователей под руководством Новоселова и Гейма в 2005 году, а в 2010 они же получили Нобелевскую премию по физике. Если одиночный слой графена свернуть, то получается углеродная нанотрубка. Углеродные нанотрубки являются одним из самых прочных материалов, могут обладать хорошей электропроводимостью и другими полезными свойствами. Еще одна форма – фуллерен, за открытие которого в 1996 г. была присуждена Нобелевская премия. Фуллерен, возможно, будет использоваться в наномедицине и альтернативной энергетике.

Металлы (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Металлы составляют значительную часть простых веществ, отвечающих элементам периодической таблицы Д.И.Менделеева. Есть и лёгкие металлы, которые плавают в воде, как пробка. Литий – это серебристо-белый металл. Он вдвое легче воды и в 15 раз легче железа. Литий входит в состав более 150 минералов, он есть почти в каждом камне и поэтому получил такое название: «литос» в переводе с греческого означает «камень».

Один самых прочных и практически важных - металл серебристо-белого цвета, который называется титаном. Титан в 12 раз твёрже алюминия, в 4 раза твёрже железа и меди. Если раскалить другие металлы, они сразу теряют свою прочность. Но титан сохраняет свою прочность и при 500 градусах (поскольку покрыт прочной защитной оксидной пленкой). С точки зрения химика самыми прочными (но менее практически полезными, потому что они дороже и тяжелее титана) могут считаться, например, иридий, осмий, рений и вольфрам. Очень мягкими являются щелочные металлы. Ртуть жидкая, как и многие ее сплавы (амальгамы). Могут быть жидкими при комнатной температуре и другие сплавы, например, натрия и калия (используется как теплоноситель в "горячем" контуре атомных электростанций), а также, например, индия и галлия.

Горит, например, магний, алюминий, хотя в обычных условиях их защищает оксидная пленка. Все щелочные достаточно легко могут воспламениться на воздухе или при контакте с водой, очень активны щелочноземельные металлы, большое число металлов в виде мельчайших частиц может вспыхнуть сами по себе на воздухе из-за их большой площади поверхности ("пирофорные" формы металлов). Достаточно инертным металлом является золото (серебро и платина, например, существенно более химически активны), которое поэтому не проявляет явных токсичных свойств.

Наночастицы серебра используются в производстве прозрачных проводящих покрытий, составляя тем самым конкуренцию пленкам на основе углеродных нанотрубок, графена, а также убивают вирусы и микробы. Фильтры для очистки воды и воздуха на основе этих наночастиц гораздо более эффективны и долговечны по сравнению с ионными фильтрами. Наночастицы золота могут использоваться в биомедицинских целях. Ряд наночастиц (никель, платина, палладий) используются в составе каталитических систем. В целом, использование наночастиц металлов сильно ограничено их высокой химической активностью в силу большой площади поверхности, поэтому наночастицы свободных металлов не очень широко используются (за исключением наночастиц серебра, золота, платины). Однако наночастицы соединений металлов чрезвычайно широко распространены.

Волшебный паучок (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

1. Длина окружности $L = 2\pi R$, обозначим L_1 – длина паутины, $L_1 = 5 \times 2 \pi R$.

Предположим, паутина в сечении представляет цилиндр, объем цилиндра находим по формуле:

$$V = \pi r^2 h, L_1 = h, V = \pi r^2 \times 10 \pi R, \text{ где } R \text{ – радиус Земли.}$$

$$V = 475,56 \times 10^{-12} \text{ м}^3,$$

$$m = \rho \times V,$$

$$m = 4,75 \times 10^{-6} \text{ кг.}$$

2. Пусть a – сторона ромба.

$a = 12/4 = 3$ см. AC, BD – диагонали. $AC = d_1, BD = d_2$. Имеем систему уравнений

$$\begin{cases} (d_1/2)^2 + (d_2/2)^2 = 9 \\ d_1 + d_2 = 8 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} d_1^2 + d_2^2 = 36 \\ d_1^2 + d_2^2 + 2d_1d_2 = 64 \end{cases}$$

Из этой системы можно получить $d_1d_2 = 14$.

Площадь ромба $S = 0,5d_1d_2 = 7 \text{ см}^2$.

Для более точного расчета площади ромба можно, в принципе, учесть "ободок", занятый паутиной, однако у этого ободка, конечно, будет очень маленький вклад.

3. В последнее время паутину пытаются использовать при изготовлении оптических волокон. Для этого паутину покрывают силикатным клеем, сушат и подвергают термообработке при высоких температурах. Паутина выгорает, остается капилляр из оксидных соединений кремния. Паутина или полимеры, обладающие аналогичными свойствами, могли бы стать идеальными материалами для легких бронежилетов. В народной медицине есть такой рецепт: на рану или ссадину, чтобы остановить кровь, можно приложить паутину, аккуратно очистив ее от застрявших в ней насекомых и мелких веточек. Оказывается, паутина обладает кровеостанавливающим действием и ускоряет заживление поврежденной кожи {просьба не повторять на себе, поскольку это не вполне надежный рецепт "народной медицины"}. Хирурги и трансплантологи могли бы использовать ее в качестве материала для наложения швов, укрепления имплантантов. С помощью паутины можно существенно улучшить механические свойства множества материалов, которые в настоящее время применяются в медицине.
4. Когда паутина намокает, она сильно сокращается (это явление получило название суперконтракции). Это происходит потому, что молекулы воды проникают в

волокно и делают неупорядоченные гидрофильные участки более подвижными. Если паутина растянулась и провисла от попадания насекомых, то во влажный или дождливый день она сокращается и при этом восстанавливает свою форму.

5. Каждая лапка паука, а у него их обычно 8, состоит из десятков тысяч тонких щетинок, способных приблизиться до молекулярных расстояний к поверхности, что приводит к проявлению так называемых сил Ван-дер-Ваальса. Общая сила сцепления может достигать больших значений и удерживать вес, во много раз превышающий массу паучка. Хотя до знаменитой ящерицы геккона паучку все равно далеко.

Конец света? (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Красный цвет является результатом действия уникальных бактерий галофилов, которые активно размножаются в лишенной кислорода воде. Фотосинтезирующим пигментом у этих бактерий является не хлорофилл, а (бактерио)родопсин – вещество (белок), похожее на то, которое служит "светоприемником" в наших глазах (колбочках). Именно оно обуславливает окраску колоний в цвета от розового до красного цвета, что имеет для галофилов немаловажное значение как средство защиты против избыточной радиации, поскольку для их мест обитания характерна обычно высокая освещенность. Поглощение света приводит к генерированию сигнала, по которому бактерии начинают перемещаться по направлению источника света. Фотосенсорная реакция обеспечивает оптимальную для клеток галобактерий пространственную ориентацию, и они концентрируются в зонах с благоприятным для них световым режимом.

Использовать бактериородопсин пытаются в новых, оптических, средах записи информации, а также пока в гипотетических проектах экзотических проектов солнечных батарей. В принципе, размножающуюся в таких водоемах биомассу можно после соответствующей обработки превратить в компоненты пищевых продуктов.

Молочные реки, кисельные берега (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Существует 2 основных типа жидкостей, различающихся по своему отклику на механическое воздействие: ньютоновская ("обычная") и неньютоновская (с "нелинейным" поведением). К ньютоновским жидкостям относят привычные для нас "легко текучие" жидкости, такие как вода, масло, молоко, сок и т.д., вязкость которых не зависит от скорости механического воздействия на нее (в том диапазоне, который мы можем устроить "своими руками"). Полученная водно-крахмальная смесь, хотя и не обладает ярко выраженными текучими свойствами, но все же она также является жидкостью, но уже неньютоновской. Поэтому при увеличении скорости перемешивания она начинает "сопротивляться", то есть "густеет". Очевидно также, что с точки зрения химика такая "жидкость" не является чистым веществом, а является смесью. Для физика это просто жидкость с обычным необычным поведением. Существует несколько видов неньютоновской жидкости в зависимости от типов течения. Рассматриваемая смесь относится к дилатантной, у которой вязкость возрастает при увеличении скорости деформации сдвига, но это уже усложняющие детали. Для собственного интереса попробуйте поискать в интернете, что такое "дурацкая замазка". Сам крахмал - это биополимер и он состоит из нескольких молекул: молекул амилозы, представляющих собой спиралевидные цепочки, и молекул амилопектина, состоящие из разветвленных цепочек глюкозы. Эти молекулы и представлены в художественном виде на рисунке.

История одного открытия (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

1.

- 1) Портрет Архимеда. Архимедовы тела – полуправильные, выпуклые многогранники. Среди них – усеченный икосаэдр, гранями которого являются правильные многоугольники двух типов (отсюда название : полуправильный многогранник Архимедово тело): пятиугольники (12 штук) и шестиугольники (20 штук). У усеченного икосаэдра – 60 вершин. Такую форму имеет молекула C₆₀. Архимед первым описал подобную пространственную фигуру.
 - 2) Геодезический купол. Подобные купола конструировал американский архитектор и изобретатель Бакминстер Фуллер. Молекула C₆₀ по форме совпадает с одной из конструкций Фуллера, и потому была названа БакминстерФуллерен. Для остальных членов семейства используется название «фуллерены».
 - 3) Масс-спектр из работы Крото, Керла и Смолли, опубликованной в 1985 году в журнале «Nature». По оси абсцисс отложены массовые числа. Пики с массовыми числами 720 и 840 соответствуют индивидуальным молекулам C₆₀ и C₇₀. Так фуллерены впервые наблюдались экспериментально! За эту работу авторы удостоены Нобелевской премии.
 - 4) Раствор C₆₀ в толуоле характерного фиолетового цвета. Фуллерены – единственная растворимая аллотропная форма углерода. Лучшие растворители – ароматика (бензол, толуол, орто-ксилол и т.д.) Именно с помощью растворения Кречмеру и Хоффману удалось впервые отделить фуллерены от углеродной сажи и получить твердое вещество – фуллерит (не отдельные газовые молекулы C₆₀!).
2. Таким образом, речь в задаче идет о фуллеренах, которые могут применяться в виде производных в медицинских целях и в солнечной энергетике (другие применения менее вероятны).

Нанолейки (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Таким минералом может быть цеолит, хотя, возможно, особые почвенные структуры, содержащие каолин (и другие типы глин) также могли бы подойти. Цеолиты – это каркасные алюмосиликаты, имеющие особую «пористую» структуру с размером пор 0,4 – 3 нм. Наличие этих полостей обуславливает способность к ионному обмену и определяет высокие сорбционные свойства цеолитов. Благодаря свойству поглощать в кристаллический каркас молекулы воды и другие химические соединения, цеолит может использоваться как своеобразная емкость для "хранения" воды. В момент засухи цеолит может постепенно отдавать поглощенную влагу.

Фейерверк цвета (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Подобный перелив ("иризация") обусловлен особенностью оптических свойств фотонных кристаллов, состоящих из правильно "уложенных" элементов (шариков, полосок, чешуек), которые бабочки «изобрели» задолго до того, как ученым удалось синтезировать фотонные кристаллы в лаборатории. Наблюдаемая в фотонных кристаллах периодичность расположения микроэлементов приводит к изменению оптических свойств в зависимости от "угла зрения". Фотонный кристалл влияет не только на «радужность» крыльев, но и, в принципе, на количество поглощаемой ими энергии света.

Штурмовая лестница (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

Закон сложения скоростей. Обозначим скорость движения наноробота относительно эскалатора через V_{12} , а скорость эскалатора относительно земли через V_2 . При решении данной задачи будем учитывать то, что перемещение наноробота относительно Земли во всех рассматриваемых случаях одинаково. Обозначим это перемещение через S . Расстояние от ступеньки до ступеньки равно l_0 . Пусть наноробот идет по ходу эскалатора. Выберем ось OX по ходу движения эскалатора. Из закона сложения скоростей найдем величину скорости наноробота относительно Земли:

$$V_1 = V_{12} + V_2, \text{ OX: } V_{1x} = V_{12x} + V_{2x}, V_1 = V_{12} + V_2.$$

Так же находим величину скорости наноробота V_1' в том случае, когда он увеличил свою скорость втрое:

$$V_1' = 3 \times V_{12} + V_2, \text{ OX: } V_{1x}' = 3 \times V_{12x} + V_{2x}, V_1' = 3 \times V_{12} + V_2.$$

Время движения человека со скоростью $V_{12} - t$, а время движения наноробота со скоростью $3V_{12} - t'$. Выразим перемещение наноробота относительно Земли в первом случае через время и скорость движения относительно Земли:

$$S_x = V_{1x} \times t, S = (V_{12} + V_2) \times t,$$

$$S_x = V_{1x}' \times t', S = (3V_{12} + V_2) \times t',$$

$$(V_{12} + V_2) \times t = (3V_{12} + V_2) \times t'.$$

Выразим величину вектора перемещения наноробота относительно эскалатора когда он насчитал n_1 ступенек и n_2 :

$$S_{12} = n_1 \times l_0, S_{12}' = n_2 \times l_0.$$

$$S_{12} = V_{12} \times t, S_{12}' = 3 \times V_{12} \times t'.$$

$$n_1 \times l_0 = V_{12} \times t, n_2 \times l_0 = 3 \times V_{12} \times t'.$$

$$l_0 = (V_{12} \times t) / n_1, n_2 \times (V_{12} \times t) / n_1 = 3 \times V_{12} \times t',$$

$$t = (3 n_1 / n_2) \times t'.$$

$$S_x = V_{1x} \times t, S = (V_{12} + V_2) \times (3 n_1 / n_2) \times t',$$

$$S_x = V_{1x}' \times t', S = (3V_{12} + V_2) \times t',$$

$$(V_{12} + V_2) \times (3 n_1 / n_2) \times t' = (3V_{12} + V_2) \times t',$$

$$V_2 = V_{12} \times (3(1 - n_1 / n_2) / (3 n_1 / n_2 - 1)).$$

Количество ступенек на неподвижном эскалаторе равно отношению его длины, т.е. величины перемещения наноробота относительно Земли S к расстоянию между ступеньками l_0 :

$$S / n_1 \times l_0 = ((V_{12} + V_2) \times t) / V_{12} \times t,$$

$$S / l_0 = n_1 \times (1 + V_2 / V_{12}).$$

$$N = S / l_0 = n_1 \times (1 + (V_{12} \times (3 \times (1 - n_1 / n_2) / ((3 \times n_1 / n_2) - 1)) / V_{12})) = n_1 \times (1 + (3 \times (1 - n_1 / n_2) / ((3 \times n_1 / n_2) - 1))),$$

$$N = 50 \times (1 + (3 \times (1 - 50/75) / ((3 \times 50/75) - 1))) = 100.$$

100 ступенек наноробот насчитал бы на неподвижном эскалаторе.

Хранение водорода (2012, отборочный тур, задачи для начинающих, 7 – 8 класс)

1. Рассчитаем массу водорода в контейнере по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$2 * 10 * 10 / 0.082 / 298 / 1000 = 0.00818 \text{ kg}$$

Найдем $w\%$:

$$w\% = 0.00818 / 5 * 100 = 0.164$$

Найдем V :

$$V = 0.00818 / 10 = 0.000818 \text{ kg} / \text{dm}^3$$

2. Рассчитаем массу водорода, адсорбированного трубкой, а затем $w\%$ и V :

$$0.0002560 - 0.0002394 = 0.0000166 \text{ kg}$$

$$w\% = 0.0000166 / 0.0002560 * 100 = 6.50$$

$$V = 0.0000166 / 0.0002560 * 0.47 = 0.031 \text{ kg} / \text{dm}^3$$

3. Подсчитаем $w\%$:

$$w\% = 1 / 13 * 100 = 7.7$$

Расчет V вызывает трудности, поскольку графан является двумерным материалом. Предлагается следующее решение. Представим объем многогранника, в основании которого находится правильный шестиугольник, состоящий из атомов углерода, а высота равна длинам двух связей С-Н плюс толщина графеновой плоскости.

$$V_{\text{объем}} = 3 / 2 * a^2 * \sqrt{3} * h = 3 / 2 * (1.52)^2 * \sqrt{3} * (2.11 + 0.77) = 1.79 * 10^{-26} \text{ dm}^3$$

Оценим теперь объёмную емкость. Внутри рассчитанного объема находятся шесть атомов водорода, однако каждый из них считается три раза (принадлежит трем шестиугольникам). Поэтому,

$$V = 2 * 1.66 * 10^{-27} / 1.79 / 10^{-26} = 0.18 \text{ kg} / \text{dm}^3$$

Для более детального расчёта нужно “решить” тригональную пирамиду, так как сетка графана не плоская. Толщина будет равна 2 С-Н + высота пирамиды. Угол при вершине пирамиды равен 109,5 градусов (тетраэдрический, для sp^3 -гибридного углерода).

4. Именно параметры графана превосходят целевые параметры, предложенные Министерством энергетики США.

График и таблица (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

По графику видно, что двусторонней конфигурации всегда соответствует меньшая разность потенциалов, чем односторонней. Поэтому ошибки в строках №№3, 8 и 10.

Время в наномире (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Поскольку размеры частицы золота малы по сравнению с длиной стержня, можно заменить частицу золота материальной точкой, расположенной в центре частицы, то есть на расстоянии $160 + 5 \cdot 0,5 = 162,5$ нм от точки крепления стержня. Подставляя в формулу $l = 162,5$ нм, $\pi \approx 3,14$ и $g \approx 9,8$ м/с², получаем $T \approx 8,0867364 \cdot 10^{-4}$ с $\approx 0,8$ мс.

Мнения экспертов (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Разберём все возможные случаи.

Ошибся 1-й эксперт

Из утверждений второго и третьего экспертов следует, что материал А перспективнее как материала В, так и материала С, то есть является самым перспективным. Но это означает, что первый эксперт был прав. Следовательно, этот случай невозможен.

Ошибся 2-й эксперт

Поскольку 2-й эксперт неправ, а 3-й прав, материал А перспективнее материала С, но менее перспективен, чем материал В. Значит, материал В — самый перспективный, и первый эксперт ошибся. Но по условию ошибся только один эксперт, значит этот случай тоже невозможен.

Ошибся 3-й эксперт

Поскольку 2-й эксперт прав, а 3-й неправ, материал А перспективнее материала В, а материал С перспективнее материала А. Значит, С — самый перспективный, затем А, и на последнем месте В. Это согласуется с мнением первого эксперта. Значит, этот случай возможен.

Итак, из трёх случаев возможен только один. Значит, наиболее перспективен материал С.

Изготовление фуллеренов (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Пусть старая установка может изготавливать n фуллеренов в неделю. Выразим через n объём заказа.

Старые установки будут работать все 4 недели. Каждая из них изготовит $4n$ фуллеренов, поэтому все они изготовят $90 \cdot 4n = 360n$ фуллеренов.

Новые установки будут работать 3 недели. Каждая из них изготовит по $2 \cdot 3n = 6n$ фуллеренов, поэтому все они изготовят $30 \cdot 6n = 180n$ фуллеренов.

Поэтому общий объём заказа составляет $360n + 180n = 540n$ фуллеренов. Если будут работать только старые установки, то на выполнение заказа уйдёт $540n / 90n = 6$ недель, то есть $7 \cdot 6 = 42$ дня.

Теорема Пифагора (2012, отборочный тур, математика, 9 – 11 класс)

Да, получится. Например, они могут сложить треугольник со сторонами 3, 4 и 5 нанотрубок, то есть $3 \cdot 200 = 600$, $4 \cdot 200 = 800$ и $5 \cdot 200 = 1\,000$ нанометров.

Тайное становится явным (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

На неподвижную наночастицу будут действовать две силы: сила тяжести mg , где g – ускорение свободного падения, m – масса наночастицы, и сила Архимеда $\rho_w g V$, где ρ_w – плотность воды, а V – объем наночастицы. Как только наночастица начнет оседать, на нее будет действовать сила вязкого трения, определяемая формулой Стокса:

$$F_{mp} = -6\pi\eta r v ,$$

здесь r – радиус наночастицы, а η – динамическая вязкость воды (равная 10^{-3} Па·с). Скорость оседания постоянна и равна отношению "размера" наночастицы и времени оседания (не забудьте выразить все в единых единицах, СИ). С учетом того, что $m = \rho V$, а $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, получаем из второго закона Ньютона:

$$\frac{4}{3}\pi\rho g r^3 - \frac{4}{3}\pi\rho_w g r^3 - 6\pi\eta r v = 0 ,$$

где ρ – плотность материала наночастицы. Преобразуя (2), а также вводя обозначение $\Delta\rho = \rho - \rho_w$, находим значение радиуса r :

$$r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\Delta\rho g}} = 2.7 \text{ нм} .$$

Наночастица и пузырь (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

Поскольку только часть поверхности гидрофобна, сила взаимодействия пузыря и наночастицы ограничена, поэтому слишком большой пузырь будет оторван силой Архимеда от наночастицы. Оценим величину κ , при которой пузырь все еще не отрывается от наночастицы. При этом будем исходить из того, что наночастица неподвижна, т. е. не всплывает и не тонет. В этом случае κ будет минимальной долей гидрофобной поверхности необходимой для поддержания плавучести наночастицы, т. е. наночастица с меньшим κ будет тонуть независимо от размера связанного с ней пузыря.

Итак имеем два уравнения, описывающих данную систему. Второй закон Ньютона, с учетом того, что наночастица неподвижна:

$$\frac{4}{3}\pi\rho_w gR^3 = \frac{4}{3}\pi\Delta\rho gr^3,$$

здесь R – радиус пузыря, в случае с каплей из жидкости плотностью ρ_{liq} необходимо заменить ρ_w на $(\rho_w - \rho_{\text{liq}})$. Максимальная сила сцепления пузыря и нанокристалла равна βS , где β – удельная поверхностная энергия, которую примем равной 40 Н/м^2 , а S – площадь поверхности сцепления. Эта сила в предельном случае равна сумме модулей сил Архимеда, действующей на пузырь вверх, и силы, действующей на наночастицу вниз:

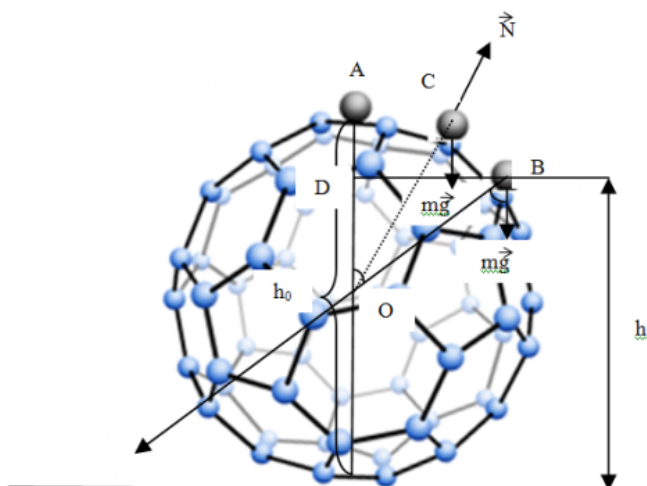
$$\frac{4}{3}\pi\rho_w gR^3 + \frac{4}{3}\pi\Delta\rho gr^3 = 4\pi r^2 \kappa \beta.$$

Подставляя уравнения и исключая R , получаем κ :

$$\kappa = \frac{2\Delta\rho gr}{3\beta} = \frac{2 * 1330 * 10 * 10^{-7}}{3 * 40} = 2.2 * 10^{-5}.$$

Маленький да удаленький (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

1. Пусть в точке B происходит отрыв тела от поверхности фуллерена.



В произвольной точке C на тело действуют две силы: сила тяжести и сила реакции. Обе силы являются консервативными, поэтому механическая энергия тела на участке AB постоянна. Запишем закон сохранения энергии для точек A и B :

$$m \times g \times h_0 + m \times V_0^2 / 2 = m \times g \times h + m \times V^2 / 2.$$

Так как $V_0 = 0$ и $h_0 = 2R$, преобразуем равенство:

$$m \times g \times 2 \times R = m \times g \times h + m \times V^2 / 2.$$

В точке отрыва тела от поверхности на его действует только сила тяжести. Воспользуемся вторым законом Ньютона в точке B в проекции на ось OX

$$m \times a_{\text{ц}} = m \times g \times \cos\beta$$

$$a_{\text{ц}} = V^2 / R.$$

$$m \times V^2 / R = m \times g \times \cos\beta,$$

Из треугольника ODB найдем $\cos\beta$.

$$m \times V^2 / R = m \times g \times ((h - R) / R),$$

$$V^2 = g \times (h - R).$$

$$m \times g \times 2 \times R = m \times g \times h + (m \times g \times (h - R)) / 2,$$

$$h = 5/3 R = 1,18 \text{ нм}.$$

2. Рассмотренное решение совершенно не учитывает того факта, что на указанных масштабах расстояний начнут проявляться взаимодействия (хотя бы ван-дер-ваальсовы), которые нелинейно зависят от величины расстояний. Кроме того, никто не отменял тепловые флуктуации, вызывающие спонтанное изменение положения наночастицы, а также другие возможные явления, характерные для наномира и не учитываемые в простых формулах "макроскопической" механики.

Игра света (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

1. Как видно из уравнения Релея, интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна длине световой волны в четвертой степени, поэтому при увеличении значения величины λ в два раза интенсивность I_p уменьшится в 16 раз.
2. При опалесценции под действием белого света при боковом освещении бесцветные коллоидные системы обнаруживают синеватую окраску, что связано с различной величиной рассеивания лучей различных длин волн, из которых "сложен" белый свет. В соответствии с уравнением Рэля более коротковолновое излучение ("синее") рассеивается лучше, что видно "сбоку". Если луч проходит сквозь коллоид, то остается, соответственно, "дополнительный цвет", то есть коллоид кажется "красноватым" на просвет.
3. Опалесценция зольей, особенно металлических, интенсивнее, чем в растворах высокомолекулярных систем, из-за большей плотности и большего показателя преломления дисперсной фазы. К этому также стоит добавить, что из-за особенностей, связанных с плазмонным резонансом металлических наночастиц, закон Релея к ним не вполне применим, однако все равно и поглощают, и рассеивают металлические наночастицы лучше.

После дождичка в четверг (2012, отборочный тур, физика, 9 – 11 класс)

1. В задаче ненавязчиво проводится мысль, что мы имеем дело с плоским конденсатором. Разумеется, в природе все гораздо сложнее, но очень упрощенная модель вполне правомерно может полагать, что запасенная энергия такого конденсатора $W = \varepsilon_0 \varepsilon S U^2 / (2d)$, при этом площадь пластин S (1 гектар), расстояние между ними d (10 метров) указаны в условии явно, а U берется, исходя из того факта, что это максимально возможное напряжение в таком конденсаторе, деленное на расстояние между пластинами, что равно напряжению пробоя (30 кВ/см). Эта энергия, по условию, равна увеличению потенциальной энергии некоторого количества (n) поднятых вверх капель, то есть $n m g h$, где высота $h = 200$ м. Масса всех сферических капель одинакова и для каждой из них легко считается с учетом их радиуса и плотности воды, $m = (4/3) \pi r^3 \rho_{\text{H}_2\text{O}}$. Таким образом, $n = (3 \varepsilon_0 \varepsilon S U_{\text{пробоя}}^2 d) / (8 \pi r^3 \rho_{\text{H}_2\text{O}} g h) = 3.8 \cdot 10^{21}$. Здесь использован универсальный закон сохранения, впервые сформулированный М.В.Ломоносовым.
2. Сложнее рассчитать массу воздуха, из которой эти многочисленные капли выделяются (предполагается для упрощения, что нужно использовать уравнение состояния идеального газа для смеси газов и паров, составляющих "влажный воздух"). Важно учесть, что пары воды занимают весь объем воздуха, а эту величину можно оценить, зная массу воздуха (ее и нужно найти) и его плотность, что дано в условии. При выделении капель воды масса воздуха (газообразной фазы) уменьшается на массу выделившихся капель, а раз это происходит еще и при другой температуре, то у такого воздуха еще и другая плотность, но это значение специально дано в условии. Таким образом, для двух температур T_1 и T_2 парциальное давление воды $p_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) \cdot m_{\text{возд}} / \rho_{\text{возд}}(T_1) = m_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) \cdot R \cdot T_1 / M_{\text{H}_2\text{O}}$, $p_{\text{H}_2\text{O}}(T_2) \cdot (m_{\text{возд}} - m_{\text{H}_2\text{O}}) / \rho_{\text{возд}}(T_2) = (m_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) - m_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot R \cdot T_2 / M_{\text{H}_2\text{O}}$, где $M_{\text{H}_2\text{O}}$ – молярная масса воды, а $m_{\text{H}_2\text{O}}$ – масса выделившейся в виде капель воды (это другая, жидкая, фаза, для нее неприменимо уравнение идеального газа, а объем пренебрежимо мал по сравнению с окружающим воздухом). Мы имеем 2 уравнения с двумя неизвестными, потому что нам известна из предыдущей части решения суммарная масса выделившихся капель (раз известно их количество и масса каждой): $m_{\text{H}_2\text{O}} = 3.8 \cdot 10^{21} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot (4/3) \cdot 3.14 \cdot (5 \cdot 10^{-8})^3 = 2031 \text{ кг}$ (около двух тонн!). Выражая $m_{\text{H}_2\text{O}}(T_1)$ из уравнения для первой температуры и подставляя это выражение в уравнение для второй температуры, получаем массу воздуха $m_{\text{возд}} = 2031 \cdot (p_{\text{H}_2\text{O}}(T_2) / \rho_{\text{возд}}(T_2) - R T_2 / M_{\text{H}_2\text{O}}) / (p_{\text{H}_2\text{O}}(T_2) / \rho_{\text{возд}}(T_2) - (T_2 / T_1) \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) / \rho_{\text{возд}}(T_1)) = 128435 \text{ кг}$

(более 128 тонн!), надо еще не забывать выражать все величины в системе СИ, а температуру не забыть перевести в температуру по шкале Кельвина.

Алюмоиттриевые гранаты (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)

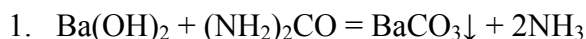
1. $Y_{2,95}Nd_{0,05}Al_5O_{12}$
2. X – лимонная кислота H_3Cyt . Это реакция присоединения (комплексобразование). Комплексы имеют состав $[M(H_3Cyt)_3](NO_3)_3$.
3. Полимер образуется в результате реакции поликонденсации – происходит этерификация молекул лимонной кислоты, координированной металлами, и этиленгликоля (вещество Z). Лимонная кислота трехосновна, поэтому часть карбоксильных групп не задействована в координации и может вступать в реакцию с этиленгликолем. Часто в литературе эта "золь - гель" методика называется методом Печини.
4. Уксусная кислота одноосновна, поэтому не может заменить лимонную. Серная кислота сильная, а сульфат-ионы не образуют комплексы с алюминием и иттрием, устойчивые в водных растворах. Серная кислота также не подходит.
5. При спекании оксидов для получения высокоплотной керамики необходимы очень дисперсные порошки с развитой площадью контакта, в этом случае керамика образуется "без пузырьков" и пор, то есть может являться оптически прозрачной.
6. Кристаллический оксид алюминия не реагирует с азотной кислотой из-за прочной кристаллической решетки (корунд). Его необходимо спекать с содой, затем осадить гидроксид алюминия, пропустив углекислый газ, затем нейтрализовать гидроксид азотной кислотой. Оксиды неодима и иттрия растворяют в азотной кислоте, если они не прокаливались при высокой температуре. Возможны и другие варианты "вскрытия" оксидов (переведения их в растворимое состояние).

Использована статья: Д.В. Мамонов, М.Д. Михайлов, К.Г. Севастьянова, А.В. Семенча, А.С. Тверьянович, А.Л. Шахмин, «Синтез нанокристаллических порошков алюмоиттриевого граната, легированного неодимом», Российские нанотехнологии, том 6, номер 7 – 8, с. 118.

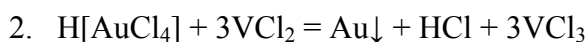
Винни-Пух варит стекло (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)

Добавленный реагент	Окраска стекла	Причина окраски
KMnO_4	пурпурная, фиолетовая	Ионы Mn^{3+} находящиеся в октаэдре из атомов кислорода. Марганец(III) образуется при разложении перманганата и стабилизируется силикатной матрицей
CuSO_4	голубая	Ионы Cu^{2+} находящиеся в октаэдре из атомов кислорода. Медный купорос разлагается до оксида меди(II). В восстановительной атмосфере возможно восстановление меди до наночастиц меди, которые придают стеклу рубиново-красный цвет с фиолетовым оттенком («медный рубин»)
$\text{CdS} + \text{Se}$	рубиново-красная	Образуется селеновый рубин – стекло, содержащее наночастицы селенида кадмия в результате реакции $\text{CdS} + \text{Se} = \text{CdSe} + \text{S}$.
AgNO_3	ярко-желтая	Нитрат серебра разлагается до серебра. Образуется стекло, содержащее наночастицы серебра

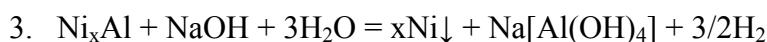
Наночастицы в пробирке (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)



Состав: карбонат бария. В данном случае частицы практически не находят практического применения.



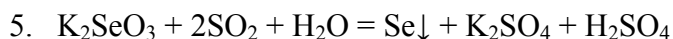
Состав: золото. Самые разнообразные применения - от высокочувствительной химической диагностики с помощью оптических методов до фотодинамической терапии злокачественных образований.



Состав: никель. Так называемый никель Рэнея, используемый, например, как катализатор в органическом синтезе. Сейчас применяется редко. Может быть насыщен водородом и поэтому самовоспламеняется на воздухе.



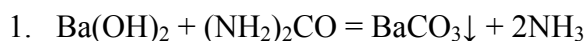
Состав: сера. Сера может применяться как лечебная садовая побелка. Кроме того, это один из способов получения серы для лечения кожных заболеваний.



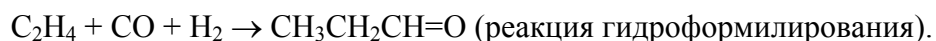
Состав: селен. Наночастицы селена сейчас применяют в ветеринарии как источник селена.

6. С солями Fe^{2+} из соли Мора (двойного сульфата железа (II) и аммония) $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ красная кровяная соль $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ образует темно-синий осадок турнбулевой сини: $4\text{Fe}^{2+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightarrow \text{Fe}^{\text{III}}_4[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]_3\downarrow$. Ранее считалось, что при этом образуется гексацианоферрат(III) железа(II), то есть $\text{Fe}^{\text{II}}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$, однако сейчас установлено, что турнбулева синь и берлинская лазурь – одно и то же вещество, а в процессе реакции происходит переход электронов от ионов Fe^{2+} к гексацианоферрат(III) – иону. Это давно применяемый пигмент, а также электрокатализатор, используемый в некоторых моделях глюкометров.

Оптимальный размер наночастиц катализатора (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)



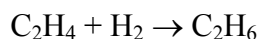
По массовой доле кислорода $\omega(\text{O}) = 0.276$ находим формулу $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. Это может быть альдегид или кетон, но образование кетона требует разрыва двойной связи в C_2H_4 . Основной продукт – пропаналь:



2. Сравним TOF в максимуме кривой и на прямой линии: $0.37 \text{ c}^{-1} / 0.01 \text{ c}^{-1} = 37 \approx 40$ раз.

3. У первой функции максимум имеется только при $d = 0$, что не соответствует теоретической кривой. У второй функции вообще нет максимума, правильный ответ – функция (в).

4. Возможные побочные продукты: C_2H_6 , CH_2O , CH_3OH , $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{O}$. Полное восстановление CO до CH_4 при 500 К маловероятно. Среди этих продуктов максимальная массовая доля водорода – в C_2H_6 :



Постройте сами (2012, отборочный тур, химия, 9 – 11 класс)

Наиболее разумными кажутся варианты:

1. а.
2. б.
3. а.
4. в.

Маленьким быть хорошо! (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)

1. Преимущества маленького размера:

(1) в качестве питательных элементов и источника энергии нужно сравнительно мало ресурсов окружающей среды (попробуй-ка прокормить стадо динозавров!);

(2) при неблагоприятных условиях можно окружить себя капсулой, превратиться в зиготу и в таком виде дожить до благоприятных дней (для больших организмов приспособиться к плохим условиям гораздо сложнее. Только у некоторых видов животных и растений есть способность уйти в анабиоз, замерзнуть и потом оттаять и т.п.);

(3) генетический аппарат - ДНК в цитоплазме - устроен просто, следовательно, при повреждениях его легче восстановить, чем сложно устроенные хромосомы эукариот;

(4) для поддержания простого и маленького бактериального организма нужно совсем мало клеточных структур, точнее, не нужно многих структур, присутствующих у ядерных организмов. Так, нет сложного комплекса, необходимого для деления, а значит, при делении возникает меньше "сбоев" и легче воспроизводить потомство;

(5) поскольку нет сложных высокоспециализированных клеток, органов и тканей, то повреждающих факторов у бактерий значительно меньше, чем у эукариот. Это позволяет использовать самые разнообразные источники питательных веществ и энергии и жить в самых сложных условиях.

2. В, Е.

3. Г, Е, З.

4. А, Б, В, Г, Е, З, И, К, Л, Н.

Внутриклеточные: Б, Е, К, Л, Н. Внеклеточные – все остальные.

Джедаи – миф или реальность? (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)

1. Можно предположить, что на роль мидихлорианов могли бы претендовать митохондрии и/или транспозоны – мобильные участки генома.
2. Митохондрии вырабатывают "клеточную энергию" – АТФ – и, таким образом, увеличение содержания АТФ в клетках может способствовать более интенсивному протеканию клеточных процессов. Однако увеличение содержания митохондрий должно было бы еще сопровождаться увеличением потребления питательных веществ: белков, углеводов и жиров, а также появлением в клетках дополнительной усиленной системой защиты клеток от активных форм кислорода, образующихся в митохондриях. Также надо было бы обеспечить выведение дополнительного количества продуктов катаболизма. Транспозоны – мобильные элементы генома, способные перемещаться внутри генома. Содержание внутри транспозона белков, кодирующих белки митохондрий, могло бы способствовать увеличению содержания митохондрий в клетках.
3. Органы, в которых в первую очередь, должны были произойти изменения: нервная, сердечно-сосудистая, мышечная и выделительная системы.
4. На физиологическом уровне реакцию человека на какие-то события лимитируют, прежде всего межклеточная сигнализация (сигнальные молекулы должны выделяться в межклеточное пространство, диффундировать к другим клеткам и попасть на нужные рецепторы, запустив ответ) и синтез необходимых белков, пептидов и образование нужных нейромедиаторов, которые бы быстро расходовались при длительных, но при этом стремительных движениях джедая. Кроме того, нужны были бы дополнительные системы, обеспечивающие восстановление мембран, рецепторов и удаляющие сигнальные молекулы из межклеточных щелей. Естественным способом ускорить эти процессы невозможно, пофантазировав, можно предложить способы вроде вживления в мышцы пластинок, пропитанных медиатором или веществом, способствующим восстановлению мембран / рецепторов. удаляющим остатки медиаторов при поступлении специфического сигнала.
5. Правильный ответ: Г, Е.

Святая вода (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)

1. Вариантов механизмов бактерицидного действия серебра много, чем больше вариантов будет в ответе, тем лучше. Наиболее часто встречающиеся. Ионы серебра реагируют с сульфидными группами белков, инактивируют их, блокируют ферменты дыхательной цепи и т.о. вызывают генерацию активных форм кислорода. Ионы серебра могут взаимодействовать с азотистыми основаниями тиминном и гуанином молекулы ДНК (например у бактерий, что сопровождается нарушением функций ДНК и тормозит рост и размножение микроорганизмов. Этим, как предполагается, обусловлено бактериостатическое действие серебра). С наличием множественных мишеней действия серебра связано то, что микроорганизмы плохо вырабатывают устойчивость к ионам серебра – никакой отдельной мутацией нельзя избавиться от SH групп на белках. Оказывает бактерицидное действие в виде ионов, т.о. бактерицидная активность и вообще действие на живые клетки увеличивается в ряду: металлическое серебро – коллоидный раствор (наночастицы) – растворимые соли (в пересчете на количество атомов серебра).
2. Чем меньше размер наночастиц, тем больше их поверхность и тем больше ионов серебра диффундирует в раствор, большее бактерицидное действие.
3. На клетки многоклеточных организмов оказывает токсическое действие (может вызвать, например, гемолиз эритроцитов), при одновременном приеме 10 грамм солей серебра вызывает у человека летальный исход, при долговременном поступлении в организм малых доз серебра возникает аргироз.
4. Необходимым элементом не является.

Кислородный эффект (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)

Известно, что чем выше концентрация кислорода в тканях – тем сильнее эффект облучения, это так называемый кислородный эффект, связанный с усилением поражающего действия ионизирующего излучения в присутствии кислорода во время облучения. Кислородный эффект является универсальным явлением и наблюдается при облучении различных объектов – целых организмов, клеток и простых модельных систем. Таким образом, в первой группе крыс находящейся гипоксических условиях выживаемость была выше. С химической точки зрения рентген вызывает образование свободных радикалов в воздухе. При наличии несвежей подстилки в воздухе будет “висеть” достаточно много органики и в принципе может образоваться фотохимический смог (как в Лондоне в своё время). С этой позиции непроветриваемое помещение значительно опаснее.

Пептидные сурфактанты (2012, отборочный тур, биология, 9 – 11 класс)

1. Исходя из молярного соотношения продуктов гидролиза – свободных аминокислот, можно предположить, что пептид *A* должен содержать $7 \cdot n$ аминокислотных остатков, где $n = 1, 2, 3 \dots$. Однако, даже в случае $n = 2$ средняя молекулярная масса аминокислот, образующих пептид, составит:

$$M(\text{сред}) = \frac{572,67 + 13 \cdot 18,01}{14} = 57,62 \frac{\text{г}}{\text{моль}},$$

что намного меньше, чем молекулярная масса глицина – самой простой аминокислоты.

Поэтому $n = 1$, и *A* является гептапептидом.

2. Формула пептида *A* может быть представлена в виде XU_6 . Попробуем вновь рассчитать среднюю молекулярную массу аминокислот в составе *A*:

$$M(\text{сред}) = \frac{572,67 + 6 \cdot 18,01}{7} = 97,25 \text{ г/моль},$$

Из канонических аминокислот только две имеют меньшее, чем 97,25 г/моль, значение молекулярной массы – глицин (75,07 г/моль) и аланин (89,09 г/моль). Перебор четырех возможных вариантов (табл.) приводит к единственно возможному ответу – пептид *A* имеет формулу LysAla_6 .

вариант	молекулярная масса второй аминокислоты, г/моль	каноническая аминокислота
X – глицин	100,94	-
Y – глицин	230,31	-
X – аланин	98,61	-
Y – аланин	146,19	лизин

3. Трипсин подвергает гидролизу связи, образованные карбоксильной группой лизина. Так как обработка пептида *B* трипсином не приводит к каким-либо результатам, то логично предположить, что остаток лизина в данном случае является С-концевым, и формула олигопептида *B* может быть представлена как:



4. Так как пептид *A* содержит максимальное число пептидных связей, связывающих остатки аминокислоты *Y* между собой, то остаток лизина должен быть концевым. С-концевым он быть не может (такую структуру имеет пептид *B*), а значит, располагается на N-конце олигопептида *A*:



5. Для пептида Lys-Ala-Ala-Ala-Ala-Ala при различных значениях рН будет меняться суммарный заряд молекулы вследствие (де-)протонирования. При рН 2 карбоксильная группа С-концевого аланина ($pK_a \sim 2,5$) в большинстве своем находится в протонированной форме, тем самым придавая пептиду ярко выраженную гидрофильную голову (суммарный заряд +2) и гидрофобный хвост. Другими словами, при рН 2 создаются оптимальные условия для формирования мицелл и реализации поверхностно-активных свойств пептида.

При рН 7 суммарный заряд пептида составляет +1: происходит депротонирование свободной карбоксильной группы, при этом уменьшается гидрофобность хвоста молекулы. Это приводит к снижению поверхностно-активных свойств пептида, уменьшению размеров формируемых мицелл и росту критической концентрации мицеллообразования по сравнению с низкими значениями рН.

Достижение щелочного диапазона (рН 11) ведет к депротонированию обеих аминогрупп лизина ($pK_a \sim 9$ и 10) и формированию суммарного заряда молекулы, равного -1. Теперь уже аланиновый конец становится гидрофильной головой, в то время как разветвленный остаток лизина, не несущий заряд, стерически препятствует возникновению оптимальных гидрофобных взаимодействий хвостов пептидов. Это приводит к значительному повышению критической концентрации мицеллообразования.

Из-за несимметричной формы использованных пептидных молекул форма мицелл различается в кислой и щелочной среде. Так, при $pH \leq 7$ пептиды собираются в трубки, а при высоких значениях рН образуют сферические агрегаты.

6. В случае пептида Ala-Ala-Ala-Ala-Ala-Lys нарушается оптимальное разделение зарядов при различных значениях рН. Так, например, при рН 7 оба конца несут заряды: N-концевой аланин +1, тогда как остаток лизина содержит депротонированный карбоксил и протонированную аминогруппу.

7. Независимо от заряда на поверхности пептидные мицеллы, так же как и мицеллы обычных ПАВ, могут нести в своей сердцевине гидрофобные молекулы.

При наличии гидрофобного лекарственного средства в таких мицеллах пассаж препарата через желудок пациента, содержимое которого характеризуется низкими значениями рН, будет беспрепятственным с последующим разрушением мицелл в щелочной среде тонкого кишечника. В свою очередь, пептидные мицеллы, образующиеся в щелочной среде, могут быть использованы для доставки лекарств в опухоли или очаги воспаления, которые обычно характеризуются более низкими значениями рН. У олигопептидов есть существенные преимущества перед

синтетическими сурфактантами: они подвергаются биодegradации с образованием обычных аминокислот, и против них не реализуется иммунный ответ в виду незначительных размеров молекул и скудного аминокислотного состава.

Биомиметика (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 7 – 11 класс)

Сами биополимеры – белки, нуклеиновые кислоты – можно формально причислить к нанобъектам, они могут быть также использованы для конструирования заданных наноразмерных структур.

Можно «скормить» нужный элемент бактериям или микроорганизмам, чтобы они использовали его для построения свойственных им структурных элементов (магнитобактерии, например, имеют магнитосомы, производящие магнитные нано- и микрочастицы, диатомовые водоросли формируют наноструктурированный скелет - "раковину" и т.п.)

Можно использовать живые организмы как матрицу для создания синтетических наноматериалов (биотемплаты): например, на чешуйку крыла бабочки осаждают оксид алюминия и эти структуры можно использовать в фотонике, вирус табачной мозаики покрывают золотом – и тогда наночастицы золота приобретают определенные размер и форму и т.п. Сюда же можно отнести использование белков - шаперонов с качестве матрицы для создания наночастиц и наноструктур и т.д. Рассматривались любые ответы участников, имевшие рациональные идеи и предложения.

Золотой ключик (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)

1. Массу осевшего серебра определим по формуле Фарадея:

$$m = A_r \cdot I \cdot t / k \cdot F = 108 \cdot 0,7 \cdot 3600 / 1 \cdot 96484 = 2,82 \text{ (г)}.$$

Объём серебра равен: $V = m / \rho = 2,82 / 10,491 = 0,269 \text{ (см}^3\text{)}$.

Объём ключа: $V = m / \rho = 75 / 8,92 = 8,4 \text{ (см}^3\text{)}$.

Площадь ключа: $S = V / h = 8,4 / 0,2 = 42 \text{ (см}^2\text{)}$.

Толщина слоя серебра равна: $h = V(\text{Ag}) / S = 0,0064 \text{ (см)} = 64 \text{ (мкм)}$.

2. Процесс осаждения занял 2 часа. Рассчитаем время по пропорции

7200 сек – 64000 нм

X – 100 нм

X = 11,25 сек.

3. Объём золота равен $V(\text{Au}) = S \cdot h = 42 \cdot 10^{-6} = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ (см}^3\text{)}$.

Масса золота равна $8,11 \cdot 10^{-4} \text{ г}$.

Количество золота = $4,12 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$

Объём раствора ЗХВК (золотохлороводородной кислоты) = $4,12 \cdot 10^{-6} / 10^{-4} = 41,2 \text{ (мл)}$.

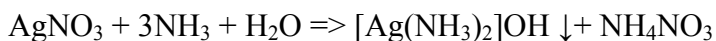
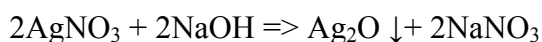
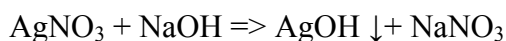
Мел судьбы (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)

1. Мел судьбы – это прессованный нитрат серебра. Монокристалл будет прозрачен и не похож на мел. Определить это можно по результатам электролиза.

Ровная линия на электролизе указывает на выделение либо одного металла, либо нескольких, но с одинаковой валентностью. Разная валентность элементов приведёт к излому на линии.

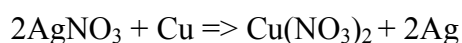
1135 секунд при силе тока 0,1 А – это 113,5 кулон или, после деления на число Фарадея, – $1,176 \cdot 10^{-3}$ моль электронов. При условии заряда иона равного 1 0,127 г металла (а при электролизе на катоде выделился металл) будут иметь атомный вес 108 (серебро). Если заряд равен 2 - 216 (что-то из изотопов астата, не подходит) Точно так же, по результатам электролиза определяется молярная масса соли ($0,2/1,176 \cdot 10^{-3} = 170$) и устанавливается, что это нитрат.

2. Первая крошка полностью и без остатка растворилась в воде. рН раствора не изменился. При добавлении гидроксида натрия из раствора выпал коричневатый осадок, при добавлении раствора аммиака – не выпало ничего.



Если брать нитрат серебра голыми руками, то руки чернеют. Восстановление металлического серебра биополимерами кожи или органическими веществами, находящимися на коже. Специфической реакции нет.

Афина писала по только что откованному, ещё влажному после полировки медному щиту Персея. Обменная реакция между нитратом серебра и металлической медью. Протекает в водном растворе, поэтому важно, чтобы щит был ещё влажным.



Этим мелком потом писали тайные знаки на ткани или бумаге, невидимые, но после прогрева чёткие и чёрные. Имеется в виду разложение нитрата серебра при нагревании и образование метки из металлического серебра.



При контакте нитрата серебра с водой часть соли растворяется. Ионы серебра обладают мощным бактерицидным действием и обеззараживают воду.

3. *"Ежели взять глиняный горшок, нарисовать знак Асклепия внутри, налить воды и добавить немного соды и мёда, а после проварить 3 минуты, то будет чудесный раствор, желтоватого или коричневатого цвета, который обладает целебными свойствами"*. Нитрат серебра в щелочной среде реагирует с мёдом и образует коллоидное серебро.
4. *"Но не злоупотребляй милостью богов, ибо кто много того раствора пьёт, тот становится серым, и этот знак богов не смыть ничем."* При хроническом отравлении ионами серебра может развиваться аргирия, проявляющаяся, в том числе, в отложении металлического серебра под кожей и приводящая к изменению цвета.

Властелин колец (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)

1. Ghuutr – это селен.
Scroonk – кадмий.
Jutuug – селенид кадмия (квантовые точки).
Fookrt – селенид магния.
Установить их расчётным методом невозможно, но можно сориентироваться на описанные процессы получения селена (из анодных шламов меди) и кадмия (из отходов производства цинка)
2. $\text{CuSe} + \text{O}_2 \Rightarrow \text{CuO} + \text{SeO}_2\uparrow$ (прокаливание отходов меди в кислороде)
 $\text{SeO}_2 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Se} + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ (получение элементарного селена)
 $\text{Se} + \text{Mg} \Rightarrow \text{MgSe}$ (получение селенида магния)
 $\text{Cd} + \text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow \text{CdSO}_4 + \text{H}_2$ (растворение отходов цинковой металлургии)
 $\text{CdSO}_4 + \text{Zn} \Rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cd}$ (выделение металлического кадмия)
 $\text{Cd} + \text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow \text{CdSO}_4 + \text{H}_2$ (растворение металлического кадмия)
 $\text{MgSe} + 2\text{HCl} \Rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{Se}\uparrow$ (получение селеноводорода)
 $\text{CdSO}_4 + \text{H}_2\text{Se} \Rightarrow \text{CdSe} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (процесс протекает, так как растворимость селенида кадмия чрезвычайно низка)
3. Колечки состоят из квантовых точек, склеенных поливинилпирролидоном (ПВП). К действию воды они неустойчивы, так как ПВП хорошо в ней растворим.
4. За счёт поверхностного натяжения воды, при медленном высыхании раствора квантовые точки были “затянуты” в узкие зазоры под шариками полистирола из которых жидкость испарялась в последнюю очередь. После высыхания сформировались кольчатые структуры. Полистирольные шарики сыграли роль удаляемой (скотчем) матрицы.

Линзы (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)

1. Он получил коллоидное золото классическим методом Френса [*Frens G. // Nature Phys. Sci. - 1973. - Vol. 241. P. 20-22*]: восстанавливая золото лимонной кислотой.
2. $2\text{HAuCl}_4 + 3\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{Au} + 3\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_3 + 3\text{CO}_2 + 3\text{NaCl} + 5\text{HCl}$
Эта реакция считается классической, но в принципе возможно и дальнейшее окисление ацетондикарбоновой кислоты.
3. Да, будут. В области спектра с длинами волн короче 400 нм металлы непрозрачны. Вообще, может получиться узкополосный светофильтр для видимой области спектра с очень эффективным поглощением в ультрафиолете.
4. В случае золота максимум спектров поглощения наночастиц различного размера и формы смещен в область 580 нм и дальше, поэтому, как разбиралось пару олимпиад назад (задача о богатстве гнома (В.В.Китаев)), такого богатого спектра "цветов" в видимой области, как для зольей серебра, для золота получить не удастся.

Часики (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)

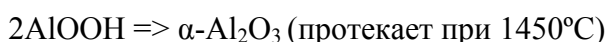
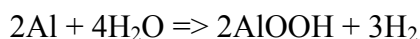
1. Материал *A* – гидратированный оксид алюминия. Формула, например, AlOOH (хотя точно утверждать нельзя, так как он может как сорбировать, так и терять воду, а также иметь различные кристаллические модификации).

Материал *B* – $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

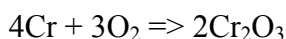
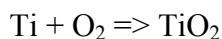
Прокаливание необходимо для достижения постоянного состава и предотвращения усадки (изменения объема) при спекании.

2. При окислении алюминия во влажной атмосфере на поверхности ртути образуется объёмная губка из чрезвычайно тонких волокон гидратированного оксида алюминия (реально происходит взаимодействие влажного воздуха с очень химически активным сплавом алюминия и ртути, амальгамы алюминия, лишённого обычной для металлического алюминия защитной пленки). Спекание приводит к её усадке, но крупных зёрен глинозёма не образуется, так как исходная губка очень рыхлая и материала для роста зёрен недостаточно. Кью пошёл таким путём, поскольку для создания оптически прозрачного корунда, да ещё практически не дающего усадки после спекания ему нужен был дисперсный порошок $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, с некоторой долей наноразмерной фракции, получить который другим путём было значительно труднее.

Реакции:



3. Бракованными получились стёкла из глинозёма, размолотого титановыми и хромовыми шарами из-за перехода части металла шаров при помолё в оксидный материал (при его частичном истирании оксидным материалом, имеющим большую твердость). При спекании частицы металла расплавились (но не окислились, так как в плотной прессовке глинозёма к частицам металла практически нет доступа кислорода!) и поэтому сделали стекло мутным.
4. При прокаливании в кислородной атмосфере титан и хром окислились до оксидов.



5. Он получил рубин (оксид алюминия, легированный оксидом хрома) и сапфир (оксид алюминия, легированный оксидными соединениями титана).

Планета Арракис и Фримены (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 8 – 11 класс)

1. Фотоэлементы, цеолитые поглотители, высокоёмкие батареи малой массы и другие варианты.
2. Комплекс фотоэлементы + батареи запасает энергию, необходимую для регенерации цеолитов. Цеолиты поглощают пары воды и препятствуют её потере. Так как поверхность газонепроницаема, то потерь воды нет. В условиях отсутствия испарения пота очень быстро наступает перегрев. Поэтому для испарения необходима принудительная вентиляция, обеспечиваемая насосами.
3. В пустыне климат резко континентальный. То есть, ночью там холодно. Холод необходим для конденсации паров воды, выделяющихся при нагревании цеолитов. Попытка выделить воду днём вызвала бы необходимость создания холодильной машины и перерасход энергии, в результате чего запаса энергии могло и не хватить.

Тлейлаксу (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 8 – 11 класс)

1. Тёмно-серый цвет кожи характерен для аргирии: отложения металлического серебра. Наночастицы металлов обладают большим коэффициентом поглощения и поэтому поглощают падающее на них излучение. Если они имеют достаточно широкий разброс по размерам и морфологии, то они могут поглотить большую часть оптического спектра излучения: от ультрафиолета до инфракрасного.
2. МРТ (магнитно-резонансная томография) работает на принципе взаимодействия ядер с нечётным спином (чаще всего водорода) с электромагнитным полем в сильном магнитном поле. При взаимодействии резонансно поглощается энергия и "наблюдается сигнал". Принципиально возможны два варианта: фиксированное поле и переменная частота, а также фиксированная частота и переменное поле. Суперпарамагнитные частицы в тканевой жидкости полностью блокируют МРТ. Есть бактерии, накапливающие наночастицы магнетита. Фрагмент их генома, ответственный за формирование подобных частиц может быть внедрён в генофонд тлейлаксу. Возможны другие варианты.
3. Рентген работает на принципе поглощения излучения атомами с большим номером (имеющими объёмные электронные оболочки вокруг ядра). Лёгкие атомы, например, углерод, водород, азот, кислород слабее поглощают излучение и потому практически "прозрачны". Сравнительно тяжёлые атомы, такие как железо, кальций сильнее поглощают рентгеновское излучение. Поэтому на рентгеновских снимках виден, в основном, скелет, концентрирующий эти атомы. Блокировать распространение рентгена у тлейлаксу и размыть снимок может серебро, коллоидное железо (или вернее коллоидные соединения железа)
Сейчас для подобных целей используются соединения йода, которые вводятся в сосуд, питающий кровью орган, снимок которого хотят сделать. Йод поглощает рентген и снимок проявляется в виде контрастной сетки сосудов, оплетающей орган. Более старый и грубый способ – баритовая кашка, суспензия сульфата бария, который проглатывается и позволяет сделать снимок кишечника.
4. Коллоидное серебро обладает мощным бактерицидным действием и способно нейтрализовать многие бактерии и грибки. Значительно менее эффективно оно против вирусов, однако в количествах, в которых оно скапливается в теле тлейлаксу, оно тоже может помочь. Устойчивость к радиации обеспечивается всё тем же серебром, большой атомный номер которого позволяет достаточно

эффективно поглощать наиболее проникающие типы излучения. Длительная задержка дыхания может быть объяснена исключительно высоким содержанием гемоглобина или иного связывающего кислород белка, а как следствие очень высоким содержанием железа в организме.

Разумеется, возможны и другие варианты ответа.

Поиск информации (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 7 – 10 класс)

1. Обратим внимание на наличие в запросах (1)-(4) спаренных букв *nn* или *ll*, располагающихся в голове слова. С учетом того, что юный химик решил расширить свои познания именно в нанотехнологиях, можно предположить, что слова из запросов содержат фрагмент *нано-/nano-*. Соответственно, мы можем отметить на QWERTY/ЙЦУКЕН клавиатуре следующие неработающие клавиши: А/Ф, О/Щ, F/A, J/O.

Тогда первое слово запроса (1) выглядит *нанотнлли*, что, скорее всего, соответствует слову *нанотехнологии*. В таком случае также не работают клавиши: Т/Е, {/X, U/Г. Однако, буква *t* присутствует в запросах (3)-(4)! Возникает диссонанс.

Можно пойти с другой стороны. Первое слово запроса (4) в аномальном виде выглядит как *cmisty*. Единственное разумное объяснение – *chemistry* (запрос все-таки делал юный химик). Тогда не функционируют следующие клавиши: Н/Р, Е/У, R/K. Но кириллическая буква *к* присутствует в запросе (2). Тем самым, мы столкнулись с системной ошибкой, требующей исправления.

Единственный возможный вариант: школьник использовал не русскую раскладку ЙЦУКЕН, а иную – фонетическую, или “ЯВЕРТЫ”. Латинская раскладка клавиатуры, представленная в условии, – типичная QWERTY.



Тогда все встает на свои места. Из разобранных выше трех слов выясняется, что не функционируют клавиши: А/А, О/О, Е/Е, X/X, G/Г, Н/Ч, R/P.

2. С учетом нефункционирующих клавиш единственный разумный вариант для запроса (1) – *нанотехнологии в россии*.

Для дальнейшей расшифровки надо применять логический подход, основанный на минимальном переборе вариантов и использовании в качестве недостающих только тех букв, которые не присутствовали в изначальном запросе.

Тогда запрос (2) легко трансформируется в *квантовые точки нанокристаллы* (слово *точки*, конечно же, обнаруживается только после расшифровки характерного прилагательного – *квантовые*).

В запросе (4) легко определяются первое (*chemistry*), второе (*nanomaterials*) и третье (*synthesis*) слова. Расшифровка четвертого и пятого слова создает известные сложности. Наиболее простым вариантом является реальное использование поисковика Google – живой поиск интернет-сервиса выдает единственно возможный вариант *chemistry nanomaterials synthesis properties applications*. Таким образом пользователи ищут книгу *The Chemistry of Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications* под редакцией C.N.R. Rao, A. Müller, A.K. Cheetham.

Запрос (3) – самый тяжелый для интерпретации. Тем не менее, достаточно легко угадывается его первое – *nanoscale* и последнее слово – *letters*. Второе слово может быть найдено аналогичным запросу (4) путем – Google выдает вариант *research*. То есть запрос (3) выглядел так: *nanoscale research letters* (тем самым проводился поиск одноименного журнала).

Все указанные запросы выдаются живым поиском Google.

Схема поломанной клавиатуры:



Самая тонкая: в поисках истинного фуллерена C₆₀ (2012, отборочный тур, задачи повышенной сложности – междисциплинарно-творческие, 9 – 11 класс)

1. C_{30+10n}. (Если формально считать C₂₀ принадлежащим этому ряду, то C_{20+10n}.)

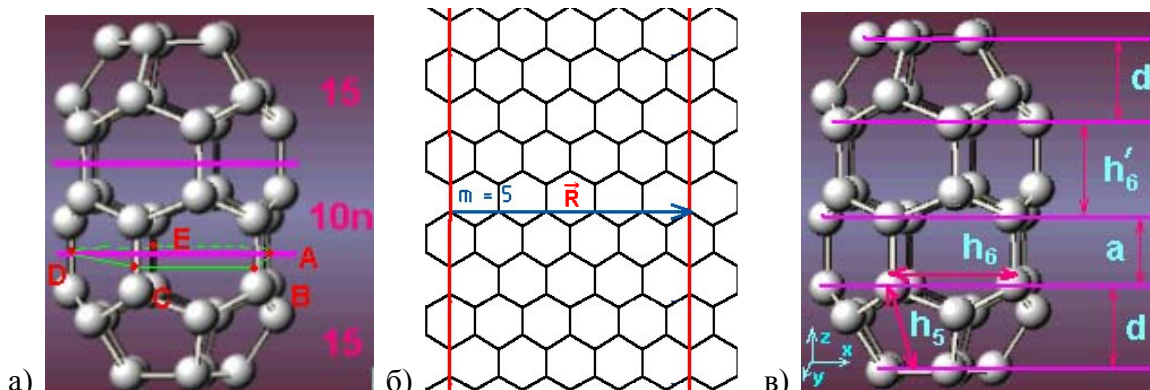


Рис.1 а) строение нанотрубки, б) сворачивание листа графена в такую нанотрубку, в) построения для ответа на вопрос 5.

2. Строение трубки: концы – шапочки из 6 сопряженных правильных пятиугольников, 15 атомов углерода в каждой; каждый новый встраиваемый «слой» содержит 10 атомов углерода и приводит к повороту одной из «шапочек» на угол 36° и добавлению пяти шестичленных циклов.
3. Равен диаметру окружности, описанной вокруг правильного пятиугольника $ABCDE$, со сторонами, равными малым диагоналям правильных шестиугольников (Рис. 1а).

Тогда диаметр описанной окружности:

$$D = 2R = 2 \cdot \frac{h_6/2}{\sin(360/(5 \cdot 2))} = \frac{2a \sin(60^\circ)}{\sin(36^\circ)} = 0,418(\text{нм}).$$

4. $n = 0, m = 5$ (см. рис.1); тип – зигзаг, полупроводник.
5. Длина нанотрубки складывается из высот двух «шапочек», длины ребра, соединяющего их в простейшем случае C₃₀, и длины «вставки», кратной числу добавленных слоев (Рис. 1в). Каждый слой вставки увеличивает длину нанотрубки на длину перпендикуляра, опущенного из вершины шестиугольника вдоль большой диагонали на малую диагональ шестиугольника, $h'_6 = a + a \sin(30^\circ) = 1,5a$. То есть, длина нанотрубки $L = 2d + a + h'_6 \cdot n$.

Высота «шапочки» d равна проекции высоты правильного пятиугольника h_5 на ось z (вертикаль): $d = h_5 \sin \gamma$,

$$h_5 = \frac{a}{2 \cos(180^\circ \cdot (n-2)/5 \cdot 2)} + \frac{a \cdot \operatorname{tg}(180^\circ \cdot (n-2)/5 \cdot 2)}{2} = \frac{a}{2} \cdot (1/\cos(54^\circ) + \operatorname{tg}(54^\circ)),$$

угол γ равен двугранному углу между плоскостью xu (горизонтальная) и плоскостью правильного пятиугольника. По теореме косинусов для трехгранного угла находим смежный с γ угол ($\pi - \gamma$, угол отклонения пятиугольной грани «наружу»):

$$\cos \gamma' = \cos \alpha' \cos \beta' + \sin \alpha' \sin \beta' \cos(\pi - \gamma),$$

где $\alpha' = \beta' = \gamma' = \frac{180^\circ(n-3)}{5} = 108^\circ$ - плоские углы трехгранного угла, равные углу в правильном пятиугольнике.

Тогда
$$\cos(\pi - \gamma) = \frac{\cos \alpha' - \cos^2 \alpha'}{\sin^2 \alpha'} = \frac{\cos \alpha' \cdot (1 - \cos \alpha') \cdot (1 + \cos \alpha')}{\sin^2 \alpha' \cdot (1 + \cos \alpha')} = \frac{\cos \alpha'}{1 + \cos \alpha'}$$

Преобразуем $\cos \gamma = -\cos(\pi - \gamma)$, тогда

$$\sin \gamma = \sqrt{1 - \cos^2 \gamma} = \sqrt{1 - \left(-\frac{\cos(\alpha')}{1 + \cos(\alpha')}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(-\frac{\cos(108^\circ)}{1 + \cos(108^\circ)}\right)^2}$$

и длина равна

$$\begin{aligned} L &= 2d + a + h'_6 \cdot n = 2h_5 \sin \gamma + a + h'_6 \cdot n = 2 \cdot \frac{a}{2} \cdot (1/\cos(54^\circ) + \operatorname{tg}(54^\circ)) \cdot \sqrt{1 - \left(-\frac{\cos(108^\circ)}{1 + \cos(108^\circ)}\right)^2} + a + 1,5an = \\ &= 0,142 \cdot (3,0777 \cdot 0,894 + 1 + 1,5 \cdot 3) = 1,172(\text{нм}) \end{aligned}$$

Таким образом, молекула C_{60} гомологического ряда C_{30+10n} является нанообъектом по определению ИЮПАК.

Нанотехнологии или Тайны Смешариков (2012, заочный теоретический («грантовый») тур, «детские вопросы» для начинающих)

1. Положительно оценивались решения, что это нанотехнологии и работают они с атомами (как изначально заявлялось в эпоху обсуждения чудес нанотехнологий). Однако и старая добрая химия "работает с атомами", поэтому выше других оценивались ответы, что нанотехнологии работают с объектами меньше 100 нм, что ближе к истине.
2. Нанотехнологии могут позволить снизить вес и увеличить прочность конструкционных материалов, в том числе в экстремальных условиях эксплуатации (жар пламени реактивного двигателя или космический холод) за счет изменения микроструктуры поликристаллического материала (металла, стекла, керамики и пр.). Наличие включений ультрадисперсных частиц в матрицу такого материала может резко изменить его свойства. Другой возможный вариант - углеродные и другие "жертвенные материалы", демпфирующие термошок при контакте с плотными слоями атмосферы при посадке космического аппарата. Хороший вариант - системы жизнеобеспечения, включая самые разные сорбенты с развитой площадью поверхности, мембраны и фильтры. Многие элементы электроники также могут использовать нанотехнологические подходы.
3. Имеется в виду биомиметика и проект "космического лифта".
4. Необходимо было рассмотреть пропорцию линейных размеров (кто - то решал с объемами, но это тоже засчитывалось) копыто - атом, копыто - Земля. Если копыто, скажем, имеет "размер" порядка 10 см или 0.1 м, "экваториальный" диаметр Земли равен примерно 13 000 км или $1.3 \cdot 10^7$ метра, а диаметр атома (не ядра!), например, водорода примерно 1 Анстрем или 10^{-10} м, то очевидно, что Лосяш прав лишь очень приблизительно (разница - на 1 или 2 порядка величины).
5. Самый правильный ответ про блоху, которую подковал Левша. Ее многие участники называли почему - то первой "жертвой" нанотехнологий.
6. Возможный ответ - перемещение атомов с помощью острия атомно - силового микроскопа, что неоднократно делали в демонстрационных целях ученые (хотя большого практического значения это не имеет).
7. Самый жестокий ответ состоит в том, что размер наночастиц меньше длины волны видимого света и так их увидеть будет нельзя. Тем более, к этому не приспособлена оптическая схема телескопа.

8. Здесь могут быть самые разные варианты. От кластера до изображения дефекта (или ближайшего атомного окружения в твердом теле). Можно было придумать и молекулы, но такие варианты не были столь интересными, как, например, предположение участников о строении дефекта в черном алмазе.
9. Все хорошо с углеводородами (нефтью), не совсем ясно, что делает этиловый спирт в торфе, можно предположить, что в угле (особенно буром) могут быть самые разнообразие органические "остатки" и даже более сложные структуры по сравнению с теми, которые изображены на рисунке, графит тоже изображен вполне нормально, а вот у алмаза так и хочется выяснить, куда делась четвертая ковалентная связь.
10. В этой структуре совершенно не ясно, связан ли углерод четырьмя связями с соседними атомами или эта связь, которая должна быть, почему - то отсутствует.
11. Это фрагмент структуры ("графеновая лента"), которая содержит "нескомпенсированные" связи (обозначены цветом). Эти "нескомпенсированные" связи могут представлять собой неспаренные электроны, то есть что - то, что напоминает радикал. Это очень активные места для "сшивки" ленты (тогда образуются прочные "скомпенсированные связи"). Плоской структура может являться из-за наличия sp^2 - гибридизации, наличии сигма - связанного каркаса и кратных π - связей углерод - углерод.
12. Взрывом легче получить наноалмазы ("детонационные наноалмазы"), а не нанотрубки, которые синтезируют чаще в "вольтовой дуге" с графитовыми электродами в присутствии катализаторов (железа, никеля) или с помощью синтеза в газовой фазе (CVD – "разложение химического пара") (с использованием ацетилена, бензола и пр.). В алмазных усах 4 прочных сигма - связи, но одинарных. В углеродной нанотрубке связи кратные, то есть должны быть прочнее.
13. При деформации меняется электронная структура нанотрубки и она может перейти из "металлической" в "полупроводниковую" или даже иметь "диодный" участок.
14. Сплести можно, но сложно, для этого сейчас имеются лабораторные микроманипуляторы, однако главная проблема заключается в том, что вряд ли при этом связи между пучками или участками сплетенных нанотрубок будут столь же прочными, как и внутри нанотрубок.
15. В мультфильме это была капуста, листья которой демонстрируют "эффект лотоса" (супергидрофобности), при котором попавшая на капусту вода скатывается в

"шарики", то есть не растекается по поверхности листа из-за наличия шероховатостей (ворсинок во многих случаях), между которыми находится воздух (воздушная прослойка).

16. Углеродные волокна гидрофобны, они могут стать смачиваемыми лишь при химической модификации их поверхности карбоксильными, гидроксильными и другими подобными группами. Если оценить размеры "пупырышков" на углеродной нанотрубке, то они должны быть такими же маленькими, как углеродные атомы. На таком масштабе и речи не может быть о проявлении эффекта лотоса, который, на самом деле, имеет микроскопическую, а не "атомарную" природу (требуется наличие определенной микроструктуры, явления смачивания в принципе имеют "коллективную" природу, то есть характерны для достаточно большой совокупности атомов или молекул).
17. Для выхода на орбиту необходимо достичь первой космической скорости (примерно 7.9 км/с), после этого ракета может уже не использовать реактивную тягу и находиться на круговой орбите. Если диаметр барабана 0.5 м, то тогда один "оборот" веревки вокруг барабана имеет длину около $3.14 \cdot 0.5$ м (где первым стоит число пи, позволяющее подсчитать длину окружности по ее диаметру). Это примерно 1.6 метра. Таких длин "оборотов" за секунду должно быть "выброшено" примерно 8000 метров или 5000 штук, то есть барабан должен делать около 5000 оборотов в секунду.
18. Иллюминатор запотел потому, что он холоднее, воздух не регенирируется, поэтому в нем повышается при дыхании Смешариков (в предположении, что они дышат) содержание влаги, которая конденсируется на иллюминаторе. В невесомости капли круглые, потому что пытаются принять форму фигуры с минимальной площадью поверхности, так как это минимизирует энергию их поверхности. Эти и есть сферы, то есть круглые капли.
19. Ракете был сообщен достаточно большой импульс (энергия) при взлете. И если они хотят ее вернуть с орбиты обратно, они должны придумать, как ей дать "противоимпульс" (или медленно свести с орбиты за счет торможения о верхние слои атмосферы). И это при условии, что ракета не перемещается относительно местоположения Смешариков, что совершенно не факт. В последнем случае они стали бы сами быстро перемещаться относительно поверхности Земли.
20. Необходимо найти произведение mgh (масса ракеты, ускорение свободного падения, при условии, что оно слабо изменяется с высотой, высота орбиты ракеты), если пренебречь трением об атмосферу, разогревом ракеты, ее

планированием в плотных слоях и пр. Это равно $1000 \text{ кг} \cdot 300\,000 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2$ или примерно $3 \cdot 10^9$ Джоуля (3 ГДж).

21. Вопрос провокационный, но конечно, это Константин Юрьевич Богданов, популяризатор науки и ведущий преподаватель лицея 1586 г. Москвы.

Визуализация наночастиц (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

Контрастная картинка (а) снята с помощью лазерная интерференционная микроскопия, этому же соответствует достаточно невысокое увеличение (риска в пять микрон). Картинка (б) просвечивающая электронная микроскопия (риска 100 нм), причем видно, что частички сняты "на просвет", а не "ощупана" поверхность. Картинка (в) показывает поверхность, "ощупанную" зондом атомно-силового микроскопа (шкала высот дана справа). Наконец, картинка с максимальным разрешением (г) – это туннельная сканирующая микроскопия. Сканирующая зондовая и электронная микроскопия – достаточно стандартные методы микроскопические анализа наночастиц, так как их разрешения вполне достаточно, чтобы такие объекты визуализировать. Материал, из которого сделаны наночастицы, может влиять на выбор метода визуализации. В частности, биологические объекты не очень любят вакуум и поэтому могут быть в нем разрушены, то есть далеко не все из них можно анализировать с помощью электронной микроскопии, к тому же электронный пучок легко может необратимо повредить органическую составляющую, разрушить биополимеры, фактически, "сжечь" клетку. Кроме того, с использованием электронной микроскопии лучше визуализируются проводящие объекты, иначе поверхностный заряд может работать как отклоняющая линза, в результате чего контуры объекта будут размываться. Сканирующая зондовая микроскопия обчно требует расположения объектов на абсолютно гладкой поверхности (слюды и пр). Обычно выбор метода анализа определяет качество получающихся результатов и поэтому, конечно, важен.

Катализ на наночастицах (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

1. Удобным параметром может служить каталитическая активность A , которая определяется количеством молей продукта реакции L , полученных на катализаторе массой M за время t .

$$A = \frac{L}{M \cdot t}$$

2. Как правило, каталитическими центрами являются только атомы Au, находящиеся на поверхности твердого катализатора. С уменьшением размера частицы Au доля атомов на поверхности в общей массе катализатора растет, поскольку с уменьшением размера растет отношение ограничивающей поверхности к объему частицы, (форма частицы не меняется). Каталитическая активность пропорциональна площади поверхности и обратно пропорциональна массе частицы.

$$A = \frac{a \cdot S}{t \cdot M} = \frac{a \cdot S}{t \cdot d \cdot V},$$

a – активность одного каталитического центра, d – плотность частицы, V – объем частицы.

Следовательно, A должна расти с уменьшением размера.

Считаем, что активность одного каталитического центра, a , при постоянной температуре остается постоянной при изменении размера.

3. Представим себе, что каталитическими центрами служат не все атомы Au на поверхности, а только их часть. В первой реакции работают только атомы в вершинах куба, во второй – только атомы на ребрах, в третьей – все атомы на гранях. Тогда

$$A_1 = \frac{a_1 \cdot 8}{t \cdot d \cdot V} = \frac{a_1}{V},$$

$$A_2 = \frac{a_2 \cdot l}{V} = \frac{a_2}{S},$$

$$A_3 = \frac{a_3 \cdot S}{V} = \frac{a_3}{l}$$

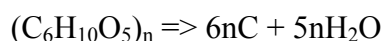
Рост каталитической активности в первой реакции, вероятно, станет заметен при меньших размерах частицы Au, потому, что атомов в вершинах куба меньше чем, например, на гранях, но будет резче. По этой же причине рост каталитической активности в третьей реакции начнется при больших размерах Au и т.п..

Активности каталитических центров $a_1; a_2; a_3$ считаем приблизительно одинаковыми. Они остаются постоянными при изменении размера куба. В этом случае для трех реакций будет наблюдаться рост каталитической активности, описанный в задаче.

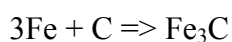
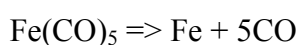
Пласталь (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

1. Пласталь - это метало-керамический композит. Он мог бы и должен состоять из массива волокон цементита, являющегося псевдоморфозой по волокнам целлюлозы, в матрице из карбонильного железа, слегка науглероженного в непосредственной близости к волокнам. Стравидиум – это волокна карбида железа Fe_3C .

2. 1 стадия – пиролиз целлюлозы, образование углерода.



- 2 стадия разложение карбонила железа, реакция железа с углеродом и образование цементита



- 3 стадия - разложение карбонила железа и заполнение всех пор металлическим железом.

3. Лучшая бумага должна состоять из чистой целлюлозы и иметь нулевую зольность. В этом случае при прокаливании она превратится в углерод, который затем станет карбидом железа и после скроется под слоем металлического железа. Зола приведёт к вредной пористости материала и резко снизит его прочность.

Микрокристаллическая целлюлоза не подходит, так как она не имеет волокнистой структуры. Впрочем, если оформить условия её получения “на волокно“, то её можно использовать.

4. Сильный перегрев опасен, так как вызовет растворение цементита в железе и образование мартенсита. Пласталь потеряет свои уникальные характеристики и станет просто высокоуглеродистой сталью.

Удар воспринимает чрезвычайно хорошо. Изобилие границ раздела фаз железо/цементит приводит к эффективному рассеянию энергии удара и его гашению. Движение дислокаций практически полностью заблокировано. Материал жёсткий, но не хрупкий.

Так как матрицей пластали является карбонильное железо, то пласталь – это проводник. Опасность связана только с разогреванием материала под действием тока.

Гномьи наноалмазы (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

1. При взрыве гексогена формируется область чрезвычайно высокого давления и температуры. В этих условиях возможен синтез алмаза. Кроме того, при взрыве гексогена выделяется сажа, так как гексоген является кислороддефицитным взрывчатым веществом.
2. $C_3N_6O_6H_6 \Rightarrow 3N_2 + 3H_2O + 1,5CO_2 + 1,5C$ или
 $2C_3N_6O_6H_6 \Rightarrow 6N_2 + 6H_2O + 3CO_2 + 3C$, возможен и другой путь
 $C_3N_6O_6H_6 \Rightarrow 3N_2 + 3H_2O + 3CO$, тем более что при более высоких температурах образование CO термодинамически выгодно.
Сажа в момент взрыва переходит в состояние алмаза. Правда, сажи выделяется мало, поэтому в качестве источника углерода берётся более богатое им ВВ, например тротил.
3. Для расчёта нам необходимы термодинамические данные по количеству выделяющейся при взрыве энергии. По данным химической энциклопедии ΔH взрыва гексогена равна 5440 кДж/кг. Энтропию оценить сложнее. По данным энциклопедии, объём продуктов взрыва – 908 л/кг. Мольное отношение гексогена к продуктам взрыва равно 9, что предполагает вторую реакцию детонации.

$$\Delta S_{CO} = 197,71$$

$$\Delta S_{H_2O} = 188,64$$

$$\Delta S_{N_2} = 191,32$$

Энтропия твёрдых веществ примерно 50-100 ΔS взрыва равна примерно 1600 Дж/моль·К или для температуры 298К и в пересчёте к килограмму ВВ $\Delta S = 2147,75$ кДж/кг

$$\Delta G_{298} = \Delta H - T\Delta S = -5440 - 2147,75 = 7587,75 \text{ (кДж/кг)}$$

Так как плотность гексогена равна 1,7 – 1,8, то удельное энергосодержание составит порядка 13300 кДж/л.

Проведём подобный расчёт для ацетилена.

$$\Delta H \text{ ацетилена } 226,51$$

$$\Delta H \text{ алмаза } 1,89$$

ΔS ацетилена порядка 100 (средняя величина для жидкостей)

$$\Delta S_{H_2} = 130,46$$

$$\Delta S_C = 2,42$$

$$\Delta H = 224,62 \text{ кДж/моль} = 8639,23 \text{ кДж/кг}$$

$$\Delta S = 130,46 + 2,42 - 100 = 32,88 \text{ Дж/моль}$$

$$\Delta G_{298} = \Delta H - T\Delta S = -224,62 - 298 \cdot 32,88 = 234,42 \text{ кДж/моль} = 9016,1 \text{ кДж/кг}$$

С учётом плотности бензола (0,879) удельное энерговыделение составит 7925 кДж/л.

Итак, ΔH взрыва ацетилена примерно в 1,6 раза выше, чем гексогена

ΔG_{298} больше примерно в 1,19 раза

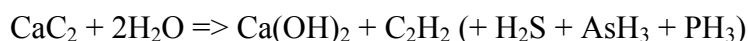
А вот удельное энерговыделение в объёме в 1,678 раза меньше, что связано с низкой плотностью жидкого ацетилена. Ситуация кардинально меняется при использовании гидроацетиленидов тяжёлых металлов, которые при схожем энерговыделении имеют намного большую плотность.

Оценим эти параметры с ещё одной стороны.

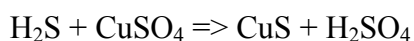
Для синтеза алмаза необходимы высокое давление и температура, причём чем выше оба параметра, тем лучше. Выделение тепла ацетиленом и гексогеном в общем сопоставимо, так как меньшая плотность ацетилена компенсируется большим тепловыделением. А вот теплоёмкость водорода значительно (более чем в два раза) меньше, следовательно, при прочих равных параметрах давление и температура будут значительно выше.

По расчётам синтез должен идти. В действительности, для однозначного ответа необходимо проведение эксперимента.

получение

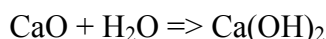


очистка



$\text{PH}_3 + 8\text{FeCl}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{FeCl}_2 + 8\text{HCl}$ (возможно также выделение металлической меди, но избыток хлорного железа её всё равно окислит)

осушка – пропусканием через оксид кальция



4. Чтобы перевести ацетилен в жидкое состояние, обеспечить распространение ударной волны и гарантированно взорвать его в один момент. При замораживании газов жидким азотом обычно образуется довольно рыхлый “снег”, динамика взрыва которого малопредсказуема.
5. Жидкий и твёрдый ацетилен взрывается от малейшего толчка. Пережигание нити даёт сброс баллона без толчков.

6. Время складывается из времени полёта баллона до дна шахты и времени распространения звука обратно (так как глубина 200 м, то на распространение звука уйдёт порядка секунды).

Время полёта рассчитаем по формуле

$$S = at^2/2, \text{ где } a - \text{ускорение свободного падения равно } 9,81 \text{ м/с}^2.$$

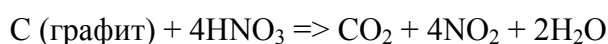
Подставляя значение пути (200 м) получаем 6,385 секунды.

Скорость звука в воздухе составляет 330 м/с. Следовательно, путь в 200 метров он пройдёт за 0,606 секунды.

Сумма равна 6,991 секунды или округлённо 7 секунд.

7. Какие процессы протекали при промывке сажи азотной кислотой?

При промывке сажи азотной кислотой более реакционные sp^2 углеродные атомы (составляющие графита) “отгорают” и остаётся более химически стойкий алмаз.



Плазматическая мембрана (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

1. Необходимо добавить раствор спинового зонда к суспензии клеток. Поскольку молекулы спинового зонда амфифильны и имеют длинный гидрофобный хвост, они сами попадут в гидрофобную среду мембраны без каких-либо дополнительных усилий.
2. Целесообразно выбрать 5-доксилстеариновую кислоту. Молекулы спинового зонда распределяются в мембране параллельно жирнокислотным остаткам фосфолипидов, а карбоксильная группа будет в области полярных головок фосфолипидов. В таком положении ближе всего к поверхности мембраны будет нитроксильная группа в спиновом зонде 5-доксилстеариновая кислота.
3. Расчет количества молекул спинового зонда в единице объема [DS]:

$$[DS]=1 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 6 \cdot 10^{19} \text{ молекул/л.}$$

Расчет количества молекул фосфолипидов в единице объема [PL]:

$$[PL]=6 \cdot 10^{12} \cdot 7 \cdot 10^8 = 4.2 \cdot 10^{21} \text{ молекул/л.}$$

$$[DS]/[PL]=1/70.$$

На 70 молекул фосфолипидов приходится 1 молекула спинового зонда.

При таком соотношении возмущение вносимое молекулами спинового зонда в мембрану не значительно.

Суспензия и ультразвук (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

В поле звуковой волны на пузырь действует сила со стороны жидкости, которая отличается в разных точках пузыря (см. рисунок).

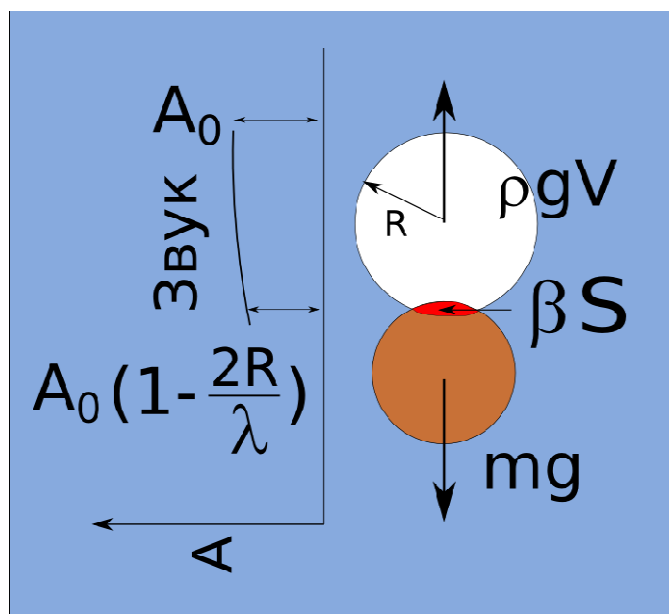


Схема взаимодействия наночастицы со звуковой волной. Слева стрелками показаны амплитуды звуковой волны на разных полюсах пузыря.

Так если на вершину пузыря действует давление P_0 , то на его основание $P_0 \left(1 - \frac{2R}{\lambda}\right)$, где λ — длина волны звука. Если умножить давление на $2\pi R^2$, получим силу, действующую на половинку пузыря. Используем также соотношение между интенсивностью звука I и амплитудой давления P_0 :

$$I = \frac{P_0^2}{2f\rho_w c},$$

где f — частота звука, а c — ее скорость. Отсюда нетрудно получить выражение для P_0 :

$$P_0 = \sqrt{2fI\rho_w c}$$

Отрыв пузыря будет происходить, когда сила, действующая на него со стороны звуковой волны превышает силу поверхностного взаимодействия пузыря и наночастицы:

$$\frac{2R}{\lambda} \sqrt{2fI\rho_w c} (2\pi R^2) = \beta S$$

Используя формулу $\frac{1}{\lambda} = \frac{f}{c}$, а также выражая площадь поверхности сцепления S через κ аналогично:

$$\frac{f^{\frac{3}{2}} \rho_w R^3 \sqrt{2I}}{\sqrt{\rho_w c}} = \kappa r^2 \beta$$

Применяя условие плавучести, получаем выражение для f :

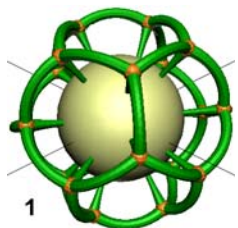
$$f = \left(\frac{\kappa \beta \sqrt{\rho_w c}}{\Delta \rho r \sqrt{2I}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Предположим, что $I = 3 \cdot 10^3$ Вт/м², а $\kappa = 0.1$, т. е. только 10% площади поверхности наночастицы гидрофобно, а остальные 90% - гидрофильны. В этом случае для $r = 10$ нм, получим:

$$f = \left(\frac{0.1 * 40 \sqrt{1000 * 1400}}{1333 * 10^{-8} * \sqrt{2 * 3 * 10^3}} \right)^{0.66} = 27 \text{ кГц}$$

Додекаплекс – простейший 4D фуллерен (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

1. Додекаэдр, икосаэдр.
- 2, 3. В додекаплексе все ячейки имеют форму додекаэдра (в 3D проекции они искажены). «Четырёхмерный» углерод в додекаплексе имеет валентность как минимум 4 (у каждого атома углерода 4 соседних атома, соединенных с ним связями, однако только на основании проекции Шлегеля додекаплекса невозможно установить, сколько из этих связей являются двойными).

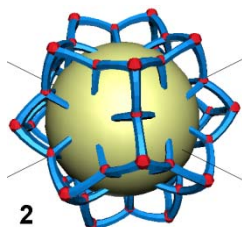


$$V = 20 = 1 \cdot 20v$$

$$P = 50 = 1 \cdot 30p + 1 \cdot 20v$$

$$\Gamma = 42 = 1 \cdot 12\Gamma + 1 \cdot 30p$$

$$Я = 12 = 1 \cdot 12\Gamma$$

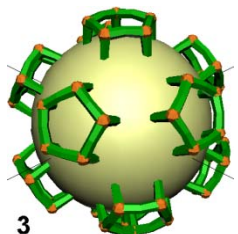


$$V = 50 = 1 \cdot 20v + 1 \cdot 30p$$

$$P = 120 = 2 \cdot 30p + 5 \cdot 12\Gamma$$

$$\Gamma = 90 = 5 \cdot 12\Gamma + 1 \cdot 30p$$

$$Я = 20 = 1 \cdot 20v$$

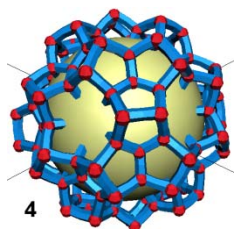


$$V = 60 = 5 \cdot 12\Gamma$$

$$P = 120 = 10 \cdot 12\Gamma$$

$$\Gamma = 72 = 6 \cdot 12\Gamma$$

$$Я = 12 = 1 \cdot 12\Gamma$$

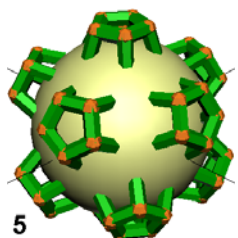


$$V = 140 = 1 \cdot 20v + 10 \cdot 12\Gamma$$

$$P = 290 = 20 \cdot 12\Gamma + 1 \cdot 30p + 1 \cdot 20v$$

$$\Gamma = 180 = 10 \cdot 12\Gamma + 2 \cdot 30p$$

$$Я = 30 = 1 \cdot 30p$$

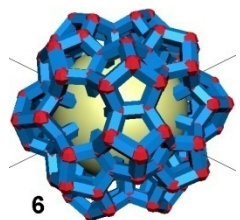


$$V = 60 = 5 \cdot 12\Gamma$$

$$P = 120 = 10 \cdot 12\Gamma$$

$$\Gamma = 72 = 6 \cdot 12\Gamma$$

$$Я = 12 = 1 \cdot 12\Gamma$$

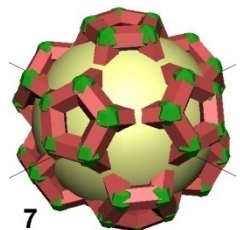


$$B = 140 = 1 \cdot 20v + 10 \cdot 12r$$

$$P = 270 = 20 \cdot 12r + 1 \cdot 30p$$

$$\Gamma = 150 = 5 \cdot 12r + 3 \cdot 30p$$

$$Я = 20 = 1 \cdot 20v$$

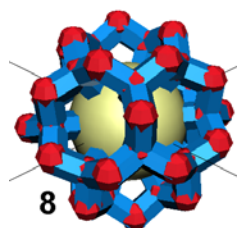


$$B = 60 = 5 \cdot 12r$$

$$P = 120 = 10 \cdot 12r$$

$$\Gamma = 72 = 6 \cdot 12r$$

$$Я = 12 = 1 \cdot 12r$$

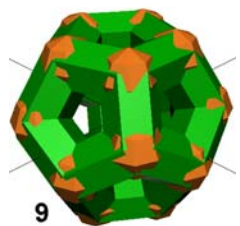


$$B = 50 = 1 \cdot 30p + 1 \cdot 20v$$

$$P = 80 = 2 \cdot 30p + 1 \cdot 20v$$

$$\Gamma = 30 = 1 \cdot 30p$$

$$Я = 0$$



$$B = 20 = 1 \cdot 20v$$

$$P = 30 = 1 \cdot 30p$$

$$\Gamma = 12 = 1 \cdot 12r$$

$$Я = 1$$

Итого:

$$B = 600$$

$$P = 1200$$

$$\Gamma = 720$$

$$Я = 119$$

Проанализируем последовательно каждую из картинок. В представленной таблице заглавными буквами обозначены элементы строения додекаплекса, а строчными – элементы «большого додекаэдра». Выделение последних необходимо для облегчения подсчета: на каждом из рисунков вычисляем количество элементов додекаплекса, приходящихся на один элемент «большого додекаэдра» и затем просто умножаем: приходящееся на грани – на 12, на вершины – на 20, на рёбра – на 30.

Таким образом, трёхмерная проекция Шлегеля для додекаплекса имеет 600 вершин (атомов), 1200 рёбер (связей), 720 граней и 119 (пояснение – см. ответ на **вопрос 4**) ячеек додекаэдрической формы.

Или для C_{600} :

Каждый атом (вершина додекаплекса) образует 4 связи (рёбра додекаплекса), одна связь находится между двумя атомами, всего $600 \cdot 4 / 2 = 1200$ связей (рёбер додекаплекса).

Каждый атом (вершина додекаплекса) принадлежит шести граням додекаплекса, на каждой грани 5 атомов, всего $600 \cdot 6 / 5 = 720$ граней додекаплекса.

Каждая грань додекаплекса принадлежит двум ячейкам додекаплекса, в каждой додекаэдрической ячейке 12 граней, всего $720 \cdot 2 / 12 = 120$ ячеек додекаплекса.

4. Рисунок 2: при проецировании C_{20} на одну из граней, внутри этой грани будут 11 пятиугольников, 12-й пятиугольник – внешний.

Точно так же при проецировании додекаплекса в одну из его ячеек, внутри получаем на одну ячейку меньше – 119 вместо 120. То есть, в проекции Шлегеля додекаплекса недостающая ячейка – внешний додекаэдр, образованный 20-ю атомами первого (внешнего) слоя.

Красивый пример наглядной визуализации способа «сборки» 3D проекции Шлегеля додекаплекса из 120 додекаэдров можно увидеть здесь: <http://www.youtube.com/watch?v=MFRRW9goTs>

Двойная спираль... нанотрубки (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

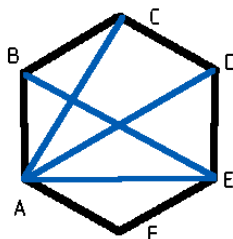


Рисунок 3

При проведении расчётов нам понадобится ряд параметров правильного шестиугольника $ABCDEF$ (рис. 3). Рассчитаем их исходя из геометрических соображений. Обозначим: $AB = a$ – длина стороны правильного шестиугольника, $AD = d'$ – длина большой диагонали, $AC = d$ – длина малой диагонали. Поскольку все углы в правильном шестиугольнике равны, величина каждого из углов составляет $180(n-2)/n = 180 \cdot 4/6 = 120^\circ$.

Найдём углы между диагоналями. Малая диагональ AC отсекает от шестиугольника равнобедренный треугольник $\triangle ABC$, в котором $\angle BAC = \angle BCA = (180 - 120)/2 = 30^\circ$. В свою очередь, $\triangle AEF = \triangle ABC$ и $\angle BAC = \angle FAE$. Тогда $\angle CAE = 120 - 30 - 30 = 60^\circ$. В тоже время, $\triangle CAD = \triangle EAD$, следовательно, $\angle CAD = \angle EAD = 60/2 = 30^\circ$.

Найдём длины диагоналей. Так как $\angle ACD = 90^\circ$ ($\angle BCD - \angle BCA = 120 - 30 = 90^\circ$), то $d' = CD/\sin(\angle CAD) = a/\sin 30^\circ = 2a$ и $d = AD \cdot \cos(\angle BAC) = 2a \cos 30^\circ = \sqrt{3}a$.

1. а) Через каждый атом хиральной углеродной нанотрубки проходит три типа спиралей. Первая и вторая группа спиралей направлены вдоль радиус-векторов. Для произвольных n, m число спиралей (+), закрученных вдоль вектора \vec{r}_2 , равно n , а число спиралей (-), закрученных вдоль вектора \vec{r}_1 , равно m . Третья группа спиралей направлена вдоль вектора $\vec{r}_1 - \vec{r}_2$ и состоит из $n + m$ спиралей.
- б) Для $n = m$ число спиралей равно n (группы спиралей, направленные вдоль радиус-векторов, переходят друг в друга при повороте трубки на 180° вокруг оси, перпендикулярной оси трубки; спираль, направленная вдоль вектора $\vec{r}_1 - \vec{r}_2$, вырождена в цепочки, сонаправленные с осью трубки).
- в) Для $m = 0$ число спиралей равно n (спираль, закрученная вдоль \vec{r}_1 , вырождается в кольцо, а направленные вдоль вектора $\vec{r}_1 - \vec{r}_2$ переходят в спираль (+) при повороте трубки на 180° вокруг оси, перпендикулярной оси трубки).

2. а) 1) Поскольку спирали из первой и второй групп закручиваются вдоль векторов \vec{i}_1 и \vec{i}_2 , угол подъёма для любой из спиралей – это угол между одним из этих векторов и вектором \vec{R} .

Для хиральных нанотрубок угол подъёма спиралей (+) $\angle 1$ равен углу между вектором \vec{i}_2 и вектором \vec{R} , а угол подъёма спиралей (-) $\angle 2$ равен углу между вектором \vec{i}_1 и вектором \vec{R} . Поскольку угол между векторами \vec{i}_1 и \vec{i}_2 постоянен ($\angle CAE = 60^\circ$, рис. 1), то величины углов взаимосвязаны ($\angle 1 + \angle 2 = 60^\circ$), и достаточно найти лишь один из них.

Рассмотрим $\triangle ABC$ (рис. 4).

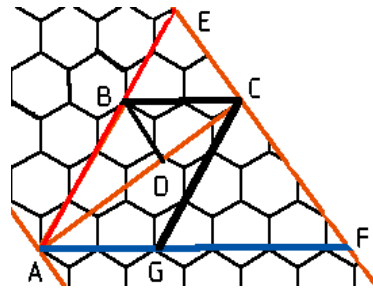


Рисунок 4

Здесь $\angle BAC = \angle 1 = \alpha$, $\angle BCA = \angle 2 = 60^\circ - \alpha$, так как $\triangle ABC = \triangle ACG$ (из построения: $AB = md$, $AG = nd$, $AC = |\vec{R}|$ и $BC \parallel AG$, $BC = AG$, $GC \parallel AB$, $GC = AB$). $\angle ABC = 180^\circ - \alpha - (60^\circ - \alpha) = 120^\circ$. Из вершины B опустим перпендикуляр BD на сторону AC . Выражая BD для прямоугольных треугольников $\triangle ABD$ и $\triangle CBD$, получаем:

$$\angle 1 = \alpha = \arctg\left(\frac{\sqrt{3}n}{2m+n}\right), \quad \angle 2 = 60^\circ - \alpha = 60^\circ - \arctg\left(\frac{\sqrt{3}n}{2m+n}\right).$$

Или
$$\operatorname{tg}(60^\circ - \alpha) = \frac{\sin(60^\circ - \alpha)}{\cos(60^\circ - \alpha)} = \frac{\sin 60^\circ \cos \alpha - \cos 60^\circ \sin \alpha}{\cos 60^\circ \cos \alpha + \sin 60^\circ \sin \alpha} = \frac{\sqrt{3} - \operatorname{tg} \alpha}{1 + \sqrt{3} \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\sqrt{3}m}{2n+m},$$

$$\angle 2 = \arctg\left(\frac{\sqrt{3}m}{2n+m}\right).$$

Или, воспользовавшись тригонометрическим соотношением $\frac{1}{1 - \sin^2 \alpha} = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha$,

получаем

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \sqrt{1 - \frac{1}{1 + (\sqrt{3}n/2m + n)^2}} = \frac{\sqrt{3}n}{2\sqrt{m^2 + mn + n^2}},$$

$$\angle 1 = \alpha = \arcsin\left(\frac{\sqrt{3}n}{2\sqrt{m^2 + mn + n^2}}\right).$$

$$\sin(60^\circ - \alpha) = \sin 60^\circ \cos \alpha - \cos 60^\circ \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}m}{2\sqrt{m^2 + mn + n^2}},$$

$$\angle 2 = \arcsin\left(\frac{\sqrt{3}m}{2\sqrt{m^2 + mn + n^2}}\right).$$

Также запишем $\cos \alpha = \frac{2m + n}{2\sqrt{m^2 + mn + n^2}}$, $\cos(60^\circ - \alpha) = \frac{2n + m}{2\sqrt{m^2 + mn + n^2}}$.

2) Рассмотрим спирали, направленные вдоль вектора $\vec{r}_1 - \vec{r}_2$ (Рис. 5, зеленая прямая).

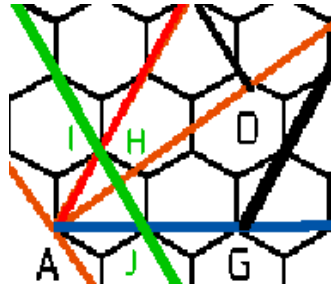


Рисунок 5

Угол подъёма данной спирали равен

$\angle ANI = \beta = 180^\circ - \angle AIN - \angle HAI = 180^\circ - 60^\circ - \alpha$. ($\angle AIN = 60^\circ$, так как $AI = IJ = JA = d$, $\triangle AIJ$ – равносторонний).

$$\sin \beta = \sin(120^\circ - \alpha) = \sin 120^\circ \cos \alpha - \cos 120^\circ \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}(m+n)}{2\sqrt{m^2 + mn + n^2}} \quad (\sin \beta = \sin \alpha + \sin(60^\circ - \alpha)),$$

$$\cos \beta = \cos(120^\circ - \alpha) = \cos 120^\circ \cos \alpha + \sin 120^\circ \sin \alpha = \frac{n-m}{2\sqrt{m^2 + mn + n^2}} \quad (\cos \beta = \cos(60^\circ - \alpha) - \cos \alpha),$$

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg}(120^\circ - \alpha) = \frac{\sin(120^\circ - \alpha)}{\cos(120^\circ - \alpha)} = \frac{\sqrt{3}(m+n)}{n-m}.$$

б) При $n = m$ угол подъёма спиралей равен углу между малой диагональю (вектор \vec{r}_1 либо \vec{r}_2) и большой диагональю (совпадает с вектором \vec{R}) правильного шестиугольника. (Визуальное решение, при построении примера трубки на сетке из шестиугольников). Или $\angle 1 = \operatorname{arctg}(\sqrt{3}m/3m) = 30^\circ$, $\angle 2 = 30^\circ$.

в) При $m = 0$ угол подъёма спиралей равен углу между малыми диагоналями правильного шестиугольника (угол между векторами \vec{r}_1 и \vec{r}_2). (Визуальное решение, при построении примера трубки на сетке из шестиугольников). Или $\angle 1 = \arctg(\sqrt{3}) = 60^\circ$, $\angle 2 = 0$ – спираль вырождена в кольцо.

3. а) 1) Для расчёта длины витка L и шага K для первой группы спиралей необходимы некоторые дополнительные построения (рис. 4): точки E, F такие, что $\angle ECA = \angle FCA = 90^\circ$ (так как вектор \vec{R} перпендикулярен направлению трубки).

Рассмотрим прямоугольные треугольники $\triangle ACE$ и $\triangle ACF$. Здесь $AC = |\vec{R}|$, $AE = L_1$ (длина витка спирали (+)), $AF = L_2$ (длина витка спирали (-)), $EC = K_1$ (шаг спирали (+)), $CF = K_2$ (шаг спирали (-)), $\angle EAC = \alpha$, $\angle CAF = 60^\circ - \alpha$. Выразим искомые величины: $L_1 = |\vec{R}|/\cos\alpha$, $K_1 = |\vec{R}| \cdot \operatorname{tg}\alpha$ и $L_2 = |\vec{R}|/\cos(60^\circ - \alpha)$, $K_2 = |\vec{R}| \cdot \operatorname{tg}(60^\circ - \alpha)$.

Найдём $|\vec{R}|$ через свойства прямоугольных треугольников $\triangle ABD$ и $\triangle CBD$:

$$|\vec{R}| = AB \cdot \cos\alpha + BC \cdot \cos(60^\circ - \alpha) = md \frac{2m+n}{2\sqrt{m^2+mn+n^2}} + nd \frac{2n+m}{2\sqrt{m^2+mn+n^2}} = d\sqrt{m^2+mn+n^2}$$

или, по теореме косинусов,

$$|\vec{R}|^2 = AB^2 + BC^2 - 2 \cdot AB \cdot BC \cdot \cos(\angle ABC) = (md)^2 + (nd)^2 - 2mnd^2 \cdot \cos 120^\circ,$$

$$|\vec{R}| = d\sqrt{m^2+n^2-2mn \cdot (-0,5)} = d\sqrt{m^2+mn+n^2}.$$

Радиус спирали для всех типов нанотрубок равен $r = |\vec{R}|/2\pi$. Подставляя

выражение для $|\vec{R}|$, получим

$$r = (d/2\pi) \cdot \sqrt{m^2+mn+n^2} = (\sqrt{3}a/2\pi) \cdot \sqrt{m^2+mn+n^2} = 0,039\sqrt{m^2+mn+n^2} \text{ нм.}$$

Найдём L_1 и L_2 :

$$L_1 = \frac{|\vec{R}|}{\cos\alpha} = \frac{d\sqrt{m^2+mn+n^2}}{(2m+n)/(2\sqrt{m^2+mn+n^2})} = 2d \frac{m^2+mn+n^2}{2m+n}, \quad L_1 = 0,492 \frac{m^2+mn+n^2}{2m+n}$$

нм

$$L_2 = \frac{|\vec{R}|}{\cos(60^\circ - \alpha)} = \frac{d\sqrt{m^2+mn+n^2}}{(2n+m)/(2\sqrt{m^2+mn+n^2})} = 2d \frac{m^2+mn+n^2}{2n+m}$$

$$L_2 = 0,492 \frac{m^2+mn+n^2}{2n+m} \text{ нм}$$

Найдём K_1 и K_2

$$K_1 = |\vec{R}| \cdot \operatorname{tg} \alpha = d\sqrt{m^2 + mn + n^2} \cdot \frac{\sqrt{3}n}{2m + n} = \sqrt{3}d \frac{n\sqrt{m^2 + mn + n^2}}{2m + n}$$

$$K_1 = 0,426 \frac{n\sqrt{m^2 + mn + n^2}}{2m + n} \text{ нм}$$

$$K_2 = |\vec{R}| \cdot \operatorname{tg}(60^\circ - \alpha) = d\sqrt{m^2 + mn + n^2} \cdot \frac{\sqrt{3}m}{2n + m} = \sqrt{3}d \frac{m\sqrt{m^2 + mn + n^2}}{2n + m}$$

$$K_2 = 0,426 \frac{m\sqrt{m^2 + mn + n^2}}{2n + m} \text{ нм.}$$

2) Рассмотрим спирали, направленные вдоль вектора $\vec{r}_1 - \vec{r}_2$. Для $n > m$ $\beta < 90^\circ$.

$$L_3 = \frac{|\vec{R}|}{\cos \beta} = \frac{d\sqrt{m^2 + mn + n^2}}{(n - m)/(2\sqrt{m^2 + mn + n^2})} = 2d \frac{m^2 + mn + n^2}{n - m}, \quad L_3 = 0,492 \frac{m^2 + mn + n^2}{n - m}$$

нм.

$$K_3 = |\vec{R}| \cdot \operatorname{tg} \beta = d\sqrt{m^2 + mn + n^2} \cdot \frac{\sqrt{3}(m + n)}{n - m} = \sqrt{3}d \frac{(m + n)\sqrt{m^2 + mn + n^2}}{n - m},$$

$$K_3 = 0,426 \frac{(m + n)\sqrt{m^2 + mn + n^2}}{n - m} \text{ нм.}$$

б) Если $n = m$, то $AB = CG = BC = AG = md$, $\angle EAC = \angle CAF = 30^\circ$. Следовательно, $\triangle ACE = \triangle ACF$ и $AE = AF = L$, $EC = CF = K$.

Найдём $|\vec{R}|$: $|\vec{R}| = 2AD = 2 \cdot AB \cdot \cos 30^\circ = 2md \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}md$ или

$$|\vec{R}| = d\sqrt{m^2 + m \cdot m + m^2} = \sqrt{3}md.$$

Найдём r, L, K : $r = \sqrt{3}md/2\pi = 0,068m$ нм,

$$L = \frac{|\vec{R}|}{\cos 30^\circ} = \frac{2 \cdot AB \cdot \cos 30^\circ}{\cos 30^\circ} = 2md = 0,492m \text{ нм,}$$

$$K = |\vec{R}| \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = \sqrt{3}md/\sqrt{3} = md = 0,246m \text{ нм.}$$

Или, согласно выведенным выше формулам, при $n = m$

$$L_1 = 2d \frac{m^2 + m \cdot m + m^2}{2m + m} = 2md = 0,492m \text{ нм, } L_2 = 2d \frac{m^2 + m \cdot m + m^2}{2m + m} = 2md = 0,492m$$

нм, $L_1 = L_2$,

$$K_1 = \sqrt{3}d \frac{m\sqrt{m^2 + m \cdot m + m^2}}{2m + m} = md = 0,246m \text{ нм,}$$

$$K_2 = \sqrt{3}d \frac{m\sqrt{m^2 + m \cdot m + m^2}}{2m + m} = md = 0,246m \text{ нм,}$$

$$K_1 = K_2.$$

в) Если $m = 0$, то получаем вырожденный случай: точки C, F, G совпадают, остается один прямоугольный треугольник ΔACE , в котором

$$AC = nd \left(|\vec{R}| = d\sqrt{(0^2 + 0 \cdot n + n^2)} = nd \right), \angle EAC = 60^\circ.$$

$$r = nd/2\pi = 0,039n \text{ нм},$$

$$L = \frac{|\vec{R}|}{\cos 60^\circ} = \frac{nd}{1/2} = 2nd = 0,492n \text{ нм}, K = |\vec{R}| \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = nd \cdot \sqrt{3} = 0,426n \text{ нм}.$$

Последнюю величину также можно найти геометрически:

$$ma + md' = m(a + 2a) = 3ma = 0,426m \text{ нм}.$$

Или, согласно выведенным выше формулам, при $m = 0$

$$L_1 = 2d \frac{0^2 + 0 \cdot n + n^2}{2 \cdot 0 + n} = 2nd = 0,492n \text{ нм}, \quad L_2 = 2d \frac{0^2 + 0 \cdot n + n^2}{2n + 0} = nd = |\vec{R}| \quad -$$

вырожденный случай.

$$K_1 = \sqrt{3}d \frac{n\sqrt{0^2 + 0 \cdot n + n^2}}{2 \cdot 0 + n} = \sqrt{3}nd = 0,426n \text{ нм}, \quad K_2 = \sqrt{3}d \frac{0 \cdot \sqrt{0^2 + 0 \cdot n + n^2}}{2n + 0} = 0.$$

4. Как можно видеть, на величину d по ходу витка спирали приходится два атома углерода (по рис. 3: 0,5 атома A (так как общий с предыдущей ячейкой) + 1 атом B + 0,5 атома C (так как общий со следующей ячейкой)).

$$\text{а) 1) } N_{L_1} = 2 \frac{L_1}{d} = 4 \frac{m^2 + mn + n^2}{2m + n} \text{ и } N_{L_2} = 2 \frac{L_2}{d} = 4 \frac{m^2 + mn + n^2}{2n + m}.$$

На один виток спирали будет приходиться целое число атомов только при условии $4(m^2 + mn + n^2) = x(2m + n)$ (для N_{L_1}) и $4(m^2 + mn + n^2) = y(2n + m)$ (для N_{L_2}), где x, y - целые числа.

2) Рассмотрим спирали, направленные вдоль вектора $\vec{r}_1 - \vec{r}_2$.

$$N_{L_3} = 2 \frac{L_3}{d} = 4 \frac{m^2 + mn + n^2}{n - m}.$$

б) Если $n = m$, $N_L = 4m$ - всегда целое число атомов.

в) Если $m = 0$, $N_L = 4n$ - всегда целое число атомов.

6. Избирательная окраска материала в отраженном свете может проявляться за счет избирательного поглощения части излучения в видимой области спектра, либо из-за дифракции на периодических элементах структуры. В описанном в задаче случае, очевидно, реализуется второй механизм, так как материал может быть при некоторой концентрации ламелей бесцветным (а значит, избирательного поглощения не происходит).

Запишем условие Вульфа-Брэггов для возникновения дифракционного максимума (с учетом длины волны синего света 410 нм и для первого порядка дифракции): $2d \cdot \sin\theta = n \cdot \lambda = 410$, откуда $d = 205/\sin\theta$ (нм).

Заметим, что при неизменном угле падения света длина волны максимума дифракции прямо пропорциональна периоду дифракционной решетки. При увеличении концентрации ДПИ период решетки уменьшается, поэтому и длина волны отраженного света уменьшается, т.е. окраска материала смещается в «синюю» часть спектра. Соответственно, для материалов, приготовленных при концентрации ДПИ 0.10, 0.13 и 0.17 моль/л возможны следующие комбинации окрасок:

Бесцветный/зеленый/синий

Зеленый/синий/бесцветный

7. Конечную толщину образца можно оценить исходя из смещения максимума спектра отражения (см. вопрос 6). Изменение максимума спектра отражение соответствует изменению периода дифракционной решетки в $740/500 = 1.48$ раза. С учетом неизменности объема, ширина образца должна уменьшиться в $2/1.48 = 1.35$ раза. Таким образом, толщина деформированного образца составит $0.1/1.48 = 0.068$ см, а ширина $1.0/1.35 = 0.74$ см.

Анизотропия деформации связана с тем, что сжатие образца в направлении, перпендикулярном ориентации ламелей, сопровождается лишь упругой деформацией полимерных цепей, тогда как изменение ширины образца дополнительно подразумевает частичное разрушение прочно связанных ламелей.

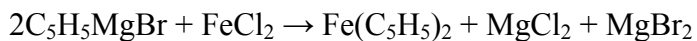
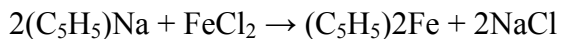
8. Смещение максимума спектра отражения до 410 нм соответствует уменьшению периода дифракционной решетки в $740/410 = 1.80$ раза по сравнению с первоначальным. Принимая во внимание расчеты из вопроса 7 и считая, что деформационные свойства материала в области сравнительно малых деформаций от ее величины не зависят, получим, что такому изменению толщины соответствует удлинение образца в $2 \cdot 1.80/1.48 = 2.4$ раза.

Молекулярные аккумуляторы (2012, заочный теоретический («грантовый») тур)

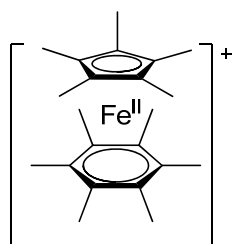
1. Цитохромы (железо), фталоцианины (медь), другие.



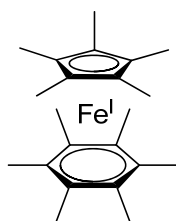
2. C_5H_5^- , +2



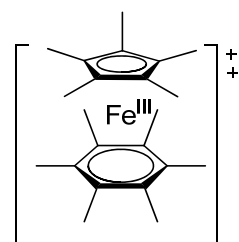
- 3.



$[\text{C}_{22}\text{H}_{33}\text{Fe}]\text{PF}_6$



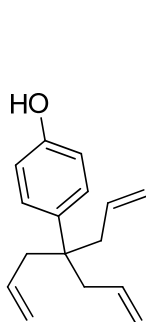
X



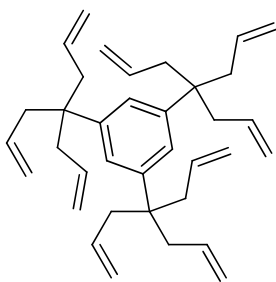
Y

4. $\text{C}_6\text{Me}_6/\text{AlCl}_3/\text{Al}$

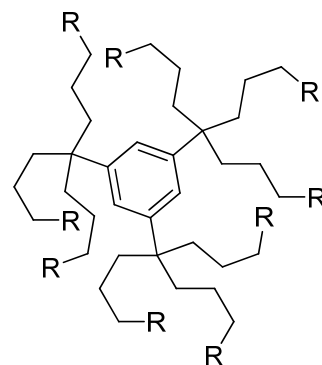
- 5.



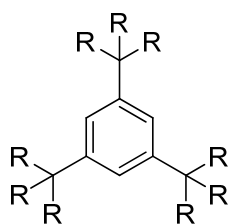
A3



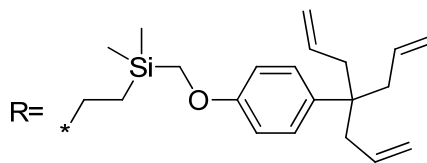
A5



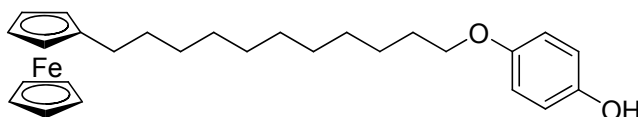
A6 R = $\text{SiMe}_2\text{CH}_2\text{Cl}$



A7



6. $N = 3^{(i+2)}$, где i – номер генерации



- 7.

A8

8. При окислении электронейтральные ферроценовые фрагменты переходят в положительно заряженные, которые, отталкиваясь друг от друга, приводят к увеличению размеров дендримера (по данным прямых измерений – приблизительно на 50%).

Вариативные задачи (2012, очный тур, 7 – 11 класс)

1. При ответе учитывались любые варианты рассекания частицы, самый простой из них - разрезание частицы пополам через диагональ стороны (перпендикулярно другой соответствующей диагонали).
2. Необходимо подсчитать 2^8 степени и на эту величину разделить 100 нм.
3. Положение источника (предполагается, что расстояние от нанотрубки отсчитывается от ее основания) можно установить точно, поскольку есть расстояния 500 нм (нижний катет) и 300 нм (перпендикулярный катет). Если провести воображаемую линию через источник и вершину нанотрубки, то в месте касания линии с подложкой закончится "тень" и уже будут осаждаться наночастицы, поэтому нужно рассчитать длину катета получившегося треугольника, прилежащего к подложке.
4. Ничего сложного, нужно только не ошибиться в последовательности пропорций. Примерно полмикрона.
5. Нужно одно разделить одно на другое. Роботу нужно 200 точек, что займет 200 миллисекунд.
6. Типичная задача на сложение скоростей. Наверное, чтобы догнать у самых ворот (то есть бежать минимально быстро и исчерпать весь запас расстояния), это должно быть хотя бы 11 нм в секунду (скорость "догоняния" тогда 1 нм/с, то есть 100 секунд на покрытия расстояния в 100 нм относительно Пети, а он за это время как раз добежит до ворот, $1000:10 = 100$).
7. Нужно знать формулу площади круга ("пи эр квадрат"), то есть максимальную площадь "проекции" пылинки на плоскость в самом толстом, экваториальном, месте ($3.14 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-18} \text{ м}^2$), затем подсчитать, сколько суммарно 150 миллиардов пылинок имеют по площади (максимального) сечения, умножив площадь сечения одной пылинки на $1.5 \cdot 10^{11}$ (получится $1.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$). 15 см^2 - это $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Поэтому если не учитывать промежутки между плотно лежащими круглыми частицами (чтобы учесть, можно было бы просто их сечение принять за квадраты со стороной, равной диаметру, что тоже принималось, как решение), то потребуется примерно один день.
8. Если диск принять для простоты за цилиндр, то его объем составит $2 \cdot 3.14 \cdot 7.5 \cdot 7.5 / 4 \text{ мкм}^3 \sim 89 \text{ мкм}^3$. Объем шара $(4/3) \cdot 3.14 \cdot r^3$. Объем сохраняется, поэтому диаметр будет равен кубическому корню из $3 \cdot 7.5 \cdot 7.5$ (после всех сокращений в дробях), то есть около 5.5 микрон.

9. Одно умножить на другое, $10^{-3} \text{ с} \cdot 10^{-2} \text{ м/с} = 10^{-5} \text{ м}$ или 10 микрон.
10. Из-за малости массы наночастиц серебра и плотности сока огурца к плотности воды можно просто 0.05 г "растворенного" вещества (коллоида) разделить на массу 4 стаканов (одного литра) воды, что около 1000 г. Что - то около $5 \cdot 10^{-3}$ масс. %.
11. На воздухе ворсинки листьев толоса "перемешаны" с воздухом (граница воздух - жидкость), что лучше, чем в вакууме, когда между ворсинками ничего нет и туда легче проникать жидкости.
12. Вирус слишком мал для хоботка. У хлоропласта толстая оболочка - мембрана.
13. В молочном стекле частички становятся столь большими, что начинают рассеивать свет.
14. Такая задача была на заочных отборочных турах. На просвет виден непоглощенный свет, оставшийся от "белого", а сбоку - рассеянный.
15. Это известный эффект пирофорности. При большой поверхности соприкосновения наночастиц кремния он реагирует с кислородом воздуха (окисляется, сгорает...).
16. Клетки (многие) лучше образуют ткани на шероховатых поверхностях.
17. Первое - обеспечение баланса между прочностными (механическими) свойствами и массой (весом) в этом природном композитном материале. Второе - необходимость наличия кровеносных сосудов и клеток, регенирирующих костную ткань (остеобластов) внутри пор.
18. Старый, давно известный физический вопрос. В вакууме масса и вес различаться не будут. На воздухе массы будут, конечно, по - прежнему одинаковы, но карбид вольфрама из - за более высокой плотности будет более компактным, поэтому выталкивающая архимедова сила будет в большей степени воздействовать на углеродные нанотрубки (более объемистые и пушистые), поэтому они весам, определяющим вес (а не массу) будут казаться легче (а карбид вольфрама будет казаться тяжелее по весу, но только в среде, где присутствует воздух, жидкость и пр., то есть в условиях, когда может действовать архимедова сила).
19. Лучше всего подходит диоксид титана. Он является полупроводником - фотокатализатором и при облучении светом (ультрафиолетовым или просто солнечным) будет приводить к разрушению органических составляющих, часто, как клей, удерживающих грязь на стенах зданий. В результате (после дождика, например, в четверг) может произойти самоочищение поверхности. Кроме того, диоксид титана стабилен химически и фотохимически, представляет собой белый пигмент. Оксид цинка также мог бы подойти, имея похожие свойства, но он не настолько стабилен против внешних химических факторов.

20. Магнитные наночастицы обычно суперпарамагнитны, то есть могут разворачивать магнитным полем и не сохранять суммарный "вектор" намагниченности при снятии поля. Если каким-то образом зафиксировать каждую наночастицу в пространстве, то у системы появится - такая "память" о том, что ее намагничивали, хотя тепловое движение будет стараться стереть эту "память". В любом случае, наночастицы, в силу малости своих размеров, не способны запасти большую магнитную энергию и делать из них сильный постоянный магнит не стоит.
21. Если снежинка находится при температуре 0°C , то есть готова растаять, то никакое их количество не превратит эритроцит в лед, поскольку при тепловом контакте температура выравнивается и поэтому ниже нуля эритроцит так не охладить. А это необходимо, потому что внутри клетки - раствор, который замерзает только ниже нуля градусов Цельсия. Если же снежинка сильно охлаждена ниже нуля, то может быть достаточно и одной снежинки.
22. Объем тетраэдра равен кубу длины ребра с коэффициентов корень из двух, разделить на 12. Поэтому нужно найти x в уравнении $(4/3) \cdot 3.14 x^3 = 4^3 \cdot 1.41 / 6$, то есть $x \sim 1.53$, а диаметр составит около 3 нм.
23. Для начала необходимо рассчитать суммарную площадь граней одной частицы, их шесть - две одинаковые с площадью a^2 и четыре большего размера, площадью $2a^2$. Поэтому площадь одной частицы равна $10a^2$. Удельная поверхность частиц - это их площадь, отнесенная на единицу массы, поэтому необходимо рассчитать объем и через плотность - массу частиц. Объем одной частицы - $2a \cdot a^2$ (произведение площади основания прямоугольного параллелепипеда на высоту), поэтому масса - $2.6 \cdot 2a \cdot a^2 = 5.2 a^3$ (или $5.2 \cdot 10^6 a^3$, если a измеряется в метрах, а масса в граммах). Для любого количества N одинаковых частиц с указанными параметрами их площадь на единицу массы будет $10a^2 / (5.2 \cdot 10^6 a^3) \sim 2 \cdot 10^{-6} / a$, то есть чем меньше частицы, тем больше их удельная площадь поверхности, как и должно быть. Если эта величина $100 \text{ м}^2/\text{г}$ (величина взята в квадратных метрах на грамм!), то $100 = 2 \cdot 10^{-6} / a$ (a - в метрах), то есть $a = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 20 \text{ нм}$.
24. Нужно рассчитать молекулярную массу золотохлористоводородной кислоты, $1 + 197 + 4 \cdot 35.5 = 340 \text{ г/моль}$. В 1 грамме будет 0.003 моль или $0.003 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \sim 2 \cdot 10^{21}$ частиц (формульных единиц). Если одной формульной единицы со 100% выходом образуется 1 атом золота (по молям), то из 256 формульных единиц сформируется 1 кластер Au_{256} , то есть кластеров по молям (числу) будет в 256 раз меньше, чем золотохлористоводородной кислоты, то есть $2 \cdot 10^{21} / 256 = 7.8 \cdot 10^{19}$.

Размер имеет значение (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс)

Наноштопор (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс)

Хиральные нанотрубки (2012, очный тур, математика, 7 – 9 класс)

1. Из рисунков находим, что $n + m$ для рассматриваемых трубок равно 12, 12, 14 и 15, соответственно. Количество спиралей, закрученных вдоль одного из радиус-векторов, легко определяется по рисунку для первых трёх трубок и равно 4, 4 и 6, соответственно. Для четвёртой трубки на торце нужно выделить спирали, закрученные вдоль одного из радиус-векторов, и сосчитать их количество:

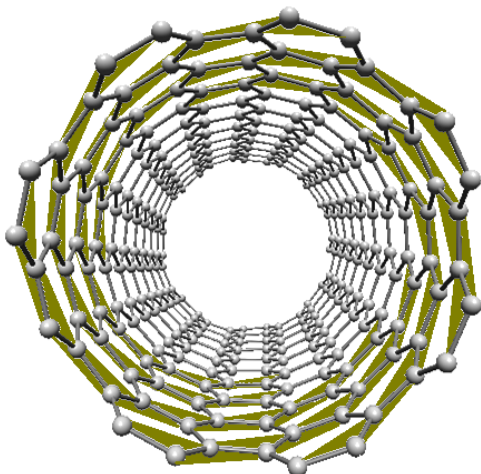


Рис. 2. Семь спиралей Трубки №4

- 1) (8,4); 2) (4,8); 3) (8,6); 4) (8,7). (Порядок индексов хиральности в обозначении трубки может быть обратным: (4,8), (8,4), (6,8) и (7,8), поскольку нет общепринятого соглашения о соответствии направления закрутки трубки и порядка записи индексов хиральности.)
Первые 2 трубки при совпадающих индексах хиральности закручены в разные стороны, то есть, являются энантиомерами.
2. $n = 0$ - кольцо, $n = m$ – не спиральные цепочки, направленные параллельно оси трубки.

Геометрия фуллерена (2012, очный тур, математика, 10 класс)

Зловредные бактерии (2012, очный тур, математика, 10 класс)

Высшие фуллерены (2012, очный тур, математика, 10 класс)

1 – 3. Выведем формулы для каждого ряда фуллеренов, исходя из числа атомов, размещающихся на треугольной «грань» икосаэдра. Существует 2 способа выделения симметричных треугольников на графеновом листе (Рис. 2). Обратим внимание, что вершины этих треугольников – это центры пятиугольников, лежащих в «вершинах» икосаэдров, а стороны треугольников – «ребра» икосаэдров.

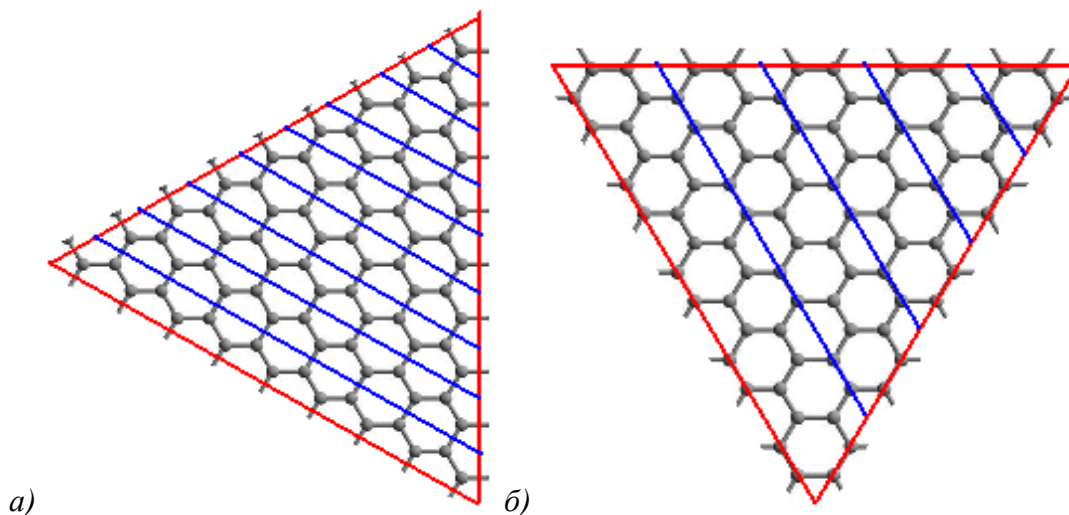


Рис. 2. а) Треугольная «грань» икосаэдра для членов первого ряда, б) треугольная «грань» икосаэдра для членов второго ряда.

Рассмотрим подробнее каждый из вариантов.

Вариант первый. (Рис. 2а) «Ребро» икосаэдра – это цепочка шестиугольников, соединенных через ребра. Данная цепочка соединяет ребра пятиугольников. Количество атомов, приходящихся на грань n -го члена ряда, равно:

$$\sum_{m=1}^n (2m-1) = 2 \sum_{m=1}^n m - n = 2 \frac{n(n+1)}{2} - n = n^2. \text{ Тогда общее число атомов } 20n^2. \text{ То есть,}$$

формально, первым членом ряда будет фуллерен C_{20} , имеющий форму додекаэдра. Но, если вернуться к построению треугольной «грань» с вершинами в центрах пятиугольников, то для $n = 1$, действительно, на такой «грань» получим всего один атом, принадлежащий одновременно трем пятиугольникам.

Вариант второй. (Рис. 2б, 3) В этом случае «ребро» икосаэдра проходит попеременно через сторону шестиугольника и большую диагональ следующего шестиугольника и соединяет вершины пятиугольников.

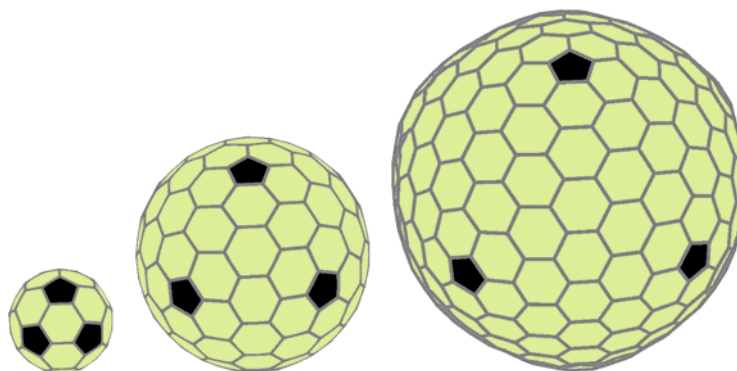


Рис. 3. Внешний вид первых представителей второго ряда фуллеренов.

Выведем формулу для определения количество атомов, приходящихся на грань n -го члена ряда. Для первого члена ряда: $(2 + 2 + 2)/2 = 3 = 3 \cdot 1$ - все атомы лежат на ребрах и, следовательно, принадлежат двум граням.

Для второго члена ряда: $(4 + 4 + 4)/2 = 6 = 3 \cdot 2$ на ребрах и $6 = 6 \cdot 1$ в центре грани.

Для третьего члена ряда: $(6 + 6 + 6)/2 = 9 = 3 \cdot 3$ на ребрах и $18 = 6 \cdot 3 = 6 \cdot (1+2)$ в центре грани.

Для четвертого члена ряда: $(8 + 8 + 8)/2 = 12 = 3 \cdot 4$ на ребрах и $36 = 6 \cdot 6 = 6 \cdot (1+2+3)$ в центре грани.

Следовательно, на грани n -го члена ряда: $3n + 6 \sum_{m=1}^{n-1} m = 3n + 6 \frac{(n-1)n}{2} = 3n^2$. Тогда

общее число атомов $20 \cdot 3n^2 = 60n^2$. То есть, первым представителем ряда будет C_{60} .

4. Если такой фуллерен существует, то должно выполняться условие $20n^2 = 60m^2$.

5. Но, поскольку $\frac{n}{m} = \sqrt{3}$ - число иррациональное (не может быть представлено соотношением натуральных чисел), то фуллерен, принадлежащий одновременно двум рядам, не существует.

Арифметика гипербакибола (2012, очный тур, математика, 11 класс)

1, 3, 5, 7 – центры ячеек лежат в вершинах Платонова тела – икосаэдра, (12 ячеек в слое).

2, 6 – центры ячеек лежат в вершинах Платонова тела – додекаэдра (20 ячеек в слое).

4 – в слое 30 ячеек, центры которых располагаются в вершинах усеченного икосаэдра.

8 – 1 ячейка.

+ 1 внешняя ячейка, в которую происходит проекция.

Итого: $12 \cdot 4 + 20 \cdot 2 + 30 + 1 + 1 = 120$ ячеек.

Поскольку ячейки не пересекаются, формула гипербакибола – это C_{7200} ($120 \cdot 60 = 7200$).

Сворачиваем нанотрубку (2012, очный тур, математика)

1. 1) Ширина полученного наноковрика равна длине вектора \vec{R} для зигзагообразной нанотрубки: $L = |\vec{R}| = \sqrt{3a\sqrt{n^2 + n \cdot 0 + 0^2}} = \sqrt{3}na$, где $a = 0,142$ нм – длина С-С связи.

Или: $|\vec{R}| = n|\vec{r}_1|$, $|\vec{r}_1| = \sqrt{3}a$ – длина малой диагонали правильного шестиугольника.

Тогда $L = |\vec{R}| = n \cdot \sqrt{3}a = \sqrt{3}na$.

Индекс хиральности равен $n = \frac{L}{\sqrt{3}a}$. Диаметр исходной трубки равен $d = \frac{L}{\pi}$.

2) Рассмотрим сверток. Его сечение можно представить как спираль расстоянием между витками $b = 0,34$ нм. Предположим, число витков в данном свертке равно x .

Тогда, диаметр данного свертка равен $d' = 2bx$.

Рассмотрим площадь сечения свертка. С одной стороны, она равна площади окружности с радиусом $r' = bx$ $S = \pi b^2 x^2$, с другой стороны, ее можно приблизительно оценить как произведение длины развертки L на шаг спирали b . То есть, $Lb = \pi b^2 x^2$. Находим:

$$L = \pi b x^2.$$

3) Запишем выражение для соотношения диаметров исходной нанотрубки и

свертка: $\frac{d}{d'} = \frac{L/\pi}{2bx} = \frac{bx^2}{2bx} = \frac{x}{2}$

Из условия известно, что $d/d' = 5$, следовательно, $x = 5 \cdot 2 = 10$.

Подставляя выражение для L из п.2 в выражение для нахождения индекса

хиральности n из п.1, получаем: $n = \frac{L}{\sqrt{3}a} = \frac{\pi b x^2}{\sqrt{3}a} = \frac{3,14 \cdot 0,34 \cdot 10^2}{\sqrt{3} \cdot 0,142} \approx 434$

Нанотрубка (434,0).

2. Посчитаем диаметр нанотрубки: $d = \frac{L}{\pi} = \frac{\sqrt{3}na}{\pi} = \frac{\sqrt{3} \cdot 434 \cdot 0,142}{3,14} = 34$ (нм).

Кроссворд «Наномир» (2012, очный тур, общие задачи, 7 – 9 класс)

1. Радикал.
2. Диаметр.
3. Золото.
4. Ангстрем.
5. Кресло.
6. Малек.
7. Ток.
8. Скотч.
9. Регби.
10. Микро.

Чистота - залог победы (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)

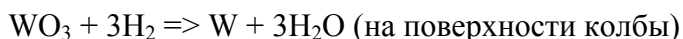
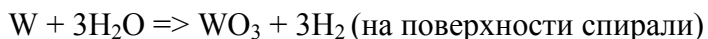
Любая пылинка, попавшая в оптоволокно, будет рассеивать свет, что приведет к сильному падению пропускной способности оптической жилки. Если примесь (например, переходные металлы) окрашивают оптоволокно, то падает его пропускная способность в определенном диапазоне, в целом, примеси также могут изменить коэффициент преломления локального участка, что нарушит оптический путь луча. Если при высокой температуре держать долго, то за счет диффузии граница между оболочкой и сердцевиной будет размываться, что приведет к падению функциональных характеристик оптоволокна.

Алюминий прочнее стали (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)

Инертный газ предотвращает окисление алюминия, струя разбивает расплавленный алюминий на мелкие капли, которые инертным же газом быстро охлаждаются, чтобы получился порошок. Углеродные нанотрубки упрочняют (армируют) расплав. Однако просто так в расплав их нельзя добавлять, потому что они плохо смачиваются, образуют агрегаты, в силу чего их достаточно трудно однородно распределить между зернами алюминия. Кроме того, скорее всего, нанотрубки будут просто находиться на поверхности расплава. Алюминий в обычных условиях не подвергается коррозии, поскольку его хорошо защищает от кислорода и влаги плотная оксидная пленка, покрывающая поверхность. Если поверхность алюминия натереть металлической ртутью, то пленка будет отслаиваться и самопроизвольно весь алюминий, как термодинамически и должно быть, перейдет в оксид и гидратированные оксиды алюминия.

Да будет свет! (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)

1. Вольфрам имеет одну из самых высоких температур плавления среди металлов, Одной из проблем первых ламп накаливания была примесь паров воды в заполняющем её газе. Присутствие паров воды вызывало протекание газотранспортной реакции вольфрама с раскалённой спирали на более холодные стенки лампы.



Локальное утончение спирали за счет таких реакций вызывает уменьшение поперечного сечения, сильный локальный перегрев спирали и ее разрушение.

Какого диаметра должна быть сферическая колба лампы, чтобы она покрылась слоем вольфрама толщиной 100 нм к моменту перегорания нити? Считайте, что масса нити 50 мг, а в лампе покрывается металлом ровно половина сферы.

Плотность вольфрама равна 19,3 г/см³.

Найдём объём вольфрама.

$$50/19,3 = 2,59 \text{ (мкл)} = 2,59 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 = 2,59 \cdot 10^{18} \text{ нм}^3$$

Площадь, которую он покроеет равна

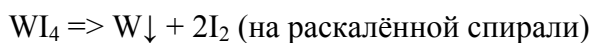
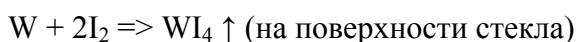
$$2,59 \cdot 10^{18} \text{ нм}^3 / 100 \text{ нм} = 2,59 \cdot 10^{16} \text{ нм}^2.$$

Так как это половина площади сферы (по условию), то умножим её на 2 и рассчитаем радиус по формуле $S = 4 \cdot \pi \cdot r^2$.

$$\text{Радиус равен } 6,42 \cdot 10^7 \text{ нм} = 6,42 \text{ (см)}$$

Диаметр равен 12,84 см.

2. Можно добавить иода. При этом протекают следующие реакции:



Добавка иода или брома проводит газотранспортную реакцию в противоположном направлении. Подобные лампы называются галогенными и работают дольше и в более "жестком" режиме.

3. Более современные источники света – люминесцентные и светодиодные лампы. Один из простых способов вызвать воспламенение без первичного воздействия открытого пламени – реакция фосфора с бертолетовой солью, перетираание сахара с перманганатом калия, реакция метилового спирта с CrO₃ и другие.

"Буран" (2012, очный тур, химия, 7 – 9 класс)

Днище может быть покрыто "жертвенным" углеродным материалом с низкой теплопроводностью и высокой температурой плавления (он вообще не плавится, а выгорает, защищая самые термонагруженные участки космического челнока - днище - от термошока и необратимого повреждения металлических конструкций). При металлизации происходит испарение металла при термоударе, а этот процесс требует затраты энергии, что спасает сам жертвенный материал от первого, самого жесткого, термического воздействия. При создании "Бурана" используется также другой важный материал - кварцевая вата, в том числе как компонент композитных материалов.

Суператомы (2012, очный тур, химия, 10 класс)

1. Икосаэдр наиболее близок по форме к сфере, поэтому имеет минимальное отношение площади поверхности к объему среди приведенных геометрических тел. Поэтому наночастицы в форме икосаэдра имеют меньшую поверхностную энергию, чем куб и тетраэдр с аналогичным количеством атомов.
2. Расстояние между вершинами икосаэдра a больше, чем расстояние от вершин до его центра R : $R = \frac{a}{2} \sin \frac{63,5^\circ}{2} \approx 0,95a$. Поэтому, в центре икосаэдра предпочтителен атом Al, который имеет меньшие размеры.
3. Число электронов ($N(N+1)$, $N = 1, 2, 3, 4, 5$): 2, 6, 12, 20, 30. Магические числа (суммарное количество электронов в N оболочках): 2, 8, 20, 40, 70.
Для кластера $AlBi_{12}$ (Al^{3+} и Bi^{3+} - предпочтительные степени окисления элементов) количество электронов равно $3 + 12 \cdot 3 = 39$. До ближайшего магического числа не хватает одного электрона, значит, $AlBi_{12}^-$ (или, для Bi^{5+} : $3 + 12 \cdot 5 = 63$, $AlBi_{12}^{7-}$, что, вследствие большого заряда, менее вероятно).
4. $s^2, p^6, d^{10}, f^{14}, g^{18}$. Заполненные электронные оболочки состоят из заполненных орбиталей. С учетом правила заполнения и отсутствия ограничений на l , получаем, что 1-й уровень суператома $1s^2$, второй $1p^6$, третий $1d^{10}2s^2$, четвертый $1f^{14}2p^6$, пятый $1g^{18}2d^{10}3s^2$.
Поэтому электронная конфигурация $AlBi_{12}^-$ будет $1s^2 1p^6 1d^{10} 2s^2 1f^{14} 2p^6$ или $1s^2 p^6 d^{10} f^{14} 2s^2 p^6$.

Химия нанотрубок (2012, очный тур, химия, 10 класс)

1 – 2. Атомы углерода в нанотрубках находятся в состоянии sp^2 гибридизации, для которой оптимально расположение связей под углом 60° в одной плоскости. Наибольшие отклонения от оптимального расположения связей будут в пятичленных циклах (углы меньше валентных) и для торцевых углеродных атомов (наибольшее отклонение связей от плоскости). Поэтому самые напряженные связи будут находиться в торцевом пятичленном цикле. Если разорвать все эти связи, то в нанотрубке больше не останется напряженных пятичленных циклов. Поскольку происходит полное окисление только самых напряженных связей (при этом не выделяется CO_2), то каждый торцевой пятичленный цикл переходит в 5 карбоксильных групп $-COOH$.



или



3. 1) Молярная масса нанотрубки C_{30+10k} составляет $12 \cdot (30+10k)$ г/моль, а молярная масса продукта реакции $C_{30+10k}O_{20}H_{10}$ составляет $12 \cdot (10k+30) + (16 \cdot 2 + 1) \cdot 10$ г/моль, то есть, при окислении масса трубки увеличивается на 330 г/моль.

2) Поскольку известно, что в смеси присутствуют ближайшие гомологи из ряда

$$30+10k, \text{ оценим среднее значение } k: \frac{\Delta m}{m(\text{сумма})} \cdot 100 = \frac{330}{360+120k} \cdot 100 = \frac{1100}{9+4k},$$

$$\frac{1100}{9+4k} = 10,24, k \approx 24,61.$$

Следовательно, гомологи: $k_1 = 24$, $n_1 = 30+10 \cdot 24 = 270$ и $k_2 = 25$, $n_2 = 30+10 \cdot 25 = 280$.

3) Обозначив долю коротких трубок как x , запишем в общем виде выражение для изменения массы смеси двух гомологов

$$\frac{\Delta m}{x m_k + (1-x) m_{k+1}} \cdot 100 = \frac{330}{x(360+120k) + (1-x)(360+120(k+1))} \cdot 100 = \frac{1100}{9+4(k-x+1)} = \frac{275}{k-x+3,25}$$

Тогда, для $k = 24$ из уравнения $\frac{275}{k-x+3,25} = 10,24$ находим $x = 0,39$.

Таким образом, смесь представляла собой 39% C_{270} и 61% C_{280} .

4) Рассчитаем длину окисленной формы в общем виде $C_{30+10k}O_{20}H_{10}$ как сумму длин фрагментов $C_5O_{10}H_5 + C_{20+10k} + C_5O_{10}H_5$.

Длина открытой трубки C_{20+10k} равна $2a + 1,5ak$. Тогда, для $k = 25$, длина равна $2a + 1,5ak = 0,142 \cdot (2 + 1,5 \cdot 25) = 5,61$ нм.



Примерная длина фрагмента $C_5O_{10}H_5$ равна длине одной карбоксильной группы и составляет не более $2a = 0,284$ нм. Тогда суммарная длина не превышает $5,61 + 2 \cdot 0,284 \approx 6,2$ нм

4. Окислительная обработка закрытых УНТ применяется для удаления торцевых «шапочек», раскрытия нанотрубок (доступ ко внутренней полости), а также для понижения гидрофобности УНТ.

Открытые УНТ могут применяться как наноконтейнеры. Открытые УНТ большего, чем рассматриваемый в задаче, диаметра могут использоваться в качестве нанодозаторов (нанопипеток).

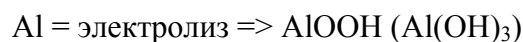
Наличие функциональных групп на концах окисленных УНТ открывает широкие возможности для их дальнейшей функционализации: для «пришивания» к анти телу (управление биологической активностью), для сопряжения с полимерами в композитных материалах, для дальнейшего повышения их гидрофильности.

Оценивались любые разумные варианты.

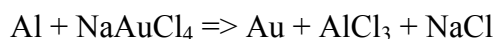
Наностержни для медицины (2012, очный тур, химия, 10 класс)

1. 1) Анодное окисление алюминия

Образование анодной плёнки из оксида алюминия. Плёнка содержит упорядоченную систему пор.



2) Образование золотой затравки обменной реакцией между алюминием и золотом



Затравка необходима для транспорта германия из газовой фазы через раствор в золоте на поверхность алюминия.

3) Прокаливание при 300 – полная дегидратация плёнки оксида алюминия.



Активные гидроксильные группы недопустимы, так как они будут реагировать с германием, превращая его в оксид

4) Рост германия через транспортную реакцию по золоту.

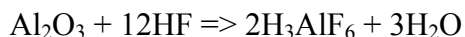
Растворение германия из плазмы в золоте, транспорт и формирование нанопалки за счёт кристаллизации германия

5) Выравнивание длины нанопалок из германия, удаление золотой “головки” и неравномерно выросших нитей.

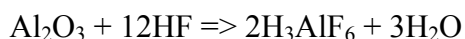
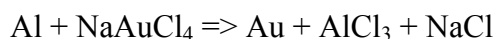
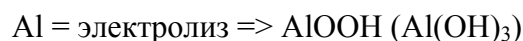
После выхода золотой затравки за пределы одномерного реактора (анодной поры) рост германия уже не будет одинаковым, и на поверхности возможно образование “щётки” из германия разной длины. При полировке происходит механическое подравнивание размеров нитей германия.

6) Растворение алюминия и оксида в плавиковой кислоте.

Матрица растворяется в плавиковой кислоте, германиевые наноструктуры высвобождаются.



Уравнения реакций:



2. Количество алюминия рассчитаем по формуле Фарадея.

$$n = I \cdot t / k \cdot F = 1 \cdot 20 / 3 \cdot 96484$$

$$n = 6,91 \cdot 10^{-5} \text{ (моль)}$$

Количество оксида алюминия равно $3,455 \cdot 10^{-5}$ (моль)

Масса оксида алюминия равна – $3,524 \cdot 10^{-3}$ (г)

Объём равен $9,655 \cdot 10^{-4}$ (см³)

С учётом пористости в 70% толщина плёнки (а, следовательно, и длина полученных нанопалок) составит $1,61 \cdot 10^{-3}$ (см) = 16,1 (мкм)

3. Да, возможно. Для этого перед удалением матрицы необходимо провести ионную имплантацию в германий. С одной стороны плёнки имплантировать бор (создание дырочной проводимости), со второй – фосфор (электронная проводимость). После отжига, необходимого для снятия напряжений и рекристаллизации, полученная структура будет готова.

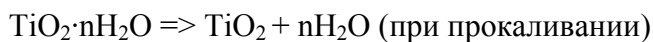
В медицине, по аналогии с кремниевыми квантовыми точками, данный продукт можно попытаться использовать в локальной фотодинамической терапии онкологических заболеваний.

Ферромагнитная жидкость (2012, очный тур, химия, 11 класс)

- $n(\text{Mn}) = 12 \text{ ммоль}$, $n(\text{Zn}) = 8 \text{ ммоль}$, $n(\text{Fe}^{3+}) = 40 \text{ ммоль}$, $n(\text{OH}^-) = 160 \text{ ммоль}$
Соотношение $\text{Mn}^{2+} : \text{Zn}^{2+} : \text{Fe}^{3+} : \text{OH}^- = 3 : 2 : 10 : 40$ или $1(\text{Mn}^{2+} + \text{Zn}^{2+}) : 2(\text{Fe}^{3+}) : 8\text{OH}^-$.
Это соответствует осаждению смешанного оксида со структурой шпинели:
 $0,6\text{Mn}^{2+} + 0,4\text{Zn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 8\text{OH}^- = \text{Mn}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- Олеиновая кислота, будучи поверхностно-активным веществом, стабилизирует наночастицы феррита, препятствуя их слипанию
- Ферромагнитная жидкость – коллоидный раствор, в жидкой дисперсионной среде которого распределены стабилизированные ферромагнитные наночастицы
- В медицине ферромагнитные жидкости используются для диагностики онкологических заболеваний, транспорта лекарств, лечения опухолей (под действием переменного магнитного поля наночастицы могут разогреваться, уничтожая опухоль – гипертермия)

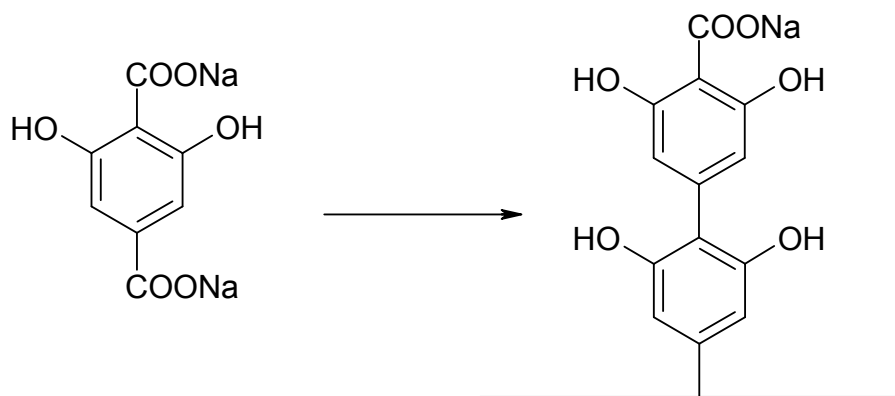
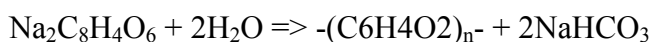
Рукописи не горят (2012, очный тур, химия, 11 класс)

1. При создании бумаги формируется плёнка анодного оксида на поверхности титана. Она имеет упорядоченное строение типа “соты”, и представлена большим количеством параллельных каналов. Общая схема реакции:



Нагрев был необходим для дегидратации полученной анодной плёнки двуокиси титана.

2. При нанесении записи протекал электролиз раствора 2,6-дигидрокситерефталата натрия (реакция Кольбе).



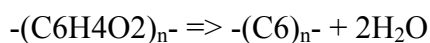
Получающийся полимер является полисопряжённым, следовательно, проводником.

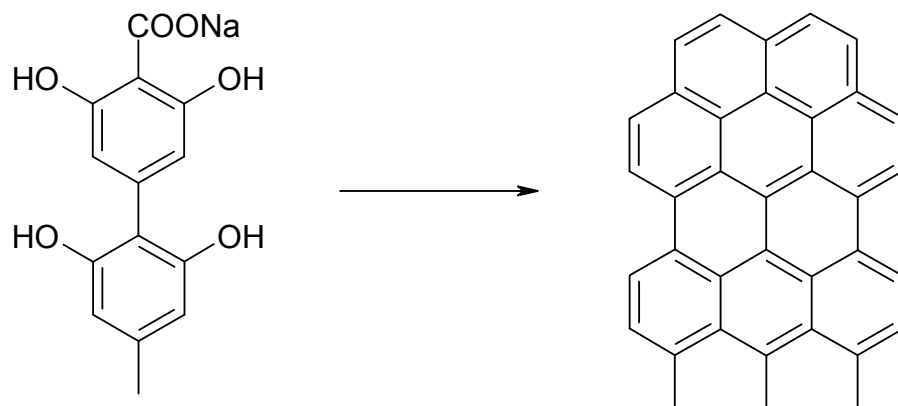
Это позволяет проводить электролиз до полного заполнения поры.

2,6-дигидрокситерефталат натрия при электролизе даёт кислородсодержащий полимер, который при протекании дегидратации превращается в графит.

Дегидратация протекает значительно легче и при более низких температурах, чем дегидрирование, которое необходимо было бы проводить, если бы исходным веществом был терефталат натрия.

При нагреве протекала следующая реакция:





3. Воспользуемся законом Фарадея

$$m = M_r \cdot I \cdot t / k \cdot F,$$

где m – масса вещества после электролиза

M_r – молярная масса

I – сила тока

t – время (сек)

k – количество переходящих электронов

$F = 96484$ (Кл/моль) – постоянная Фарадея

Объём поры равен

$$\pi r^2 \cdot h = 15708 \text{ (нм}^3\text{)}$$

Масса отложившегося вещества – $1,73 \cdot 10^{-17}$ г

Количество вещества $1,73 \cdot 10^{-17} / 108 = 1,6 \cdot 10^{-19}$ (моль)

Число переходящих электронов – 2.

Подставляем числа в формулу.

$$I = n \cdot k \cdot F / t = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 96484 / 2 = 1,54 \cdot 10^{-14} \text{ (А)}$$

4. Проще всего использовать иглу СТМ. Углеродный материал, заполняющий поры, будет проводником, обеспечит ток, и даст условный сигнал “1”, пустые ячейки – изоляторами – сигнал “0”.

Полимер (2012, очный тур, химия, 11 класс)

1. Бесцветный газ с резким запахом, применяемый в виде водного раствора в медицине – это аммиак NH_3 (*A*) (на него также указывает атом азота в соединении *C*).

Рассмотрим первую стадию синтеза: $C - A \Rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{O}_6\text{N} - \text{NH}_3 \Rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_6 = 3\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$. То есть, с аммиаком взаимодействует 3 молекулы вещества *B*: $\text{NH}_3 + 3\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2 = \text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{O}_6\text{N}$. Логично предположить, что каждая молекула *B* взаимодействует с каждым атомом водорода в составе аммиака: $C = \text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{O}_6\text{N} \Rightarrow \text{N}(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2)_3$.

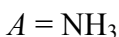
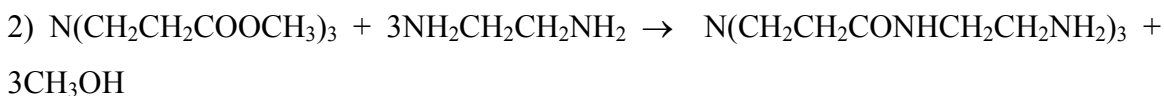
Рассмотрим вторую стадию синтеза. Поскольку в молекуле *E* на 6 атомов азота больше, чем в *C*, то можно предположить, что в реакцию вступают три молекулы этилендиамина.

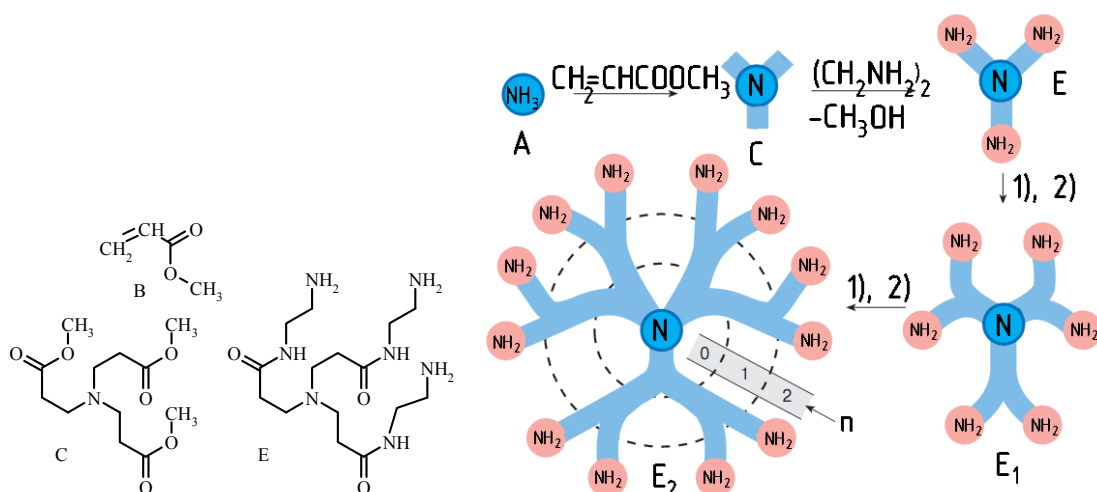
Тогда найдем *D*: $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{O}_6\text{N} + 3(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2) - \text{C}_{15}\text{H}_{33}\text{O}_3\text{N}_7 \Rightarrow \text{C}_3\text{H}_{12}\text{O}_3 = 3\text{CH}_4\text{O} = 3\text{CH}_3\text{OH}$

То есть ядовитая жидкость – это метанол CH_3OH .

Значит, молекула *B* $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ содержит $-\text{OCH}_3$ группу, и может быть представлена как $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{OCH}_3)$. Реакция вещества *C* с аминами и легкость полимеризации *B*, подсказывают, что молекула последнего содержит сложноэфирную группу и двойную связь. Тогда молекула *B* – это $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOCH}_3$ (метилакрилат), к которому на первой стадии происходит присоединение по Михаэлю аммиака и аминов.

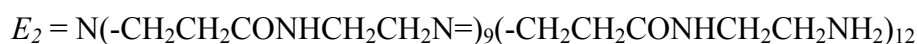
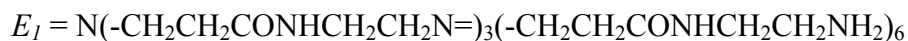
Уравнения реакций первых двух стадий синтеза:





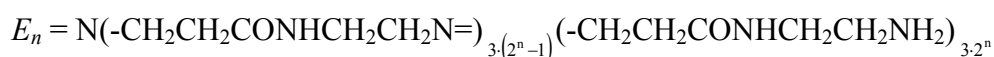
2. При замене аммиака на метиламин число первичных ветвей-дендронов уменьшится до двух, а в случае диметиламина – до одной, что приведет к понижению плотности получаемых дендримеров. При замене аммиака на триметиламин протекание первой стадии невозможно.

3. 1) Взаимодействие E с B протекает с участием концевых аминогрупп аналогично взаимодействию с аммиаком, то есть, к каждой из трех аминогрупп присоединяется по две молекулы $\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3$ – всего их будет 6.

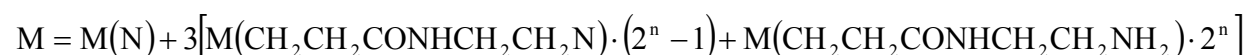


Таким образом, от центрального атома азота с каждой стадией «разрастаются» три одинаковые ветви. В каждой ветви можно выделить два типа линейных фрагментов – терминальные $(-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)$ и внутренние $(-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONHCH}_2\text{CH}_2\text{N}=\text{})$. С каждой стадией число терминальных фрагментов удваивается, то есть, для одной ветви E_n их общее число равно 2^n . В свою очередь, число внутренних фрагментов для одной ветви E_n – это сумма терминальных фрагментов всех предшествующих стадий: $0 + 1 + 2 + 4 + \dots + 2^{n-1} = 2^n - 1$ (сумма

геометрической прогрессии $\sum_0^{n-1} 2^m = \frac{2^{(n-1)+1} - 2^0}{2 - 1} = 2^n - 1$).



2)



$$M = 14 + 3[113 \cdot (2^n - 1) + 115 \cdot 2^n] = 684 \cdot (2^n - 1) + 359 = 684 \cdot 2^n - 325$$

4. Дендримеры. Мономерное звено $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONHCH}_2\text{CH}_2\text{N}=\text{}$.

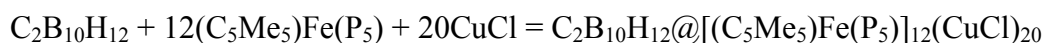
5. Применение:

- Поскольку, варьируя число стадий синтеза, можно получать сферические частицы практически одинакового и заранее известного размера, дендримеры часто используются как эталонные частицы, например, для калибровки молекулярных сит или в масс-спектрометрии. На основе молекулярных пленок дендримеров можно создавать молекулярные сита с заданными размерами пор.
 - Дендримеры (в отличие от многих других типов полимеров) имеют большое число реакционноспособных функциональных групп на поверхности молекулы, что открывает широкие возможности для их химической модификации, например, для химической пришивки фрагментов ДНК (для последующей доставки их в клетку) или молекул флуорофоров.
 - Дендримеры, имеющие гидрофобную «начинку» и гидрофильное окружение из концевых функциональных групп, могут быть использованы как мицеллы для инкапсуляции гидрофобных молекул лекарственных препаратов и последующей доставки их в клетку. Внешняя поверхность дендримеров может быть легко функционализирована, например, антителами для адресной доставки лекарств.
 - Дендримеры можно применять в качестве носителей для катализаторов. Подбором мономеров можно создавать полупроницаемые для субстратов оболочки дендримеров (повышение селективности катализаторов, защита катализатора).
 - Дендримеры имеют большое число групп, способных к комплексообразованию, как на поверхности, так и внутри глобулы и могут быть использованы для получения частиц, насыщенных атомами металлов. Такие частицы могут быть использованы, например, в качестве контрастов в медицине и биохимии.
- Оцениваются любые разумные предложения.

Темплатный синтез (2012, очный тур, химия, 11 класс)

1. Темплат – карборан $C_2B_{10}H_{12}$.

Фосфорно-медная оболочка состоит из пятичленных фосфорных циклов P_5 и шестичленных циклов P_4Cu_2 . По теореме Эйлера пятиугольников P_5 должно быть 12 (12 молекул $(C_5Me_5)Fe(P_5)$). Поскольку каждый атом меди принадлежит к трём атомам фосфора, то общее количество молекул $CuCl$, входящих в состав оболочки равно $12 \cdot 5/3 = 20$.



2. Является структурным аналогом C_{80} (Количество вершин равно $12 \cdot 5P + 20Cu = 80$). Атомы меди и хлора находятся в вершинах додекаэдров (по 20 атомов/вершин). Железо – икосаэдр (12).
3. Молекула A относится к супрамолекулярным комплексам «гость-хозяин». Изучением данного класса соединений занимается супрамолекулярная химия. К данному классу также относятся клатраты, карцеранды, ротаксаны, комплексы фермент-субстрат, эндоэдральные комплексы фуллеренов и другие. (Оценивались любые разумные варианты.)
4. 1) Получение наностержней при синтезе в матрице анодированного оксида алюминия.
2) Синтез монодисперсных частиц в мицеллах (квантовые точки, магнитные наностержни).
3) Обратные фотонные кристаллы из металлов (матрица – фотонный кристалл из монодисперсных стирольных или парафиновых шариков).
4) Синтез белков рибосомами на м-РНК, синтез комплементарной цепочки ДНК. Оценивались любые разумные варианты.

"Земноводные" (2012, очный тур, биология, 7 – 9 класс)

Сродство гемоглобина к кислороду в крови лягушек увеличивается, так как они зимуют в воде и зимой полностью переходят на кожное дыхание. Содержание глюкозы в крови лягушек возрастает, так как повышенное содержание глюкозы служит своеобразным «антифризом» и спасает кровь лягушек от замерзания

Нанороботы на службе здравоохранения (2012, очный тур, биология, 7 – 9 класс)

Нанороботы должны быть строго специфичными и с высокой точностью распознавать свою «мишень»; после окончания работы или срока годности нанороботы должны утилизироваться безвредным для организма образом, например, распадаться на продукты, выводимые почками. Не должны распознаваться клетками иммунной системы как «чужие», чтобы не было инактивации нанороботов клетками организма. Передвигаясь по организму, нанороботы должны использовать те же «транспортные пути», что и собственные клетки, чтобы избежать повреждений сосудов, тканей и т. д. «Подзарядка» нанороботов: лучше всего, на своем внутреннем резерве или с использованием веществ организма человека, но без большого потребления ресурсов.

Клетка «наощупь» (2012, очный тур, биология, 10 класс)

Методы: АСМ, а также сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), интерференционная микроскопия (вариант, когда отражение идет с поверхности клетки), м.б. иммуноферментные методы, хотя это уже не «наощупь», а регистрация флуоресценции, но тоже про поверхность, определение отдельных белковых молекул на поверхности клетки.

АСМ: Информация о поверхностном рельефе: могут быть теоретически различимы отдельные молекулы белков и их агрегаты (но есть технические ограничения для работы на живых клетках в жидкой среде), информация о "макрорельефе" (флуктуации мембраны, инвагинации, пузырьки, выросты и проч., поры, дырочки и складочки. Варианты с модифицированными зондами: спецификация по типам белков: антитела, адгезия. Упругость мембраны – используются широкие зонды. По упругости можно определить. Наличие на поверхности наночастиц (и не нано частиц). СЭМ – рельеф и м.б. состав (наличие например частиц металлов). Варианты интерференционной микроскопии – подвижность мембраны, ее динамические флуктуации – на краю или же в каждой точке клетки.

Капсиды (2012, очный тур, биология, 10 класс)

1. Защита генетической информации и ферментов-нуклеаз (если есть) вируса от внешних воздействий (в том числе – иммунной системы заражаемого организма),
 - «распознавание» нужных типов клеток,
 - связывание вириона с клеточной мембраной,
 - проникновение его в клетку путём взаимодействия с клеточными рецепторами,
 - уменьшение линейных размеров молекулы, несущей генетическую информацию вируса, путем ее плотной упаковки.
2. Легкость диссоциации капсида говорит о нековалентных типах связей. Водородные связи, гидрофобные взаимодействия, силы Ван-дер-Ваальса.
3. Размер белка, закодированного ДНК заданной длины, меньше размера этой молекулы ДНК. В то же время, НК вируса должна нести информацию не только о белке капсида. Поэтому, с точки зрения минимизации вирусом информации (а, следовательно, и уменьшая вероятность ошибки и увеличения надежности), оптимальным является вариант кодирования одного или нескольких коротких белков, образующих структурные единицы, из которых потом легко самособирается высокосимметричная оболочка.

Способность оболочки к легкой сборке/разборке на капсомеры может также положительно сказываться на легкости инкапсулирования НК вируса внутри капсида в процессе самосборки и на извлечении генетического материала из капсида в клетке.
4. Данные кислоты содержат дополнительные атомы азота, обуславливающие их основные свойства. В растворах эти аминокислоты частично существуют в виде положительных ионов.

Цепочка нуклеиновой кислоты несет в растворе большой отрицательный заряд фосфатных групп, который из-за кулоновского отталкивания препятствует ее сворачиванию и компактизации. Положительно заряженные группы данных аминокислот помогают частично нейтрализовать этот отрицательный заряд и плотнее упаковать цепочку нуклеиновой кислоты.
5. Для упаковки в цилиндрический капсид необходимо свернуть молекулу нуклеиновой кислоты в спираль с достаточно малым радиусом. Двойная спираль обладает большей жесткостью, чем одиночная цепочка нуклеотидов, поэтому из нее сложнее получить компактный цилиндр малого радиуса.

Сами по себе комплементарные спирали НК закручены друг вокруг друга с большим шагом и меньшим радиусом (а значит, менее компактно), чем одиночная спираль НК в спиральном капсиде, поэтому спирали получаются слишком длинными (некомпактными, их нужно дополнительно сворачивать).

6. Модифицированные капсиды служат темплатами для синтеза наночастиц (икосаэдрические), нанотрубок, наноэлектродов (цилиндрические).

Икосаэдрические вирусные капсиды применяются для доставки лекарств в клетку.

В генной инженерии и генной терапии вирусные капсиды применяются для доставки фрагментов ДНК в ядро модифицируемой клетки (преимущественно, икосаэдрические).

Оценивались любые разумные предложения.

Как поживаете, органоиды? (2012, очный тур, биология, 11 класс)

1. Провести характерные для данного типа клеток морфологические тесты. чтобы убедиться, что форма и объем клеток не изменились (любая удобная микроскопия), и функциональные тесты, чтобы проверить, что основные функции клеток не изменились.
2. Снять спектры поглощения коллоидного раствора серебра/золота до добавления к клеткам и после.
3. (а) некоторые типы клеток (иммунные) способны к спонтанному поглощению наночастиц. При этом эндоцитированные наночастицы сразу оказываются в эндосомах, которые потом "созревают" до лизосом. В случае клеток, которые сами по себе не поглощают наночастицы, эндоцитоз НЧС/НЧЗ может быть вызван прикреплением к наночастицам коротких пептидов, связывающихся с рецепторами плазматической мембраны, активирующими образование эндосом. Если покрыть предварительно наночастицы молекулами, конформация которых изменяется при изменении рН, то можно изучать изменение рН в эндосомах и лизосомах при их работе. Покрытие наночастиц любым типом молекул, дающих интенсивное ГКР, позволит получить серию ГКР-изображений клеток и исследовать движение эндосом и лизосом по клетке.
(б) Один из способов - "обстреливание" клеток наночастицами серебра или золота или введение в клетку при помощи микроинъекций. Можно к наночастицам, которые будут поглощаться эндоцитозом, пришить пептид, отвечающий за образование поры в мембране эндосомы, чтобы эндоцитированные наночастицы вышли из эндосом. Однако надо иметь в виду, что создание у наночастиц "опушки" из молекул, обеспечивающих прохождение в клетку или выход из эндосом, может приводить к тому, что "опушка" будет препятствовать близкому контакту между НЧС/НЧЗ и изучаемыми молекулами. В цитоплазме немодифицированные НЧС/НЧЗ будут неселективно усиливать КР от компонентов клетки - белков, липидов, углеводов, АТФ и т.п. Модификация поверхности наночастиц смесью антител к интересующему белку (например, белкам цитоскелета) и молекул, дающих интенсивное ГКР, позволит получить ГКР изображение клеток с визуализированным цитоскелетом. Далее возможны различные варианты комбинации указанных подходов для исследования других белков и пр.
(в) внутренняя мембрана митохондрий имеет потенциал порядка -200 мВг. Наночастицы с поверхностью, заряженной положительно, могут подойти к

мембране митохондрий и, таким образом, привести к усилению КР от мембранных или мембраносвязанных молекул. Можно получать усиление КР от белков дыхательной цепи митохондрий и, таким образом, оценивать активность дыхательной цепи.

Бионанокатализатор (2012, очный тур, биология, 11 класс)



Рис. 2. Бронзовая модель валиномицина перед зданием Института биоорганической химии им. академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова (Москва). Изображает комплекс антибиотика валиномицина с ионом калия.

1. По данным элементного состава находим формулы веществ:

B – $(C_3H_6O_3)_x$ – L-молочная кислота (в процессе гликолиза образуется пировиноградная кислота, которая в работающих мышцах восстанавливается до L-молочной). $B1$ и $B2$ дают соотношение углерода и азота $(C_5N)_x$, Γ – $(C_5H_{10}O_3)_x$, D – $(C_5H_8O_3)_x$.

Последовательное протекание взаимодействия с карбоксипептидазами и дезаминирование позволяют предположить, что $B1$ и $B2$ являются аминокислотами. Незаменимость органической кислоты $B1$ для человека указывает только на одну аминокислоту – L-валин (совпадает процентное содержание углерода и азота). Тогда $B2$ – D-валин, Γ – D- α -гидроксиизовалериановая кислота, D – α -кетоизовалериановая кислота. На наличие изопропильного радикала (а не n -пропильного) также намекает рис.1 со скульптурой калиевого комплекса.

Поскольку на вещества $A1$ и $A2$ не действуют аминопептидазы, но действуют карбоксипептидазы – молекулы энантиомерных форм валина находятся на C-концах $A1$ и $A2$.

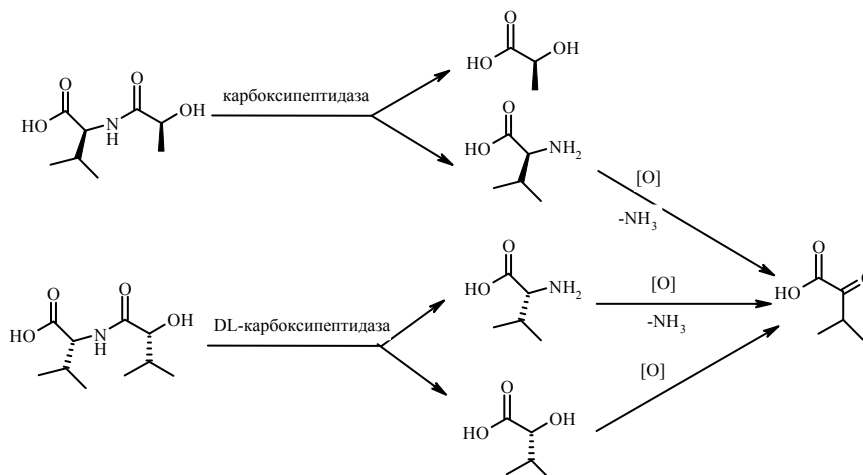


Схема 2. Расшифровка реакций, описанных в условии задачи

- Фрагменты $A1$ и $A2$ в составе A соединены сложноэфирной связью (депептид). Наличие не более двух изомеров для фрагментов любой массы характерно только для циклического чередования фрагментов $A1$ и $A2$. Тогда формула $A - (A1A2)_n$, $M = (189 + 217 - 18 \cdot 2) \cdot n$. При $n = 3$ получаем молярную массу A 1110 г/моль.
- Из массовой доли брома легко находится, что $M - KBr$. Следовательно, L – это калиевый комплекс A . Расшифровав аминокислотный состав A и учитывая его способность образовывать прочные калиевые комплексы, легко найти в справочнике или в сети Интернет, что A – это валиномицин. Комплексообразование с другими щелочными и щелочноземельными металлами не происходит, так как, в отличие от калия, они не подходят к размеру полости в молекуле валиномицина.

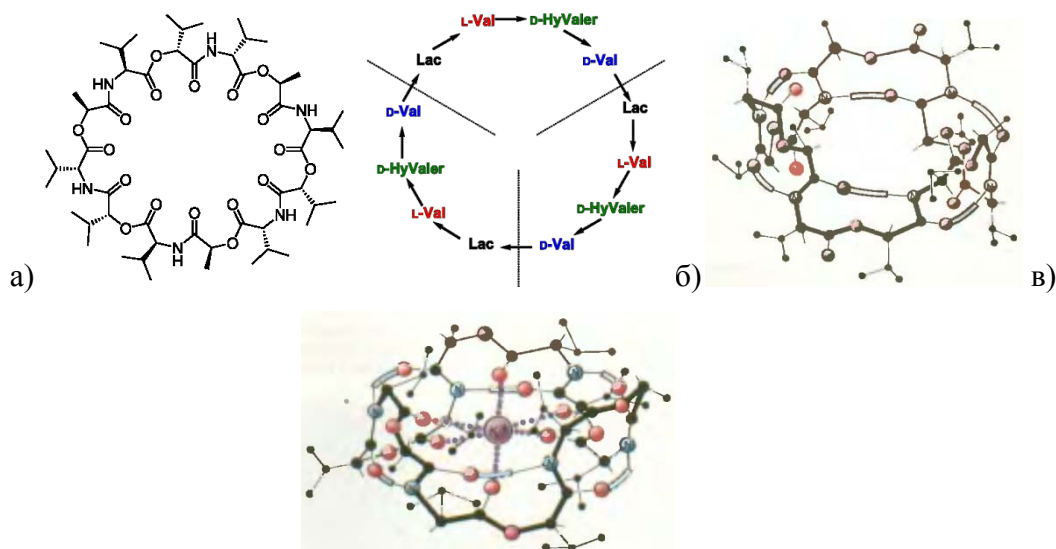


Рис. 3. а) Валиномицин, взаиморасположение кислотных остатков; б) валиномицин, химическая структура; в) комплекс с калием

- Валиномицин – антибиотик из группы стрептограминов В, выделяемый некоторыми почвенными бактериями из рода Стрептомицетов. В природе служит для подавления развития бактерий-конкурентов. Валиномицин катализирует перенос ионов калия через мембрану. Наружная гидрофобная часть его молекулы содержит гидрофобные изопропильные радикалы и контактирует с углеводородной сердцевиной липидного бислоя. Во внутренней полярной области как раз может поместиться один ион калия. Валиномицин переносит ионы калия по его электрохимическому градиенту; он захватывает этот ион с одной стороны мембраны, диффундирует с ним через бислой и высвобождает

на его на другой стороне. Такой перенос совершается в обоих направлениях, но большее количество ионов будет переноситься по градиенту концентрации.

Механизм действия антибиотика: нарушение баланса ионов калия между внутренней полостью бактерии и внешней средой. Валиномицин – представитель ионофоров.

5. Биологические свойства изменятся и в случае замены одного из фрагментов *A1* или *A2*, и в случае замены всех фрагментов на их энантиомеры, поскольку многие процессы в биологических системах протекают с участием хиральных молекул, например, ферментов.

Способность образовывать прочный комплекс с ионом калия сохранится только при замене всех фрагментов органических кислот на их энантиомеры.

6. Валиномицин не может быть синтезирован в рибосомах, так как не является полипептидом. В ДНК закодирован синтез пептидных предшественников валиномицина и ферменты, превращающие их в молекулу антибиотика.

Валиномицин обладает противоопухолевой, противогрибковой, антибактериальной и даже противовирусной активностью. Однако, как и большинство антибиотиков-депептидов, он обладает высокой токсичностью и поэтому не может быть использован в лечении инфекций людей или животных. Валиномицин применяется в биохимии (исследования транспорта через мембраны) и в аналитической химии (селективные калиевые электроды, используются в медико-биологических исследованиях для определения, например, уровня калия в крови или в клетках).

Самоорганизация пептидов (2012, очный тур, биология, 11 класс)

1. Из канонических аминокислот наименьшую и наибольшую молекулярную массу имеют соответственно глицин ($M = 75,07$ г/моль) и триптофан ($M = 204,23$ г/моль). Расчет минимально и максимально возможного числа остатков проводим на основании легко выводимой формулы:

$$n = \frac{M_{\text{пер}} - M_{\text{water}}}{M_{\text{acid}} - M_{\text{water}}}$$

Отсюда: число аминокислотных остатков находится в диапазоне 8-28.

2. Молекулярные массы трех указанных аминокислот составляют: аланин – 89,09 г/моль, глутаминовая кислота – 147,13 г/моль и лизин – 146,19 г/моль. Видно, что молекулярные массы глутамин и лизина достаточно близки, так что мы можем для дальнейших расчетов сделать допущение, что X-II образован двумя аминокислотами с молекулярными массами 89 (M_1) и 146,6 г/моль (M_2). Тогда справедливо уравнение (n – число остатков аланина):

$$M_{\text{пер}} + 15 \cdot M_{\text{water}} = n \cdot M_1 + (16 - n) \cdot M_2$$

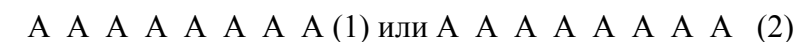
Решение данного уравнения приводит к $n = 8$.

Дальнейшее определение числа остатков глутамата и лизина – чисто техническое мероприятие (m – число остатков глутаминовой кислоты):

$$147,13 \cdot m + 146,19 \cdot (8 - m) = 1173,28$$

Тем самым, брутто аминокислотный состав искомого пептида – $A_8E_4K_4$.

3. Обратим внимание на то, что для всех трех пептидов число продуктов гидролиза равно четырем и в процессе обработки трипсином не образуются свободные аминокислоты. Соответственно, остатки лизина не могут являться *N*-концевыми: при нахождении лизина на *N*-конце в процессе ферментативного гидролиза образовывалась бы свободная аминокислота; но всегда находятся на *C*-конце пептидов – в противном число продуктов гидролиза составило бы пять. Так как в пептидах отсутствуют пептидные связи, образованные глутаматом и лизином, возможны только два аланиновых паттерна:



В случае варианта (1) при гидролизе образовывались бы пептиды, содержащие нечетное число аминокислотных остатков, что не соответствует условию. Поэтому подходит вариант (2), который с учетом предыдущих заключений трансформируется в:



Единственно возможной формулой продукта гидролиза – тетрапептида является АЕАК. Отсюда легко видеть, что пептиду X-I может соответствовать только одна формула:



Исходя из общих соображений, нетрудно определить единственно возможную структурную формулу образующегося из X-IV декапептида: АЕАЕАЕАЕАК. С учетом формулы (3) существуют четыре варианта формулы X-IV:



Попробуем определить логику римских цифр I и IV в обозначении пептидов. Расположение остатков аланина жестко фиксировано, поэтому нам необходимо рассмотреть вариант взаиморасположения двух других аминокислот. Единственно разумный вариант – римские цифры отражают число неразрывно следующих друг за другом однотипно заряженных аминокислот. Проще говоря, в пептиде X-I остатки лизинов и глутаминовой кислоты следуют попеременно:



В соответствии с этой логикой для пептида X-IV подходит формула IV-1, где остатки лизинов и глутаматов сгруппированы по четыре:



В состав продуктов гидролиза пептида X-II однозначно входят два гескапептида АЕАЕАК и два дипептида АК. При этом остатки лизинов и глутаматов сгруппированы по два, отсюда единственно возможная формула X-II:



4. В данном случае образование надмолекулярных структур объясняется тем, что по одну сторону плоскости находятся только гидрофобные группы (метильные группы аланина), по другую же – гидрофильные группы с определенным чередованием положительно и отрицательно заряженных групп. Соответственно, в водном растворе молекулы данных пептидов способны образовывать агрегаты за счет как гидрофобных, так и электростатических взаимодействий. Таким путем формируется длинные пептидные волокна, переплетающиеся в процессе роста друг с другом и образующие гидрофильную матрицу, содержащую до 99,9% воды и представляющую идеальную среду для правильной архитектоники роста стволовых клеток.

Молекулярно-лучевая эпитаксия (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)

В пучке за время Δt через площадь S пролетает $N = V\Delta tSn$ частиц. С другой стороны, полное число частиц можно оценить, полагая, что с одной частицей связан объем a^3 . За время Δt на подложке нарастёт объем $u\Delta tS$

Ответ на первый вопрос:

$$\frac{N}{S\Delta t} = V \cdot n = \frac{u}{a^3} = 8 \cdot 10^{18} \frac{1}{\text{м}^2\text{час}} \approx 2 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{м}^2\text{с}} = 2 \cdot 10^{11} \frac{1}{\text{см}^2\text{с}}$$

Обозначим число монослоев m . Тогда, выраженный объем на подложке площади S , можно

выразить: $Sma = a^3N$.

Ответ на второй вопрос:

$$m = \frac{a^2N}{S} = \frac{u\Delta t}{a} = \frac{10^{-6}\text{м}/\text{час} \cdot 60\text{сек}}{5 \cdot 10^{-9}\text{м} \cdot 3600\text{сек}} \approx 3,3$$

Скорость роста зависит только от нормальной составляющей скорости частиц в пучке. Поэтому,

$$u_2 = u \cos(30^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\text{мкм}}{\text{час}} \approx 0,87 \text{ мкм/час}$$

Аэрозоль (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)

1. $\text{NH}_3 + \text{HCl} \Rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
2. Главная причина вакуумирование. Аэрозоль не может существовать в вакууме, так как в этом случае просто нет дисперсионной среды.
3. Реакция синтеза экзотермична. При этом выделяющегося тепла хватает для возгонки хлорида аммония и оседания его в виде игл на холодных стенках и крышке реактора. После прогрева крышка уже не подходила для оседания кристаллов и процесс возгонка/оседание хлорида аммония протекал на дне реактора. Это привело к образованию спёка.
4. Первое. Нужен был газ-носитель, желательна большой молекулярной массы. В нём скорость оседания частиц будет минимальна.
Второе. Газ нужно было предварительно сильно охладить, чтобы исключить процессы старения частиц аэрозоля.

Молоко (2012, очный тур, физика, 7 – 9 класс)

1. Найдём объём капли жира по формуле шара:

$$V = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3}{3} = 33,51 \text{ нм}^3.$$

Масса полученной капли рассчитывается из пропорции:

$$10^{21} \text{ нм}^3 - 0,85 \text{ г}$$

$$33,51 \text{ нм}^3 - x$$

$$x = 2,85 \cdot 10^{-20} \text{ г}$$

Общее количество капель в литре равно $N = c \cdot N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-3} = 6,02 \cdot 10^{20}$ (штук)

Масса жира равна $N \cdot \text{масса капли} = 6,02 \cdot 10^{20} \cdot 2,85 \cdot 10^{-20} \text{ г} = 17,15 \text{ (г)}$

Жирность молока равна $17,15/1000 \cdot 100\% = 1,715\%$

2. Жирность не нужна. По осмотическому давлению рассчитываем количество частиц жира (в моль)

$$p = cRT = 5000 \text{ (Па)}$$

$$c = 2,02 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)}$$

Количество капель равно количеству мицелл жира и равно $1,215 \cdot 10^{21}$ (штук)

Объём капли равен $1000 \text{ (мл)} / 1,215 \cdot 10^{21} \text{ (штук)} = 8,23 \cdot 10^{-19} \text{ мл} = 823 \text{ нм}^3$

Поимка аэрозольных частиц (2012, очный тур, физика, 10 класс)

1. Силикоз.
2. На частицу пыли, взвешенную в воздухе, действуют три силы: сила тяжести, архимедова сила и сила вязкого трения. При движении малой частицы в среде быстро устанавливается постоянная скорость движения. При этом векторная сумма всех сил, действующих на частицу, в соответствии с третьим законом Ньютона равна нулю. Архимедовой силой в силу малой плотности воздуха в данном случае можно пренебречь. Отсюда следует, что при движении частицы с постоянной скоростью выполняется равенство:

$$6\pi\eta vr = mg,$$

где η – вязкость воздуха, v – скорость движения частицы, r – ее радиус, m – ее масса, g – ускорение свободного падения. Масса сферической частицы радиуса r равна

$$m = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho,$$

где ρ – плотность частицы. Объединяя вышеприведенные равенства, получаем выражение для скорости движения:

$$v = \frac{2r^2 \rho g}{9\eta}$$

Наименьшая скорость оседания будет у частиц с наименьшим радиусом, $0.5/2 = 0.25$ мкм по условию задачи. Подставляя численные данные, получаем:

$$v_{\min} = \frac{2 \cdot (0.25 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 2600 \cdot 9.8}{9 \cdot 18.6 \cdot 10^{-6}} = 1.90 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$$

Время, за которое частица пройдет расстояние в 3.5 метра (высота помещения), равно

$$t = \frac{3.5}{1.90 \cdot 10^{-5}} = 1.84 \cdot 10^5 \text{ с} = 3.06 \cdot 10^3 \text{ мин} = 51 \text{ ч}$$

Ответ: 51 час.

3. На частицу пыли в электрическом поле действуют четыре силы: сила вязкого трения, сила электростатического взаимодействия, сила тяжести и архимедова сила. Архимедовой силой в силу малой плотности воздуха можно пренебречь. Поскольку скорость воздушного потока гораздо больше, чем скорость, сообщаемая частице силой тяжести (см. предыдущий вопрос), то силой тяжести тоже можно пренебречь. В таком приближении вертикальная скорость движения пылевой

частицы равна скорости воздушного потока, а горизонтальная определяется равенством между силой трения воздуха и силой электростатического притяжения электродов:

$$qE = 6\pi\eta vr,$$

где q – заряд частицы, E – напряженность электрического поля, η – вязкость воздуха, v – горизонтальная скорость движения частицы, r – ее радиус. Введем обозначения: расстояние между пластинами равно d , скорость воздушного потока равна u . Время, за которое воздушный поток проходит фильтр, равно $t_{\text{вертик}} = L/u$. Время, за которое частица пройдет воздушный канал в горизонтальном направлении и притянется к пластине, равно $t_{\text{гориз}} = d/v$. Чтобы добиться полной очистки, для всех частиц должно выполняться соотношение $t_{\text{вертик}} > t_{\text{гориз}}$. То есть,

$$L/u > d / \left(\frac{qE}{6\pi\eta r} \right)$$

или

$$L > \frac{6\pi\eta r d u}{qE}$$

Напряженность электрического поля между плоскими электродами равна отношению напряжения V между ними к расстоянию d :

$$E = \frac{V}{d}$$

То есть, критерий очистки выглядит так:

$$L > \frac{6\pi\eta r d^2 u}{qV}$$

Полученное выражение показывает, что минимальная необходимая длина пластин прямо пропорциональна радиусу частиц и обратно пропорциональна их заряду. Максимальный размер частиц прямо указан в условии, а минимальный заряд частицы не меньше элементарного заряда (по условию, все частицы ионизируются). Подставляя численные данные, получаем:

$$L > \frac{6\pi \cdot 18.6 \cdot 10^{-6} \cdot 0.45 \cdot 10^{-6} \cdot 0.05^2 \cdot 0.1}{1.60 \cdot 10^{-19} \cdot 40 \cdot 10^3} = 6.2 \text{ м}$$

Ответ: 6.2 м.

Невесомые гигантские фуллерены (2012, очный тур, физика)

1. В графене каждый атом углерода принадлежит трем шестиугольникам, поэтому замкнутый графеновый лист C_n состоит из $3 \cdot n/6 = n/2$ шестиугольников. В то же время, из теоремы Эйлера следует, что фуллерен C_n состоит из 12-ти пятиугольников и $n/2-10$ шестиугольников. В случае больших значений n становится справедливо приближение $12 \cdot S_5 + (n/2 - 10) \cdot S_6 \approx n/2 \cdot S_6$.

То есть, суммарная площадь произвольного большого фуллерена C_n будет равна площади графенового листа C_n : $S = n_6 \cdot S_6 = \frac{n}{2} \cdot \frac{6}{4} (0,142)^2 \operatorname{ctg} \frac{\pi}{6} = 0,0262 \cdot n$ (нм²).

При приближении фуллерена сферой $S = 4\pi r^2$ и $r = \sqrt{S/(4\pi)} = \sqrt{0,0262n/(4\pi)} = 0,0457\sqrt{n}$.

Тогда объем фуллерена: $V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{S}{4\pi}\right)^{3/2} = \frac{1}{6\sqrt{\pi}} (0,0262n)^{3/2} = 2,25 \cdot 10^{-4} n^{3/2}$ (нм³).

Масса фуллерена $m = 12n/N_a = 1,99 \cdot 10^{-23} \cdot n$ (г).

Таким образом, плотность фуллерена $\rho_{ful} = m/V = 5,0 \cdot 10^{-20}/\sqrt{n}$ (г/нм³) или $5,0 \cdot 10^7/\sqrt{n}$ (г/м³).

2. По закону Архимеда, на фуллерен, погруженный в среду с плотностью ρ , будет действовать выталкивающая сила, равная весу вытесненной фуллереном среды $F_a = g\rho V$. Вес фуллерена тогда будет равен $P = mg - F_a = mg - g\rho V = gV(\rho_{ful} - \rho)$.

Для невесомости ($P = 0$) необходимо выполнение условия $\rho_{ful} = \rho$ или $5,0 \cdot 10^7/\sqrt{n} = \rho$,
или
 $n = 2,5 \cdot 10^{15}/\rho^2$.

Плотность воды $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ кг/м}^3 = 10^6$ (г/м³).

Тогда $n_1 \approx 2,5 \cdot 10^3$ и $r_1 \approx 2,3$ нм.

Плотность воздуха при 25°C: $\rho_{air} = \frac{M}{V} = \frac{M}{RT/p} = \frac{29 \cdot 1,01 \cdot 10^5}{8,314 \cdot 298} = 1,18 \cdot 10^3$ (г/м³).

Тогда $n_2 \approx 1,8 \cdot 10^9$ и $r_2 \approx 1,9 \cdot 10^3$ нм (1,9 мкм).

3. При дальнейшем увеличении n плотность фуллеренов уменьшится. Фуллерен C_{n1} станет легче воды – будет плавать на поверхности, фуллерен C_{n2} станет легче воздуха – сможет летать как воздушный шарик.
4. C_{n1} является нанообъектом, поскольку его размер попадает в нанодиапазон (1 - 100 нм).

C_{n2} :

- является нанобъектом: фуллерены и графен традиционно относят к нанобъектам. Можно ожидать, что, поскольку большая часть оболочки фуллерена состоит из графена, то фуллерен будет обладать особыми физическими свойствами, с одной стороны похожими на свойства графена, с другой стороны - несколько отличающимися (так как, в отличие от графена, углеродная оболочка не бесконечна и замкнута).
- не является нанобъектом: ни радиус, ни толщина оболочки не попадают в нанодиапазон (1-100 нм).

Гидрофобный эффект (2012, очный тур, физика)

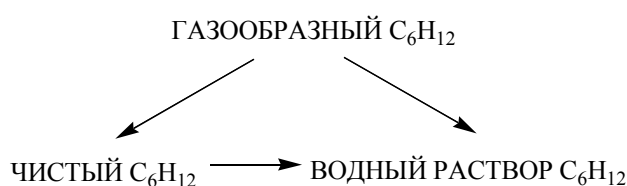
1. Концентрация циклогексана в самом себе в жидком состоянии:

$$[C_6H_{12}] = \rho/M = 8,5 \text{ г/л} / 84,1 \text{ г/моль} = 9,26 \text{ моль/л.}$$

2. Определим свободную энергию переноса циклогексана из чистого жидкого C_6H_{12} (далее – ц) в водный раствор C_6H_{12} (далее – в):

$$\Delta G_{\text{ц} \rightarrow \text{в}} = -RT \cdot \ln \left(\frac{1,0 \cdot \frac{10^{-4} \text{ моль}}{\text{л}}}{9,26 \frac{\text{моль}}{\text{л}}} \right) = 28,3 \text{ кДж/моль}$$

Схематично модельную систему можно представить следующим образом:



Видно, что свободная энергия переноса циклогексана из газообразной фазы (далее – г) в водный раствор составляет:

$$\Delta G_{\text{г} \rightarrow \text{в}} = \Delta G_{\text{г} \rightarrow \text{ц}} + \Delta G_{\text{ц} \rightarrow \text{в}} = -18,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} + 28,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} = 9,8 \text{ кДж/моль}$$

Тогда изменение энтальпии переноса циклогексана из чистого жидкого C_6H_{12} в водный раствор C_6H_{12} :

$$\Delta H_{\text{ц} \rightarrow \text{в}} = \Delta G_{\text{ц} \rightarrow \text{в}} + T \cdot \Delta S_{\text{ц} \rightarrow \text{в}} = 28,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} - 28,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} = 0$$

Изменение энтальпии переноса циклогексана из газообразной фазы в жидкий циклогексан составит согласно закону Гесса:

$$\Delta H_{\text{г} \rightarrow \text{ц}} = \Delta H_{\text{г} \rightarrow \text{в}} - \Delta H_{\text{ц} \rightarrow \text{в}} = -30,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} - 0 = -30,7 \text{ кДж/моль}$$

Изменения энтропии процессов переноса газ→жидкий C_6H_{12} и газ→водный раствор C_6H_{12} легко вычисляются из уравнения $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ и составляют:

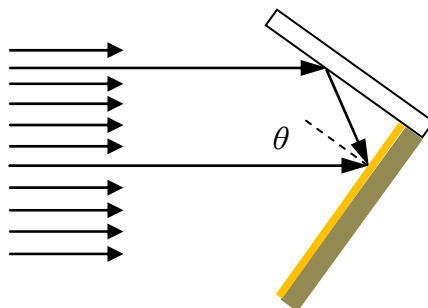
$$T \cdot \Delta S_{\text{г} \rightarrow \text{ц}} = -2,9 \text{ кДж/моль} \text{ и } T \cdot \Delta S_{\text{г} \rightarrow \text{в}} = -9,6 \text{ кДж/моль}$$

Полностью заполненная таблица выглядит следующим образом:

Процесс переноса из ... → в ...	ΔH , кДж·моль ⁻¹	$T \cdot \Delta S$, кДж·моль ⁻¹	ΔG , кДж·моль ⁻¹
Газ→жидкий C_6H_{12}	-30,7	-12,2	-18,5
жидкий C_6H_{12} →водный раствор C_6H_{12}	0	-28,3	+28,3
Газ→водный раствор C_6H_{12}	-30,7	-40,5	+9,8

3. Видно, что по энтальпии процессы переноса молекул циклогексана из газообразной фазы в жидкий циклогексан (неполярная среда) и водный раствор (полярная среда) идентичны. Таким образом, энтальпия не может быть причиной гидрофобного эффекта (тем более что изменение энтальпии имеет отрицательную величину). В то же время энтропия уменьшается при переносе циклогексана из газообразной фазы в водный раствор, и поэтому она, собственно, определяет гидрофобный эффект.

Зеркало Ллойда (2012, очный тур, физика, 11 класс)



Поскольку образец и зеркало расположены перпендикулярно друг к другу, то угол падения на образец лучей, отразившихся от зеркала, равен углу падения θ лучей, непосредственно пришедших в ту же точку образца. Исходя из разности хода для такой пары лучей: $\Delta = 2x \sin \theta$, где x – расстояние от точки пересечения плоскости зеркала и поверхности образца с фоторезистом до точки падения лучей, получаем формулу для периода интерференционной картины: $p = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$. Итого, при использовании указанной линии излучения гелий-кадмиевого лазера получается период $p = 325$ нм. Минимальный период соответствует углу падения $\theta \approx 90^\circ$, откуда $p_{min} \approx 162.5$ нм.

Нанопипетка (2012, очный тур, физика, 11 класс)

После погружения пипетки уровень раствора в ней поднимется за счет капиллярного эффекта на высоту $h = \frac{4\sigma}{\rho g D} = 0.1$ мм над общим уровнем. Это следует из того, что сила тяжести, действующая на столб раствора $F_T = mg = \rho h \pi \frac{D^2}{4} g$ уравнивается силой поверхностного натяжения $F_H = \sigma \pi D$. После того, как пипетку вынули и открыли нижнее отверстие, раствор начнет вытекать до тех пор, пока высота столба в пипетке не станет равной $H = 2h = 0.2$ мм (на столб раствора в свободной пипетке будут действовать уже 2 силы поверхностного натяжения). Объем вытекающих капель, считая, что шейка капли в момент отрыва имеет тот же диаметр, что и нанотрубка, можно найти, используя известную высоту h : $V_k = h \pi \frac{D^2}{4} = 0.785$ фл. Наконец, количество капель есть отношение полного объема раствора в пипетке до момента вытекания V к объему каждой капли: $N = \frac{V}{V_k} = \frac{L/2 - h}{h} = \frac{L}{2h} - 1 = 4$.

Необычная память (2012, очный тур, физика, 11 класс)

Напряжённость вне точки убывает с удалением от неё и дается выражением $E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R^2}$. На границе двух сред напряжённость поля будет терпеть разрыв и будет

максимальной со стороны диэлектрика, т. е. при $R \rightarrow \frac{d}{2}$, и равна E_0 . Откуда, можно найти максимальный заряд. $q_{max} = E_0 \pi \epsilon \epsilon_0 d^2$. Таким образом, максимальное количество электронов: $N = \frac{q_{max}}{e} = \frac{E_0 \pi \epsilon \epsilon_0 d^2}{e} \approx 600$.

Ёмкость уединённого сферического конденсатора $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R = 2\pi\epsilon\epsilon_0 d \approx 2 \cdot 10^{-19} \text{Ф}$

Отсюда, напряжение $U = \frac{E_0 d}{2} = 0.1 \text{ В}$.

Ответ: $N = 600$, $C = 2 \cdot 10^{-19} \text{Ф}$, $U = 0.1 \text{ В}$.