

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Перед вами необычная книга. Она рассказывает о золоте — металле, который веками вдохновлял ювелиров и жрецов, алхимиков и учёных, писателей и искателей сокровищ. Эта книга соединяет историю, геологию, химию, археологию и современные технологии.

Каждая глава книги — маленькое открытие. Вы узнаете тайну рождения золота, сможете по-новому взглянуть на легенды о нём, выясните, где скрываются крупнейшие запасы и находятся важнейшие месторождения этого благородного металла, а также какими способами люди добывают его из недр Земли.

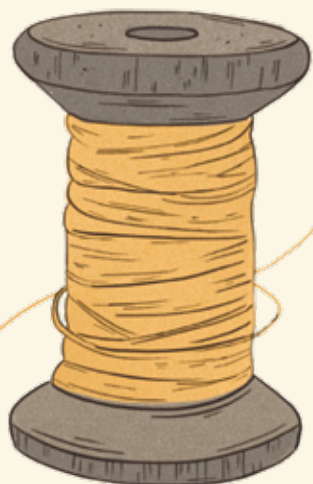
Сегодня золото — это не только украшения и банковские слитки. Это элементы в телефонах, космических аппаратах и медицинских сенсорах. Эта книга объясняет, почему на протяжении тысячелетий золото остаётся одним из важнейших для человека материалов.

Она станет надёжным проводником в мир геологии для юных исследователей и их родителей — увлекательным, познавательным и достоверным. А кому-то наверняка поможет определиться с будущей профессией.

Желаю вам яркого путешествия по золотому пути науки и истории!

Исхак Фархутдинов,

учёный секретарь Государственного геологического музея им. В. И. Вернадского РАН, вице-президент
Российского геологического общества



СОДЕРЖАНИЕ

НА ВЕС ЗОЛОТА. За что мы ценим жёлтый металл?	4
ПРОВОДНИК И ЗАЩИТНИК. Чем ещё уникально золото?	6
ЗОЛОТЫЕ ЛЕКАРСТВА И ДЕСЕРТЫ. Есть ли золото внутри человека?	8
ЗОЛОТО НАРОДОВ МИРА. В древности и в Средние века	10
ИСКУССТВО ЮВЕЛИРОВ. Зачем они наряжают ёлку?	12
МОНЕТЫ И СЛИТКИ. Как золото стало деньгами?	14
АЛХИМИЯ VS ХИМИЯ. Можно ли создать золото?	16
БОЛЬШОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ. Как золото попало на Землю?	18
В ГЛУБИНЕ И ПОД НОГАМИ. Где прячется золото?	20
КОРЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ. Какие они бывают и есть ли золото в «отходах»?	22
КАРТА ВАЖНЕЙШИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА	24
РОССЫПНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ. Можно ли добыть золотое руно?	26
ЗОЛОТЫЕ ЛИХОРАДКИ. Как раньше искали и добывали золото?	28
ЗОЛОТЫЕ УМЫ РОССИИ. Ломоносов, Брусницын, Туманов	30
ПОИСК И РАЗВЕДКА. Как найти коренное золото?	32
ЗАКРЫТО ИЛИ ОТКРЫТО? Как добыть коренное золото?	34
КАРЬЕР. Большой яме — большая техника	36
ШАХТА. Подземный город	38
ДРОБИЛКИ, КУЧИ И ЗОЛОТОЙ ФЛОТ. Как перерабатывают руду?	40
УПОРНАЯ РУДА. Как достать невидимое золото?	42
ГОРНОДОБЫЧА ВРЕДИТ ПЛАНЕТЕ. Как быть?	44
АФФИНАЖ — ДЕЛО ТОНКОЕ	46
«ЗОЛОТЫЕ» ПРОФЕССИИ. И где им учат	48
ЧТО ДЕЛАТЬ, ЕСЛИ ЗОЛОТО ЗАКОНЧИТСЯ?	52
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56

НА ВЕС ЗОЛОТА

ЗА ЧТО МЫ ЦЕНИМ ЖЁЛТЫЙ МЕТАЛЛ?

Во все века люди больше других металлов ценили золото. Золотые слитки и монеты дарили богатство и власть, украшения и столовые приборы подчёркивали красоту и статус владельца. Обладать золотом хотели все. А некоторые даже шли ради него на преступления.

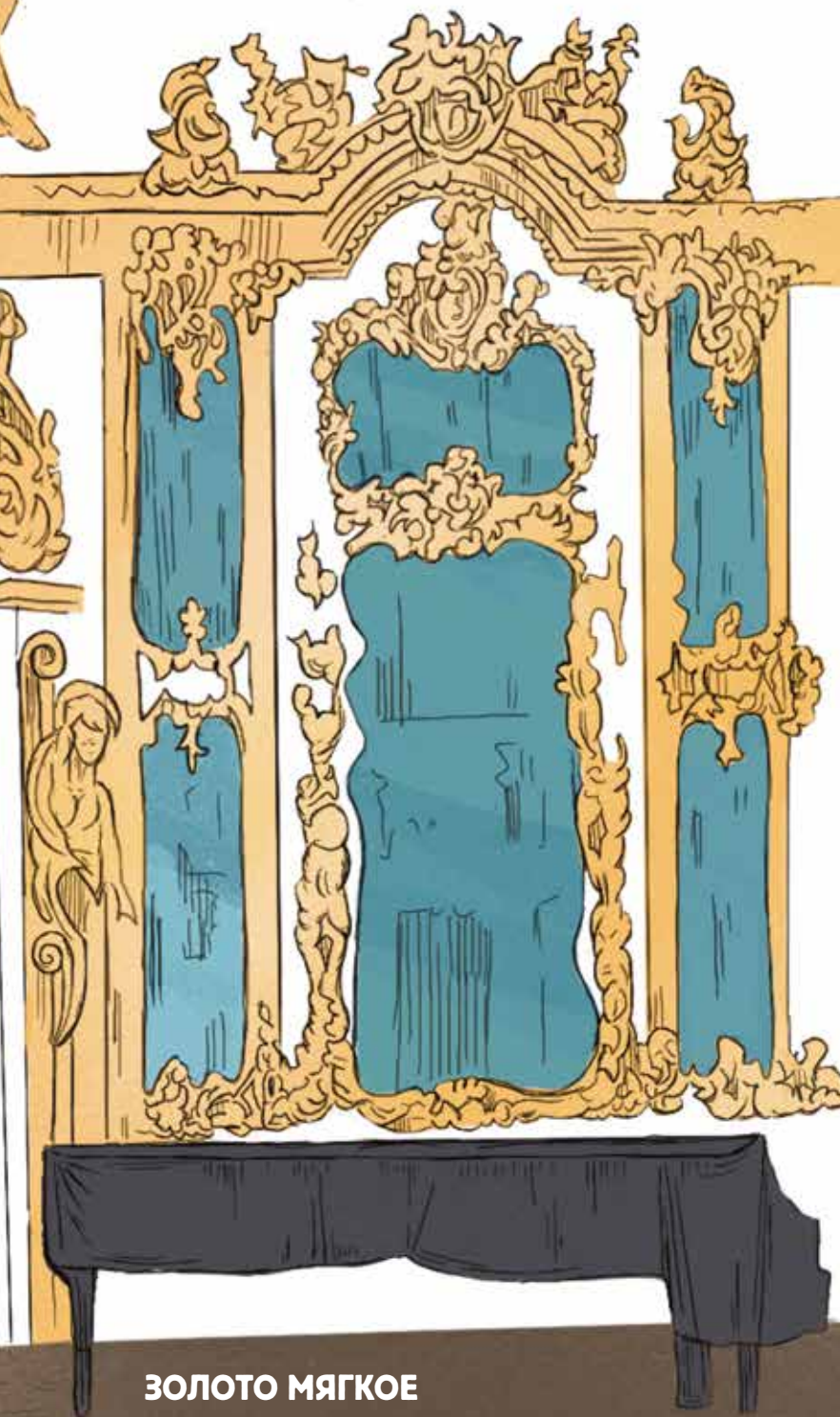
Сегодня каждый носит золото в кармане. Не веришь? Загляни в разъёмы мобильного телефона — и найдёшь его там. Микроскопические крупинки золота есть в чипах телефонов и компьютеров, телевизоров, игровых приставок и других электронных устройств. Получается, золото нас окружает!

А слышал ли ты выражение «на вес золота»? Так говорят про что-то очень ценное. «Золотое сердце» может быть только у добрейшей души человека, а золотым веком называют лучшие годы в истории страны. Но почему золото ассоциируется у нас с чем-то высокосексным? Что в нём такого?



ЗОЛОТО КРАСИВОЕ

Взгляни на его насыщенный цвет и чистый блеск — и сразу поймёшь, почему люди уже несколько тысячелетий создают из него предметы роскоши и ювелирные украшения.



ЗОЛОТО МЯГКОЕ

Большинство металлов твёрдые — их форму сложно изменить, не расплавив. Золото же мягкое: первые ювелиры создавали изделия из золота, просто ударяя по куску металла каменным молотом.

Людей, которые создают украшения из драгоценных металлов и камней, называют **ювелирами**.

В древности одними из самых искусных ювелиров были египтяне. Они создавали из золота фольгу, выковывали фигурки и украшения, наносили на них узоры и припаивали шарики (зернь), из тончайшей проволоки плели ажурные узоры.



Раньше подлинность золотых монет проверяли на зуб: если оставался след, значит, золото настоящее!



ПРОВОДНИК И ЗАЩИТНИК ЧЕМ ЕЩЁ УНИКАЛЬНО ЗОЛОТО?

ЗОЛОТО ЛЕГКОПЛАВКОЕ

Золото плавится при меньшей температуре (всего 1000 с небольшим градусов), чем железо, никель, хром и другие металлы. Поэтому в древности люди могли создавать монеты и украшения, расплавляя золото в примитивных печах.

ЗОЛОТО БЛАГОРОДНОЕ

Если поместить железный предмет в воду или оставить на открытом воздухе (в котором всегда есть влага), он вскоре заржавеет. Похожие изменения произойдут и с другими металлами: на серебре со временем появится чёрный налёт, а медные поверхности постепенно покроются зелёной плёнкой. Возможно, ты видел зелёные крыши или памятники — когда-то они были золотисто-розовыми, но под воздействием воздуха и влаги медь окислилась и покрылась патиной.

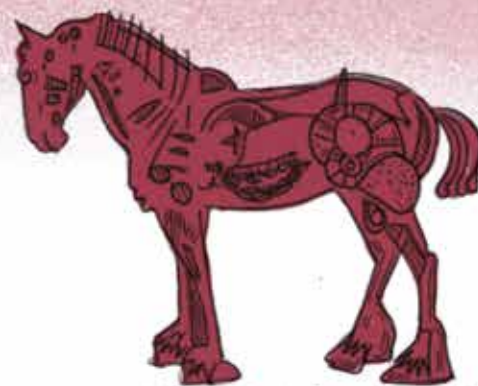
Золото же не могут разрушить вода, кислород и другие элементы окружающей среды. Про такие металлы говорят, что они устойчивы к коррозии.



ЗОЛОТОЙ БУДДА, БАНГКОК
(ТАИЛАНД)



МЕДНАЯ СТАТУА СВОБОДЫ,
ПОКРЫВАШАЯСЯ ПАТИНОЙ.
НЬЮ-ЙОРК (США)



СКУЛЬПТУРА ЛОШАДИ
ИЗ РЖАВОГО ЖЕЛЕЗА,
КАЛГАРИ (КАНАДА)



СЕРЕБРО



СЕРЕБРО,
ПОКРЫВШЕЕСЯ ПАТИНОЙ

Золото из-за красоты, редкости и устойчивости к коррозии относят к благородным металлам.

ЗОЛОТО ЭЛЕКТРОПРОВОДНОЕ

Золото хорошо проводит электрический ток. Поэтому, а также из-за устойчивости металла к коррозии его наносят на контакты — места соединения и разъединения электрической цепи внутри устройств.



ЗОЛОТО ПЛАСТИЧНОЕ

Золото — не просто пластичный, а самый пластичный металл! Один грамм золота, разогрев его до состояния пластилина, можно вытянуть в нить толщиной в человеческий волос и длиной с футбольный стадион! Либо расплющить в тончайший лист размером с лобовое стекло автомобиля.

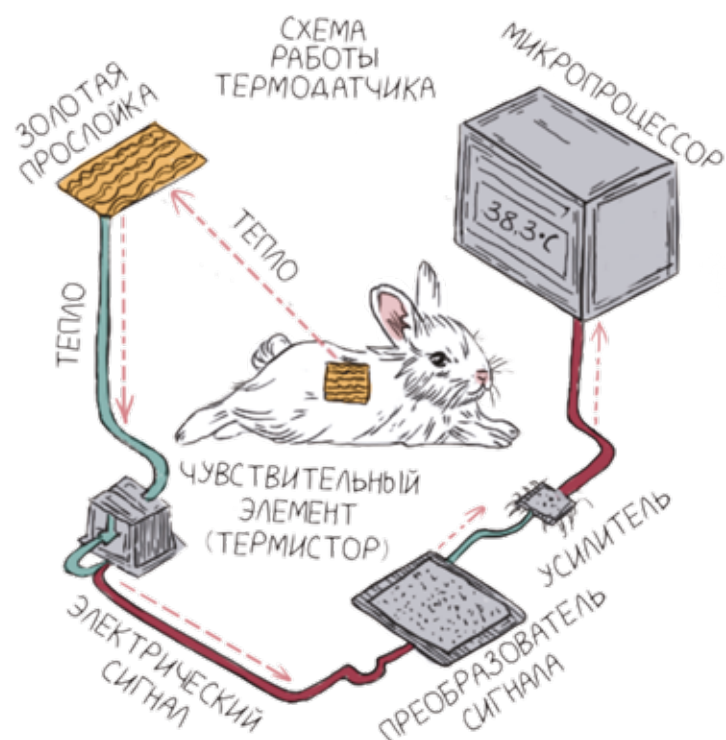


Тончайшими листами золота — сусалью — покрывают купола церквей, чтобы они дольше оставались красивыми и невредимыми.



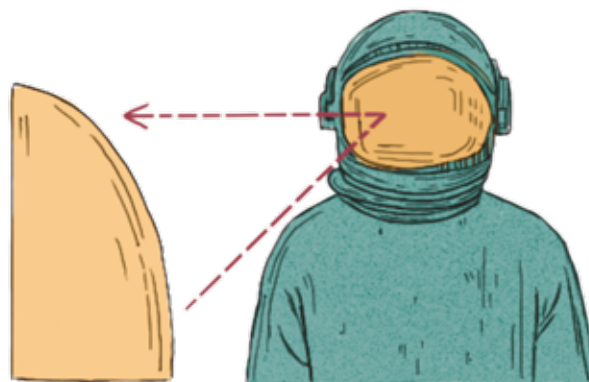
ЗОЛОТО ТЕПЛОПРОВОДНОЕ

Золото хорошо проводит тепло, поэтому его используют в высокоточных термодатчиках (приборах для измерения тепла). А ещё учёные разработали на основе золота мини-сенсоры, которые можно вживить в организм человека и получать данные о температуре органов и даже отдельных клеток.



ЗОЛОТО СВЕТООТРАЖАЮЩЕЕ

Золото ярко блестит на солнце. А значит, хорошо отражает видимый свет. Но и невидимый (инфракрасное излучение) тоже! Тончайший слой золота наносят на шлемы космонавтов и детали космических аппаратов, чтобы защитить их от перегрева солнечными лучами.

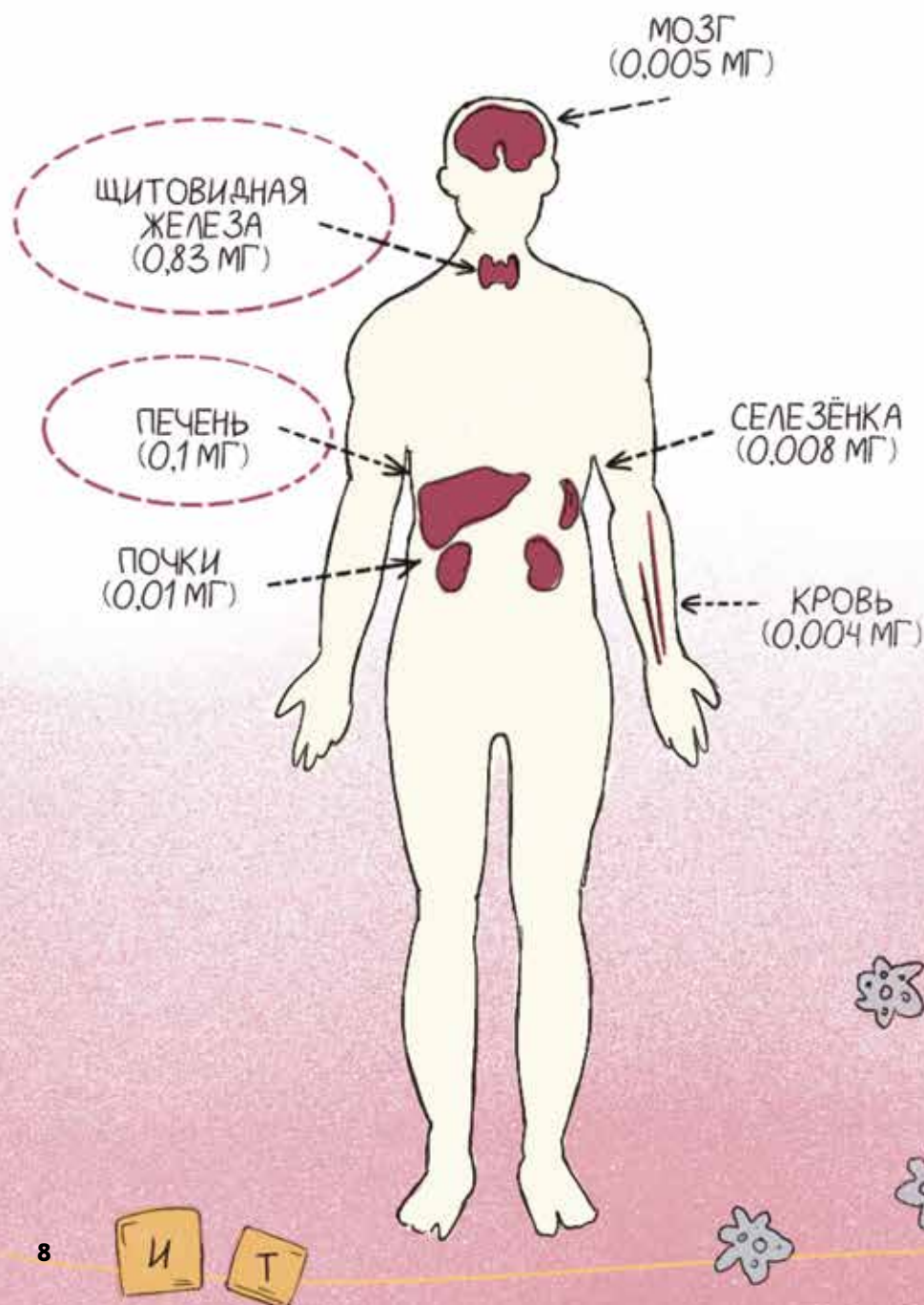


ЗОЛОТЫЕ ЛЕКАРСТВА И ДЕСЕРТЫ

ЕСТЬ ЛИ ЗОЛОТО ВНУТРИ ЧЕЛОВЕКА?

Удивительно, но золото есть даже внутри нас! Ты мог слышать, что клетки крови, которые разносят кислород по организму, содержат железо, что йод нужен для щитовидки, а кальций и фосфор укрепляют кости. Однако учёные пока не выяснили, для чего человеческому организму золото.

Зато вычислили его количество: 0,14 миллиграмма на килограмм массы тела. То есть в человеке весом 70 килограммов примерно 10 миллиграммов золота — как капля воды в дачном бассейне. Вот какие органы содержат больше всего благородного металла:



Если съесть ложку золотой пыли, она просто выйдет через... ну, ты понял. Золото безвредно, потому что не вступает в химические реакции с веществами внутри организма. Чего не скажешь об уране и свинце — они очень опасны для человека!

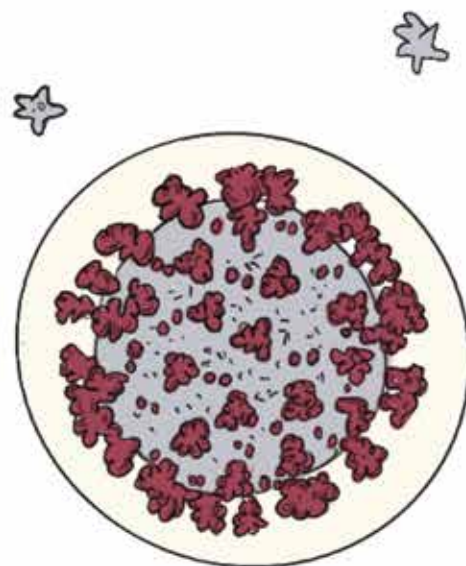
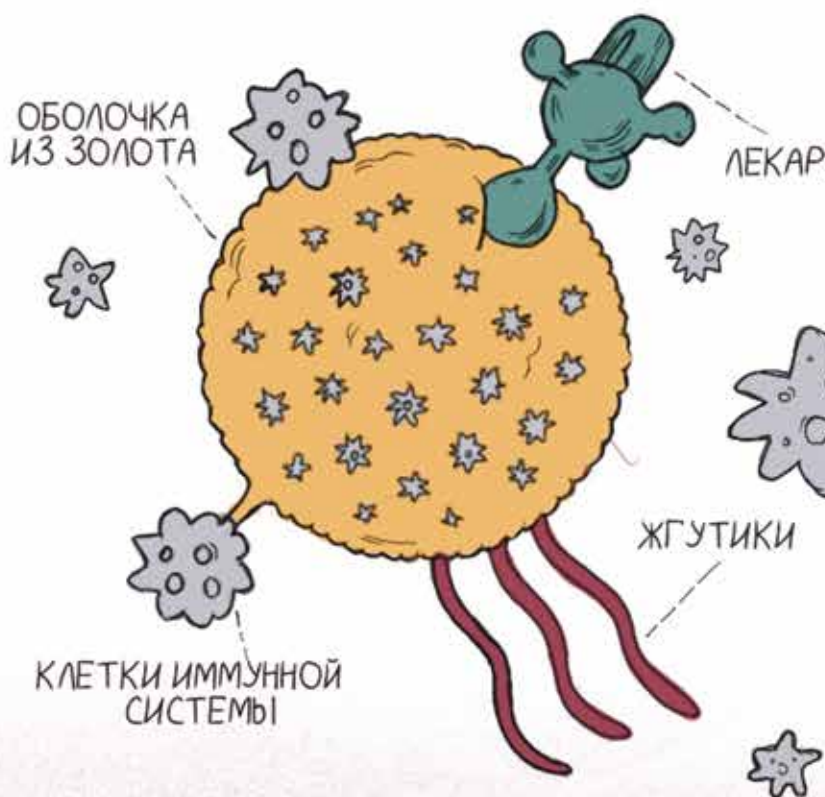
Узнав эту тайну, кондитеры стали украшать золотой фольгой торты, пирожные и конфеты. Пищевой краситель E175 — то самое съедобное золото.



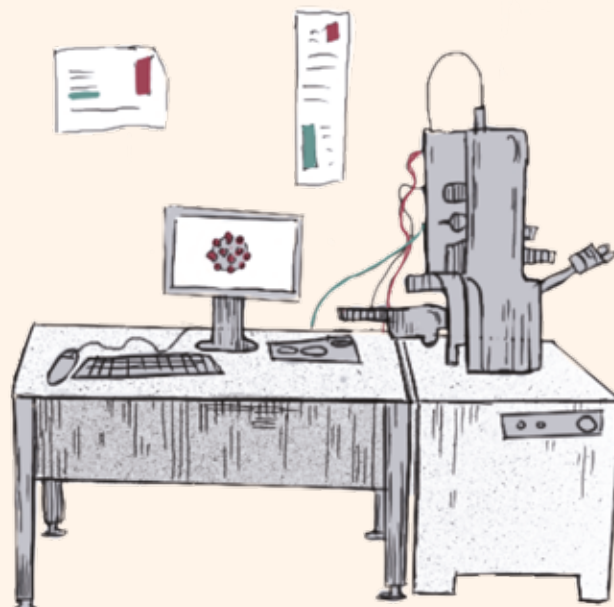
Медики тоже используют золото, и не только в качестве коронок для зубов. Лекарством на основе золота лечат воспалённые суставы. А вскоре будут побеждать и раковые заболевания.

Учёные уже создали наночастицы золота, которые способны добраться до опухоли и, раскалившись под действием теплового излучателя, уничтожить раковые клетки.

Но самые перспективные помощники в борьбе с опасными болезнями — золотые нанороботы. Если прикрепить к ним лекарство и клетки иммунной системы, способные находить «чужаков», и отправить в путь по кровеносным сосудам, нанороботы с помощью жгутиков доберутся до опухоли и выпустят лекарство прямо в неё.



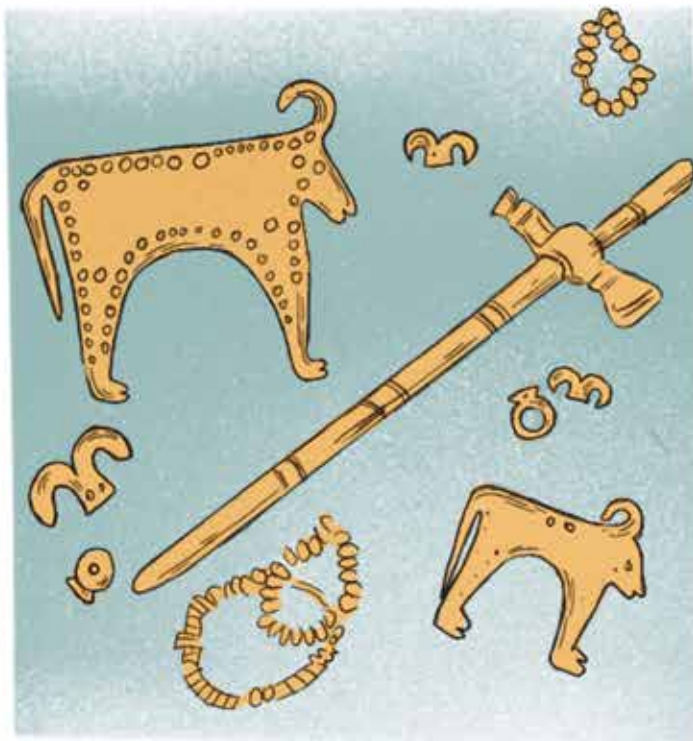
Электронный микроскоп способен рассмотреть до наночастиц любой объект, проводящий электричество. Однако клетки живых организмов плохо проводят ток. Чтобы узнать их точное строение, учёные покрывают объект исследования тончайшим слоем золота и только после этого начинают бомбардировать в микроскопе пучком ускоренных электронов. Благодаря такому методу мы узнали многое о строении бактерий и вирусов и теперь можем лучше бороться с болезнями.



ЗОЛОТО НАРОДОВ МИРА

В ДРЕВНОСТИ И В СРЕДНИЕ ВЕКА

Во все времена красота золота заставляла людей думать, что этот металл обладает чудодейственными свойствами. Поэтому им покрывали украшения для храмов, ритуальные предметы, фигурки божеств. Предметы роскоши могли позволить себе лишь самые богатые люди. Они украшали золотом свои жилища, одежду и... себя.



СКИФЫ И САРМАТЫ

Прекрасными ювелирами древности были скифы и сарматы. Эти кочевые народы, жившие более двух тысяч лет назад в степях Евразии, добывали золото на берегах уральских рек, раскатывали его в тонкие пластины и покрывали ими деревянные заготовки. Именно так они создали свои шедевры — позолоченные статуэтки зверей.

Олени у скифов и сарматов символизировали проводников души в загробный мир. Поэтому их фигурки часто клали в саркофаги.



КУЛЬТУРА ВАРНА

Около 6500 лет назад на территории болгарского города Варна люди жили довольно скромно: пасли скот, дома и посуду делали из глины. Однако они уже умели плавить золото и создавать из него украшения и символы власти, такие как жезл.



САРМАТСКИЙ ОЛЕНЬ

АЦТЕКИ И ИНКИ

В Средние века европейцы, исповедовавшие христианскую религию, покрывали золотом купола соборов и иконостасы. А на другом конце света индейцы ацтеки и инки изготавливали из жёлтого металла статуэтки божеств, ритуальные маски, пластины для украшения стен и потолков храмов.

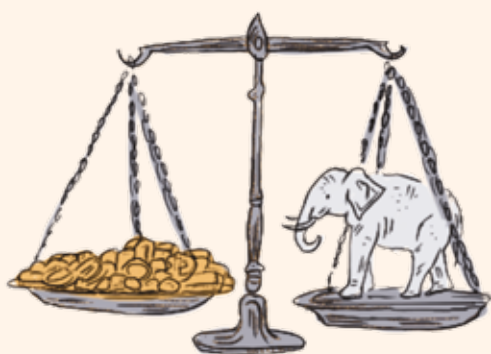
Огромное количество драгоценного металла так поразило прибывших в Америку европейцев, что они решили не уходить, пока не добудут всё золото. Вскоре испанцы, вооружённые стальным оружием и ездившие на конях, действительно установили господство над всеми землями ацтеков и инков.



1. Бога Солнца инки изображали в виде золотого диска с человеческими чертами лица.
2. Головной убор знатных ацтеков: при ходьбе подвески звенели.
3. Лабрет ацтеков в виде змеи.

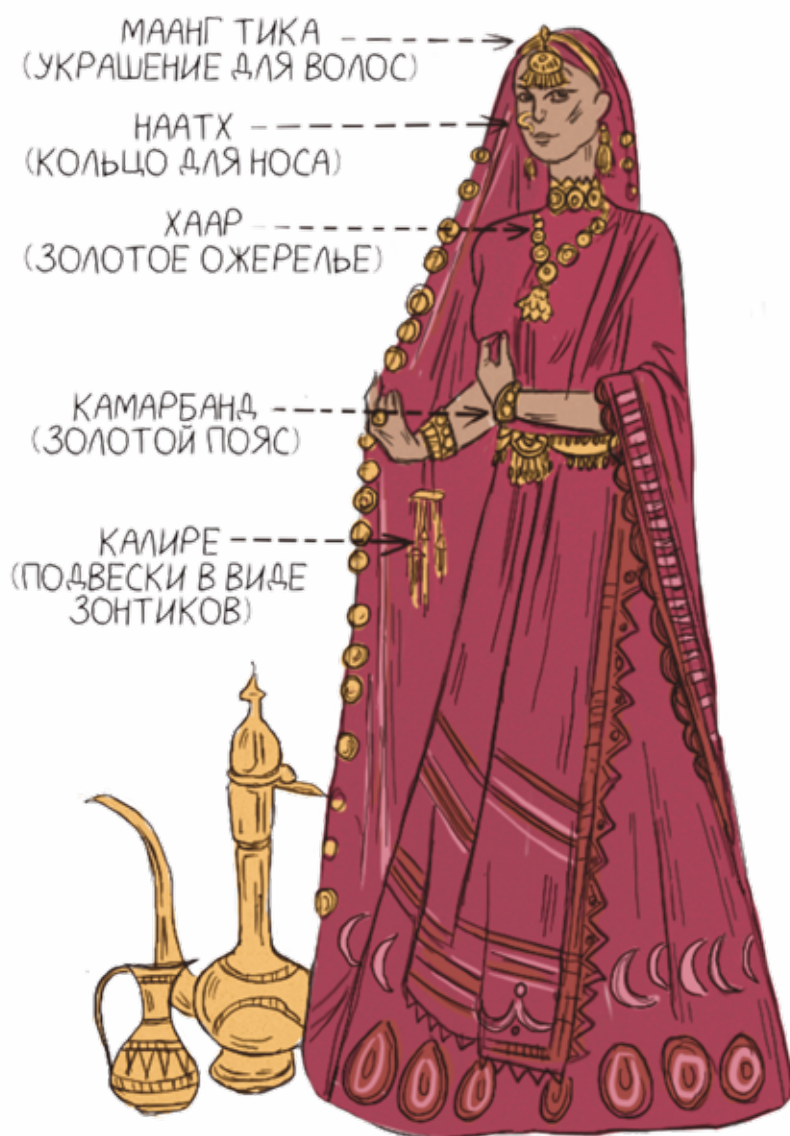
Крупнейший выкуп в истории

Когда индейцы ещё надеялись, что белые люди уйдут восвояси, они пытались задобрить их драгоценным металлом. В качестве выкупа за захваченного в плен правителя Атауальпу инки принесли испанцам 6 тонн золотых изделий — столько весит крупный слон.



ИНДИЙЦЫ

В Индии золото всегда считалось священным материалом, который приносит благополучие и удачу. С приходом буддизма металлом просветлённых стали покрывать статуи Будды и религиозные святыни. В индуизме же всех богов, как высших существ, изображают с золотыми украшениями, а богиню процветания Лакшми — с горшочком риса и золотых монет.



На традиционной индийской свадьбе невеста предстаёт в образе Лакшми: на ней сари, расшитое золотыми нитями, и множество золотых украшений. А лучшим подарком жениху и невесте считается... да, золото. Неудивительно, что Индия — один из крупнейших потребителей этого драгоценного металла.

ИСКУССТВО ЮВЕЛИРОВ

ЗАЧЕМ ОНИ НАРЯЖАЮТ ЁЛКУ?

Сегодня, как и прежде, золотом покрывают предметы, связанные с религией, а богатые люди украшают дома позолоченными люстрами и мебелью. Но золотые украшения стали доступны многим людям. Вот почему около половины добываемого металла идёт в ювелирную промышленность.

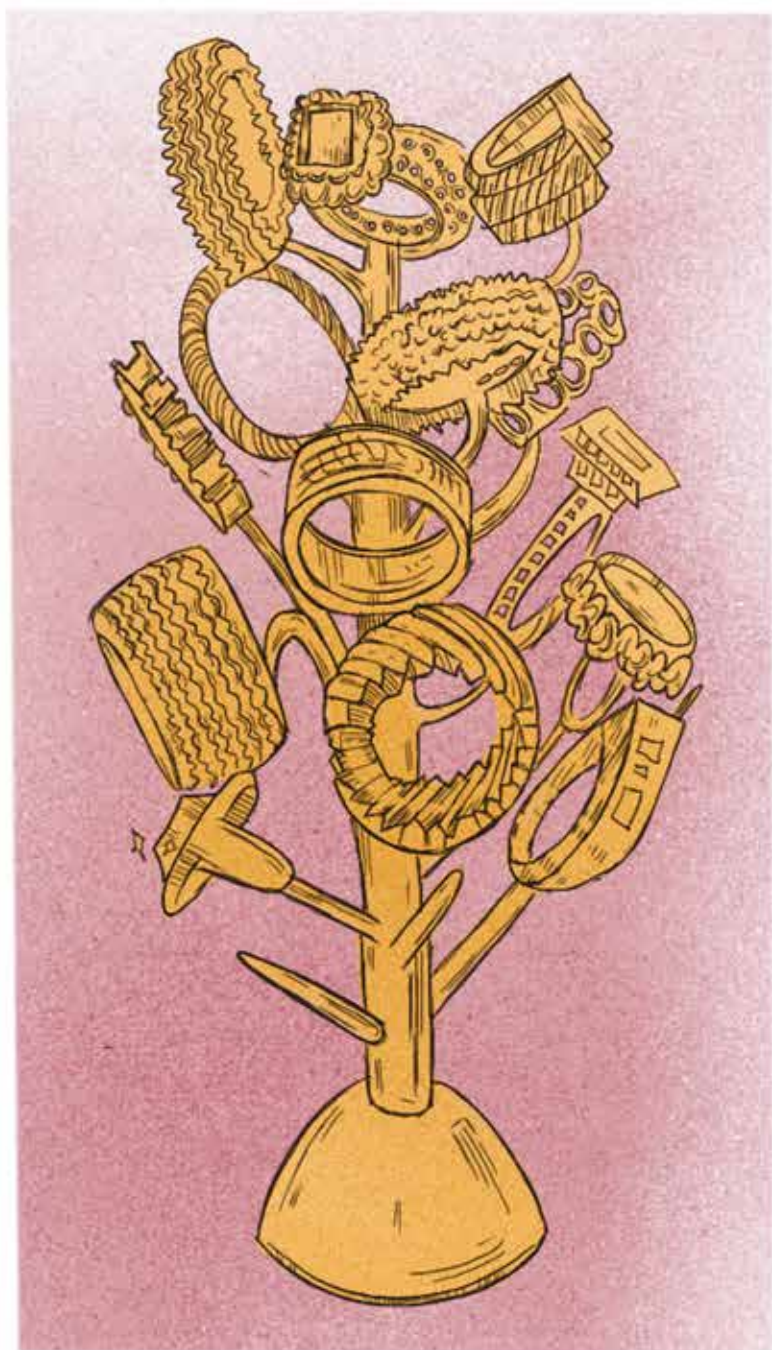
Современные золотые украшения создают так же, как тысячи лет назад, — с помощью чеканки, литья, гравировки и штамповки. Новейшие технологии, вроде лазерной резки и 3D-печати, лишь ускоряют процесс.



ЛИТЬЁ

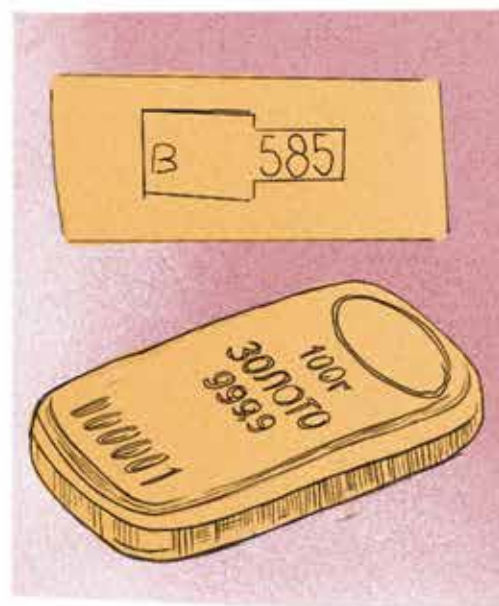
Самый популярный способ сделать украшение — литьё. Хочешь узнать, как всё происходит?

1. Сначала придумывают дизайн.
2. Затем вырезают или печатают на 3D-принтере восковую модель — восковку.
3. Из воска же делают ствол и веточки и прикрепляют к ним несколько десятков восков.
4. Дальше самый важный этап — литьё. Получившуюся восковую «ёлку» заливают массой из гипса и мельчайшего кварца и запекают в печи. Масса твердеет, а воск плавится и вытекает, оставляя пустоты.
5. Эти пустоты заливают золотым сплавом, дают форме остыть, затем разбивают её и достают металлическую «ёлку».
6. Детали будущих изделий отщипывают и соединяют.
7. Почти готовые украшения шлифуют и полируют до блеска.
8. А затем отправляют в пробирную палату, где проверяют качество и ставят клеймо — пробу.



Присмотрись, и ты увидишь, что на каждом золотом украшении есть загадочные три цифры. Это проба. Она показывает, сколько благородного металла содержится в сплаве. Да, ювелирные изделия не создают из чистого золота, иначе они были бы слишком мягкими.

Проба 375 считается низкой и означает, что в сплаве всего 37,5% золота, а остальные 62,5% — примесь других металлов. Золото низкой пробы идёт на часы и недорогие украшения. Из золота 750-й пробы ювелиры создают уникальные изделия. В России же самая популярная проба — 585-я.

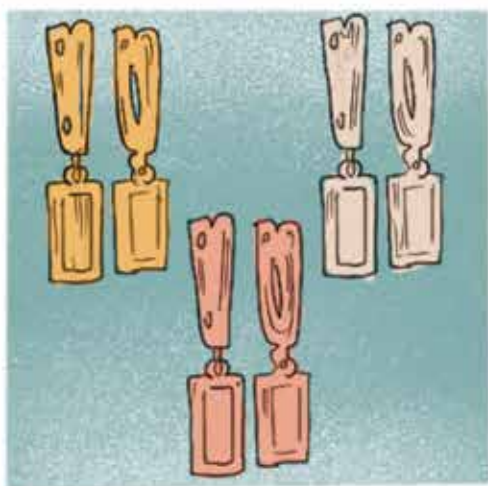


999,99

Наивысшую пробу называют «пять девяток»: в таком золоте присутствует лишь сотая доля процента примесей. Используют его в научных экспериментах и в качестве эталона — образца чистого металла.

999,9 И 999

В пробах «четыре девятки» и «три девятки» чуть больше примесей, но всё ещё много золота. Из такого сплава делают банковские слитки.



ПОЧЕМУ ЗОЛОТО РАЗНОГО ЦВЕТА?

Всё из-за примесей. Традиционный ярко-жёлтый цвет получается, если к золоту добавить немного серебра или меди. В Индии и Китае популярно именно такое золото — высокой 916-й пробы.

Если в золото подмешать чуть больше меди, это придаст ему розоватый оттенок. В России традиционно производят украшения из такого сплава.

Белое золото получается при добавлении платины или палладия. Этот сплав популярен в Европе.

Виды серёг



ПУССЕТЫ



ГВОЗДИКИ



КОЛЬЦА



ПРОДЁВКИ



КАЛАЧИ



МОНОСЕРЬГА



ДЖЕКЕТЫ



ПОДВЕСКИ



ПОЛУКОЛЬЦА



КИСТОЧКИ



КАПЛИ



КАФФЫ



КИСТОЧКИ



КЛАЙМБЕРЫ



ШАНДЕЛЬЕРА

МОНЕТЫ И СЛИТКИ

КАК ЗОЛОТО СТАЛО ДЕНЬГАМИ?

Деньги придумали не сразу. Сначала люди меняли то, что у них было, на то, чего у них не было. Потом стали считать стоимость товаров в чём-то одном: в шкурах животных, ракушках, соли, чае, зерне, какао-бобах, специях, сушёной треске.

Со временем поняли, что для обмена товарами больше подходят металлические монеты:

- они выглядят одинаково — в отличие от шкур и ракушек;
- они не портятся, как продукты питания.

Первые монеты появились 2700 лет назад в Лидии (на территории современной Турции) и были из сплава золота и серебра. После завоевания Лидии персами чеканить монеты стали во всех городах огромной империи. Персы усовершенствовали сплав, добавив в него для прочности медь. Древние греки тоже научились создавать монеты у лидийцев.

Такими золотыми статерами Александр Македонский рассчитывался со своими солдатами, завоевавшими для него полмира.



РИМСКИЕ МОНЕТЫ ВРЕМЁН ВЕСПАСИАНА



РИМСКИЕ МОНЕТЫ ВРЕМЁН ЦЕЗАРЯ

А вот название металлическим деньгам придумали древние римляне. Они чеканили их при храме богини Юноны по прозвищу Монета («Советчица»), вот и решили назвать их в честь «хозяйки» храма.

Со временем золотые монеты появились и в других государствах.

Перевозить металл в мешках было тяжело и неудобно, поэтому люди придумали бумажные деньги. Купцы приносили в банк монеты, а банк выдавал вместо них банкноты. Однако при обратном обмене государство могло занизить цену на бумажные деньги, и люди получали меньше металлических. А во времена войн и кризисов банкноты могли и вовсе обесцениться. Поэтому в XIX веке был введён золотой стандарт: за бумажные деньги банки обязаны были выдать определённое количество золота.

В скором времени государства начали хранить в центральных банках золотой резерв — золото в слитках. В трудные времена его можно было обменять на иностранную валюту и купить на неё необходимые товары или погасить долг перед другими странами.

Почему золото дорогое?

Сегодня один килограмм золота стоит в 100 раз дороже серебра и в 10 000 раз дороже меди.

Но почему оно такое дорогое? Дело в том, что золота в природе очень мало. Как ты знаешь, из драгоценного металла создают украшения, детали электронных приборов и банковские слитки. А ещё люди покупают его ради инвестиций. С каждым годом мы потребляем всё больше золота, поэтому его цена неуклонно растёт.



Инвестиции в золото



ПОКУПАЕШЬ
ЗОЛОТО
В БАНКЕ



СПУСТЯ ВРЕМЯ
ЗОЛОТО
ДОРОЖАЕТ



МОЖНО ПРОДАТЬ
И ЗАРАБОТАТЬ
НА РАЗНИЦЕ В ЦЕНЕ



ИЛИ ХРАНИТЬ СВОЙ
РЕЗЕРВ
СКОЛЬКО ХОЧЕШЬ

АЛХИМИЯ VS ХИМИЯ

МОЖНО ЛИ СОЗДАТЬ ЗОЛОТО?



Мы вот всё говорим «золото», «золото». А что это такое?

С точки зрения химии золото — металл, то есть блестящий материал, который хорошо проводит тепло и электричество. Любой металл состоит из одинаковых атомов — такие вещества называются простыми. Во время химической реакции их атомы могут соединиться с атомами другого вещества и образовать сложное химическое соединение, но не могут стать атомами другого простого вещества.

Этого не знали алхимики, которые на протяжении веков пытались недорогие металлы (свинец или ртуть) превратить в золото. Конечной цели они не достигли, однако их опыты принесли пользу: были изучены свойства многих металлов и их соединений.



Алхимия была не столько наукой, сколько «тайным знанием», которое находило связи между самыми непохожими предметами. Считалось, что металлам соответствуют планеты, Луна и Солнце. А ещё алхимики пользовались тайными знаками. Догадайся: какой металл они обозначали символом «Солнце»?



МЕДЬ
(ВЕНЕРА)



СЕРЕБРО
(ЛУНА)



ЖЕЛЕЗО
(МАРС)



СВИНЕЦ
(САТУРН)



РТУТЬ
(МЕРКУРИЙ)



ОЛОВО
(ЮПИТЕР)



?
(СОЛНЦЕ)

Кто бы мог подумать, но желание обладать золотом привело к появлению такой важной и полезной науки, как химия.

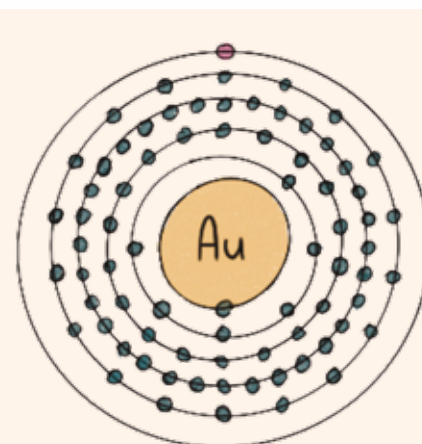
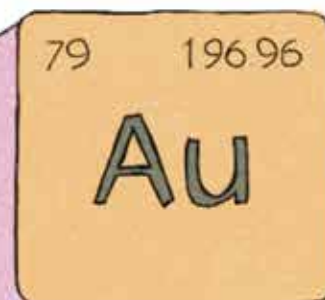
Самым дальновидным химиком был Дмитрий Менделеев. Он создал периодическую систему химических элементов, в которой золоту досталась ячейка 79.

Au — Aurum («аурум») — латинское название золота.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																	
I																	VIII
1	1 H	2 He															18 Ar
2	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne									
3	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar									
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I
6	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

* ЛАНТАНОИДЫ																	
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu				

** АКТИНОИДЫ																	
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr				



Это значит, что в атоме золота 79 протонов и 79 электронов. А ещё мы можем, не прикасаясь к металлу, лишь заглянув в таблицу, понять, что золото очень тяжёлое: его атомная масса (196,97) больше, чем у железа (Fe) и у серебра (Ag).



ШАЛОСТЬ УДАЛАСЬ!

Невероятно, но люди всё-таки получили золото из другого металла! Правда, сделали это не алхимики, а атомные физики из Гарвардского университета. В 1941 году они стреляли быстрыми нейтронами в ртуть внутри ядерного реактора. При этом нейтроны «налипали» на ядра атомов ртути и делали их такими же тяжёлыми, как у золота. К сожалению, получать драгоценный металл этим способом сложно и дорого, поэтому нам до сих пор приходится добывать золото из-под земли.

Атом — это крошечная частица химического элемента. Он состоит из ядра, в котором есть положительно заряженные протоны и незаряженные нейтроны. Вокруг ядра на разных энергетических уровнях находятся отрицательно заряженные электроны. У золота на внешнем уровне лишь один электрон, который крепко держится за своё место. Поэтому золото неохотно вступает в химические реакции, в том числе не ржавеет, — в отличие от железа, у которого 2–3 свободных электрона при первом удобном случае «убегают» к кислороду.