

УДК 54
ББК 24.12
Л39

Охраняется законом об авторском праве.
Воспроизведение всей книги или любой ее части запрещается
без письменного разрешения издателя. Любые попытки
нарушения закона будут преследоваться в судебном порядке.

Леенсон, Илья Абрамович.

Л39 Химия. Тайная жизнь веществ / И. А. Леенсон — Москва:
Издательство АСТ, 2026. — 416 с.: ил. — (Наука на пальцах).

ISBN 978-5-17-183623-8

Эта книга — увлекательное путешествие в мир веществ, которые нас окружают. Вы прочтете о том, почему «щелкают» суставы, каким образом формируется вкус, почему у соли много оттенков (розовый, синий и даже черный), в чем растворяется золото и как течет стекло. А также узнаете, зачем алюминий добавляют в ракетное топливо, почему прибор для розжига костра создает искры температурой 3000 °С и как химики с помощью полония разоблачают подделки картин старых мастеров.

Илья Абрамович Леенсон (1945–2019) — кандидат химических наук, старший научный сотрудник химического факультета МГУ, доцент Высшего химического колледжа РАН, автор научных и научно-популярных статей, книг и учебных пособий.

УДК 54
ББК 24.12

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	9
ГЛАВА 1. ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА	11
Азид в мешке	12
Пигменты и красители.....	17
Какого цвета чернила?	23
«Ракета» из баллона	25
Засыплем в баки алюминий?	28
«Резиновая древесина».....	31
Химия и экология	33
Химик находит выход	38
Сорбиновая кислота	42
Консервированные кристаллы.....	46
Нитрат аммония.....	47
Немного этимологии.....	47
Нитрат аммония как удобрение	49
Средние века.....	50
Физические свойства	52
Химические свойства	53
Несчастные случаи.....	54
Цветная соль.....	57
В чем растворяется золото?	63
Загадочный элемент — полоний.....	66
Открытие полония.....	66
Изотопы полония и их излучение	69

Полоний в природе	72
Полоний и человек	75
Получение полония	77
Свойства полония	79
Применение полония	82
Технеций	84
Хевеши и радиоактивные индикаторы	84
Технеций и его свойства	89
Технеций в медицине	96
Как это делается	101
Радиоактивность внутри нас	103
ГЛАВА 2. ХИМИЯ И НУМИЗМАТИКА	111
Монетные металлы	112
Сколько стоит монета?	123
Когда металл дороже денег	126
Монеты на уроках химии	132
ГЛАВА 3. РАССЛЕДОВАНИЕ	143
Молекулярные минералы — почему так мало?	144
О вкусах — с химической точки зрения	150
На вкус и на цвет товарищей нет	150
Горькое, соленое, кислое	155
Слаще сладкого	158
Теории вкуса	164
«Ряд активности металлов Бекетова» — миф или реальность?	168
«Свеча горела...»	184
Золотой шар Менделеева	188
ГЛАВА 4. ХИМИЯ И ЖИЗНЬ	193
«Сито» для лекарств	194
Сюрпризы грамицидина	198
Когда молекула «смотрится в зеркало»	210

Поляризация света и оптическая активность	211
Открытие Пастера	213
Хиральные лекарства	218
«Сжигание жира» с химической точки зрения	222
Почему «щелкают» суставы?	232
Принцип Ле Шателье — не только в химии	235
Серебро и человек	239
Огниво с платиной	247
Огонь без спичек и зажигалок	251
Огонь и химия	261
Из истории спичек	262
Как горит свеча	265
Химия пламени	269
Химическая грелка	282
Химики разоблачают подделки	288
ГЛАВА 5. ХИМИЧЕСКИЕ РЕКОРДЫ	291
Элементы, атомы и молекулы	292
Молекулы «под напряжением», или Взрывчатые вещества	300
Диковинки в мире молекул	308
Вкус и запах	323
Рекорды окраски	333
Яды и токсины	337
На что способны химики	351
ГЛАВА 6. ХИМИЯ ПЛЮС ФИЗИКА	357
Какого это цвета?	358
Карл Ауэр фон Вельсбах: редкие земли и яркий свет	366
Иодный термометр	375
Блуждания молекул и... людей	379

Когда холодильнику жарко	391
Почему взлетает шарик, наполненный гелием?	397
Течет ли стекло?	403
Вечный звонок	411
 ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ.....	 415

Предисловие

«Наука начинается с удивления», — сказал более двух тысяч лет назад древнегреческий философ Аристотель. Любопытство, способность удивляться непонятному, задавать множество вопросов свойственно детям. И задают они бесчисленные вопросы «Что, как и почему?» своим родителям. С возрастом эта способность удивляться обычно проходит. А может быть, подростки, а тем более взрослые, просто стесняются задавать разнообразные «глупые» вопросы. Да и кому их задавать, когда вокруг все заняты своими делами. Зачем задумываться над непонятным, когда кругом так много «развлечений»? Можно целый день смотреть телевизор и через час забыть о том, что показывали. Можно прочитать параграф в школьном (или вузовском) учебнике, ответить на уроке (или сдать зачет или экзамен) и затем забыть о прочитанном — причем навсегда!

К чему приводит такое отношение к окружающему нас миру? К распространению суеверий, например. Когда Нильса Бора спросили, неужели он верит тому, что прибитая над дверями его дома подкова приносит удачу, знаменитый физик ответил: «Конечно, не верю. Но, говорят, подкова приносит удачу даже тем, кто в это не верит». Бор, конечно, пошутил. Но сколько людей действительно верят знахарям, шаманам и астрологам, верят бесчисленным рекламным объяв-

лениям, обещающим и излечение за пять минут от всех возможных и невозможных болезней, верят многим другим сказкам об инопланетянах и «барабашках», верят в другую «современную» нечистую силу, которая пришла на смену лешему да Бабе-яге. Верят в то, что «химия» — это плохо, а если на упаковке написано «без химических добавок», это хорошо (хотя такое утверждение не имеет смысла). Как будто никогда не учились в школе, никогда не посещали уроки химии. Получается так потому, что с детства не выработан критический и «вопрошающий» взгляд на мир, не выработана привычка находить ответ (или хотя бы попытаться его найти) на возникающие вопросы, находить объяснение непонятному. А ведь сейчас, в эпоху почти поголовной компьютеризации, найти ответы на подобные вопросы вполне возможно, было бы желание. И при этом отличить правду от явной лжи, которой заполнены некоторые печатные издания и телевизионные программы.

Цель этой книжки — показать, что, даже не обладая специальными знаниями, можно правильно воспринимать явления, которые нас окружают, пытаться хотя бы в общих чертах узнать, как «устроены» и из чего состоят различные вещества, какова их «тайная жизнь», почему происходят те или иные процессы, в том числе химические и физические. А главное — постараться самому понять, как устроен окружающий нас мир. Ведь это очень интересно!

Вещи и вещества

Нас окружает множество веществ — в основном это не чистые химические соединения (с таковыми мы встречаемся очень редко, примером могут служить поваренная соль и сахар), а смеси, сплавы, композиты. Еще чаще мы сталкиваемся с тысячами различных вещей — от детских игрушек до автомобилей. И при их изготовлении не обойтись без химии. В этой главе будет рассказано о некоторых малоизвестных применениях химических веществ, облегчающих нам жизнь или даже спасающих ее.

Азид в мешке

Известно, что скорость химической реакции пропорциональна концентрации реагентов: чем она выше, тем чаще сталкиваются молекулы и тем быстрее идет реакция. Аналогично частота дорожно-транспортных происшествий при прочих равных условиях пропорциональна «концентрации» автомобилей на дорогах, которая неуклонно увеличивается. Соответственно растет и число аварий. Самые опасные происходят при лобовом столкновении. Даже если скорость каждого автомобиля не превышает 60 км/ч, суммарная скорость получается такой, что почти не оставляет шансов для находящихся в автомобиле. Можно ли в таких случаях защитить водителя и пассажиров или хотя бы спасти их жизни (о судьбе автомобиля говорить в таких случаях не приходится)? Одно из самых простых и надежных изобретений — ремни безопасности, которые спасли множество жизней. Но если скорость машины при лобовом столкновении велика, не спасают и они — ремень задерживает туловище, а голова по инерции продолжает движение вперед, что приводит к повреждению, нередко смертельному, шейного отдела позвоночника.

И тут на помощь автомобилистам пришла химия. В 80-х гг. XX века химики ведущих автомобильных корпораций разработали новый способ защиты автомобилистов — подушку безопасности. Она изготовлена из прочного полиамидного волокна и в сложенном виде занимает так мало места, что ее можно упрятать в стойку рулевого колеса. В случае лобового столкновения мешок почти мгновенно надувается и мягко принимает на себя поступательное движение как корпуса, так и головы водителя, спасая тем самым ему жизнь. И если к концу 80-х годов лишь один из 15 вы-

пускавших в США автомобилей снабжался подушкой безопасности, то к 1995 г. их доля превысила 70%, а еще через несколько лет ими снабжались практически все автомобили, причем каждый имел по два таких устройства — для водителя и для пассажира. Появились также подушки, расположенные сбоку, причем и для пассажиров, сидящих на заднем сиденье.

Как же работает такая подушка? Поскольку счет при аварии идет на тысячные доли секунды (при скорости 108 км/ч машина проходит 10 см всего за 3 миллисекунды), никакие механические компрессоры или баллоны с сжатым газом не успеют надуть мешок за нужное время. Остается лишь одна возможность — взрывное разложение химического соединения с выделением большого объема газа. Химикам нужно было найти такое соединение, а остальное было уже делом техники. Вариантов оказалось немного. Остановились на распаде азиды натрия — соли очень взрывчатой и очень ядовитой азотистоводородной кислоты HN_3 . Хотя эта кислота слабая (как уксусная), ее водные растворы обладают настолько сильным окислительным действием, что смесь HN_3 и HCl растворяет золото и даже платину. Азиды тяжелых металлов (меди, серебра, ртути, свинца и др.) — весьма неустойчивые кристаллические соединения, которые взрываются при трении, ударе, нагревании, действии света. Взрыв может произойти даже под слоем воды! Азид свинца $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ используется как инициирующее взрывчатое вещество, с помощью которого подрывают основную массу взрывчатки. Для этого достаточно всего двух десятков миллиграммов этого вещества. Это соединение более взрывчато, чем нитроглицерин, а скорость распространения взрывной волны (детонации) при взрыве в 10 раз больше, чем у тротила и достигает 45 км/с!

Азид натрия, к счастью, не взрывается, хотя тоже сильно ядовит (его сильно разбавленные водные растворы иногда используют в качестве консерванта биохимических препаратов). При нагревании до $300\text{ }^\circ\text{C}$ он очень быстро разлагается с выделением азота и мельчайших частиц натрия: $2\text{NaN}_3 \rightarrow 2\text{Na} + 3\text{N}_2$. Из 65 г (1 моль) NaN_3 получается при обычных условиях около 35 л азота. Чтобы увеличить выход газа, а также связать очень реакционноспособный и легко загорающийся натрий, в смесь добавляют нитрат калия, который реагирует со свободным натрием: $10\text{Na} + 2\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + 5\text{Na}_2\text{O} + \text{N}_2$. Кстати, реакция азидов щелочного металла с его нитратом давно использовалась химиками для синтеза чистого оксида натрия или калия (которые невозможно получить окислением металлов в кислороде или на воздухе), например: $5\text{NaN}_3 + \text{NaNO}_3 \rightarrow 3\text{Na}_2\text{O} + 8\text{N}_2$. Оксиды натрия и калия — тоже не подарок; для их связывания в исходную смесь вводят еще один компонент — мелкоизмельченный диоксид кремния. В условиях реакции он связывает оксиды натрия и калия с образованием негорючих и безопасных силикатов: $\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3$.

Работает вся система так. В случае столкновения чувствительные датчики, установленные в автомобиле, передают сигнал на микропроцессор, который мгновенно оценивает ситуацию; если скорость автомобиля при ударе превышает определенное значение (обычно 35 км/ч), микропроцессор включает электрический запал, который запускает реакцию разложения азидов. В результате перед человеком примерно за 0,04 секунды надувается мешок, содержащий около 70 литров азота, который спасет ему жизнь даже в таких случаях, которые раньше считались безнадежными. В автомобилях последних моделей возможно даже регулирование скорости наполнения мешка

азотом в зависимости от массы водителя и его точного расположения в автомобиле.

Однако не все так просто. Подушки безопасности, хотя и доказали свою эффективность, создают новые экологические проблемы. Ведь большинство автомобилей заканчивает свой век, ни разу не испытав серьезного столкновения. Поэтому на свалках вместо сравнительно безопасных груд ржавеющего металла могут образоваться очаги отравляющих веществ. Один из способов борьбы с этим — использование в подушках безопасности вместо порошка таблеток, которые можно было бы при необходимости извлекать и утилизировать. Другой путь — поиск менее опасных химических соединений, которые могли бы заменить азид натрия.

Говоря об азиде натрия, нельзя не вспомнить еще одну историю, связанную с этим веществом. Как отмечалось, его разбавленные водные растворы обладают бактерицидным действием и могут служить консервантом биохимических препаратов. И вот в начале 70-х годов XX в. в некоторых американских и английских клиниках наблюдались странные явления. Время от времени из сливной раковины раздавались звуки, напоминающие пистолетные выстрелы, а в одном случае неожиданно взорвалась сливная трубка. К счастью, никто при этом не пострадал. Расследование показало, что виновником всех взрывов был очень слабый (0,01%-ный) раствор азидата натрия, который использовали в качестве консерванта физиологических растворов. Излишки раствора азидата в течение многих месяцев, а то и лет, сливали в раковину — иногда до двух литров в день. Оказалось, во всех упомянутых случаях сливные трубки под раковинами были изготовлены из меди или латуни (такие трубки очень прочные, легко гнутся, особенно после

предварительного прокаливания, поэтому их удобно устанавливать в сливной системе). Выливаемый в раковину раствор азид натрия, протекая по таким трубкам, постепенно реагировал с их поверхностью, образуя азид меди, а это вещество уже способно взрываться. Пришлось менять медные трубки на пластмассовые. Когда в одной из клиник проводили такую замену, оказалось, что снятые медные трубки сильно забиты твердым веществом. Специалисты, которые проводили «разминирование» сливной системы, чтобы не рисковать, подорвали эти трубки на месте, поместив их в металлический бак массой 1 т. Взрыв был настолько силен, что сдвинул бак с места на несколько сантиметров!

Медиков не очень интересовала сущность химических реакций, приводящих к образованию взрывчатки. Можно предположить, исходя из сильных окислительных свойств азотистоводородной кислоты, что имела место такая реакция: анион N_3^- , окисляя медь, восстановился и образовал одну молекулу N_2 и атом азота, который вошел в состав аммиака. Остальная часть азид-анионов соединилась с катионами меди. Это соответствует уравнению реакции $3\text{NaN}_3 + \text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}(\text{N}_3)_2 + 3\text{NaOH} + \text{N}_2 + \text{NH}_3$.

С опасностью образования «бомбы в раковине» приходится считаться всем, имеющим дело с растворимыми азидами металлов, в том числе и химикам, поскольку азиды используются для получения особо чистого азота, в органических синтезах, в качестве порообразователя — вспенивающего агента для получения газонаполненных материалов: пенопластов, пористой резины и т.п. Во всех подобных случаях надо проследить, чтобы растворы азидов не соприкасались с тяжелыми металлами, а сливные трубки были пластмассовыми.

Пигменты и красители

По определению, пигменты (от лат. *pigmentum* — краска) — это тонкоизмельченные порошкообразные красящие вещества, которые, в отличие от красителей, не растворяются ни в воде, ни в органических растворителях. Пигменты бывают природные (как правило, неорганические) и синтетические. Первым пигментом, который использовал человек, была сажа. Сажа, в большем или меньшем количестве, появляется везде, где горит огонь, поэтому неудивительно, что сажу начали использовать в декоративных целях примерно 20 тысяч лет назад, вскоре после изобретения огня. Сажу и теперь производят в огромных количествах и используют как наполнитель резины, пластмассы, изготовления типографских красок.

Сажа исключительно устойчива к внешним воздействиям; до сих пор сохранились рисунки человека каменного века, выполненные сажой на стенах пещер. Вероятно, самая знаменитая из них — пещера Ласко во Франции. Ее случайно обнаружили в 1940 г. мальчишки под упавшим после бури деревом. На стенах пещеры с помощью сажи, а также красновато-коричневых природных пигментов изображено множество животных: быки, лошади, олени, бараны, медведи, зубры. Теперь в этой пещере — прекрасно оборудованный музей.

Самыми труднодоступными в течение многих тысячелетий были пигменты синего цвета. Вероятно, первое использование синей природной краски произошло примерно 5 тысяч лет назад. Во время раскопок шумерского города Ура Халдейского были найдены золотые и серебряные фигурки животных, украшенные ляпис-лазурью — полудрагоценным камнем, содержащим пигмент ультрамарин. Сравнительно недавно

было показано, что синий цвет этого пигмента связан с присутствием в нем анион-радикала $[\cdot S_3]^-$, в котором имеется неспаренный электрон (он изображен точкой). В Европе синие пигменты были настолько дорогими (их продавали буквально на вес золота), что порой специальные комиссии решали, какие именно участки росписи должны быть синего цвета. В античные времена использовали пигмент египетский синий, это был алюмосиликат меди (медное стекло). С VI–VII веков художники начали использовать природный ультрамарин, который готовили из ляпис-лазури, которую привозили из Афганистана. По составу ляпис-лазурь — сложная смесь нескольких минералов, синий цвет которой придает гаюин — алюмосиликат, содержащий хлор и серу. Из килограмма лазури получали после длительной обработки всего 30 г синего пигмента. И лишь в 1704 г. был получен первый искусственный синий пигмент. Это была берлинская лазурь — гексацианоферрат железа-калия, содержащий атомы железа в разных степенях окисления: $KFe^{+3}[Fe^{+2}(CN)_6]$. Синий кобальтовый пигмент — Тенарову синь (алюминат кобальта $CoAl_2O_4$) впервые получили во Франции в 1802 г., и был он в те времена очень дорогим. Однако известные к началу XIX века искусственные синие пигменты по своим качествам не могли заменить природную лазурь. В 1824 г. во Франции была обещана огромная премия в 6000 франков за способ получения искусственной лазури. Уже через четыре года премию получил Ж. Гиме; почти одновременно и независимо от него то же открытие сделал известный немецкий химик Л. Гмелин. Для получения искусственного ультрамарина прокаливали белую глину (каолин) с сульфатом калия и с углем. С тех пор природный камень перестали переводить на краску.