

Министерство образования Республики Беларусь

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра белорусского, русского и иностранных языков

ЗАДАНИЯ

по русскому языку для студентов-иностранцев
технических специальностей

Р

Могилев 2003

УДК 808.2

Составители: канд. филол. наук Папейко А.А.,
ст. преп. Сагиева Г.В.

Задания по русскому языку для студентов-иностранцев технических специальностей.— Могилев: УО МГТУ, 2003.— 22 с.

Задания предназначены для студентов-иностранцев, обучающихся на факультетах МГТУ. Содержат сведения по математике, физике, вычислительной технике, логике исследовательской работы. Используются материалы, отражающие исторические сведения, а также современные тенденции развития науки.

Одобрено кафедрой белорусского, русского и иностранных языков УО МГТУ “6” июня 2003 г., протокол № 8

Рецензент

Медведская Н.Н.

Редактор

Наумович Л.А.

Рекомендовано к опубликованию комиссией методического совета УО МГТУ

Ответственный за выпуск

Медведская Н.Н.

ЗАДАНИЯ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ИНОСТРАНЦЕВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

© Составление А.А.Папейко, Г.В.Сагиева, 2003

Пояснено в печать 10.10.2003 Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.
Усл.печ.л. 1,40 Уч.-изд.л. 1,54 Тираж 40 экз.Заказ N 1086

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Могилевский государственный технический университет»

Лицензия ЛВ № 243 от 11.03.2003г., лицензия ЛП № 165 от 08.01.2003г.

212005, г. Могилев, пр. Мира, 43

От нуля до декаллиона

Трудно ответить на вопрос, когда впервые люди дали имена числам. Ясно одно – произошло это в незапамятные времена, когда древние люди охотились на мамонтов и отвоевывали у медведей и львов пригодные для жилья пещеры. Но числа надо было не только называть, но и записывать. И вот более 25 тысяч лет назад какой-то первобытный охотник взял в руки палку и нанес на ней 55 зарубок, сгруппировав их по 5; вероятно, он уже умел считать по пальцам.

Археологи нашли древнейшие календари, составленные в те же далекие времена. В них каждому дню соответствовал свой знак – черточка или какой-нибудь рисунок. Но особенно возросла потребность в записи чисел, когда люди занялись земледелием и скотоводством. Здесь уже черточек не хватало – ведь надо было отдельно показывать число мешков зерна, число овец, число кувшинов с растительным маслом и т.д. И тогда вместо черточек стали применять глиняные фигурки. Фигурки одной формы обозначали овец, другой – коров, а третьей – мешки зерна. При этом фигурок делали ровно столько, сколько было овец, коров и т.д. Хотя с помощью таких фигурок можно было изображать числа, это еще не были настоящие цифры.

Цифры возникли примерно 5000 лет тому назад в Месопотамии – территории между реками Тигром и Евфратом. Сейчас на этой земле расположены государства Сирия и Ирак. Именно там впервые догадались обозначать одним знаком не одну, а сразу 6 или 10 овец. И вскоре шумеры (народ, живший тогда в Месопотамии) научились обозначать большие числа. Для этого они пользовались шестидесятеричной системой счисления. В их записи каждая цифра при сдвиге влево или вправо меняла свое значение не в 10 раз, как у нас, а в 60. Шумерскую запись чисел использовали и другие народы, поселившиеся потом в Месопотамии, – вавилоняне и ассирийцы. По-другому записывали числа египтяне – у них были особые знаки для 1, 10, 100, 1000 и т.д., и они писали столько знаков, сколько было в числе единиц, десятков, сотен, тысяч. А древние греки для записи чисел пользовались буквами, только писали над ними черту, показывавшую, что это цифра, а не буква.

У греков последним знаком для обозначения чисел была буква М. Она обозначала число 10 000, называвшееся *мириада*. Назвать-то греки могли и мириаду, и даже мириаду мириад мириад (т.е. число 10^{12}), только записать это число они не могли. Впрочем, с такими большими числами грекам и не приходилось иметь дело. Но все же один из величайших греческих математиков Архимед задумался над вопросом, как же называть очень большие числа.

В своем сочинении “Исчисление песчинок” он поставил себе целью показать, что существуют “числа, превышающие число песчинок, которые можно вместить... в пространстве, равном объему... целого мира”. Смысл этого высказывания становится ясен, если учесть, что Архимед в отношении устройства мира придерживался взглядов своего старшего современника, выдающегося греческого астронома Аристарха Самосского. По Аристарху, мир представляет собой шар, в центре которого расположено Солнце, а границей служит “сфера неподвижных звезд”. Земля обращается вокруг Солнца по

круговой орбите, диаметр которой относится к диаметру Земли так же, как диаметр сферы неподвижных звезд относится к диаметру орбиты Земли. Отправляясь от гипотез современных ему астрономов, Архимед полагает диаметр сферы неподвижных звезд не превосходящим ста триада триада триада стадий (что составляет примерно полтора световых года). Песчинку Архимед считает очень малой: в маковом зернышке, по его предположению, содержится триада триада триада.

Как же называл Архимед очень большие числа? Он называл обычную единицу “единицей чисел первых”, а триаду триада триада таких единиц, т.е. число 100 000 000 – “единицей чисел вторых”. Триаду триада триада чисел вторых он называл “единицей чисел третьих”, и так вел счет до “чисел триадо-триадных”. Это громадное число. Достаточно сказать, что мы записали бы его в виде единицы с 800 000 000 нулями! Но и здесь не остановился великий ученый. Все названные им числа он объявил “числами первого периода”, а триаду триада триада чисел триадо-триадных – “единицей второго периода”. Так он дошел до триадо-триадного периода. Полученное Архимедом число было фантастически большим, ведь оно записывается в виде единицы, за которой идет невообразимый хвост из нулей. Чтобы записать, сколько в нем нулей, надо написать цифру 8 и поставить после нее 16 нулей, а ведь это не само число Архимеда, а только число нулей в нем!

Хватало ли этих чисел для решения поставленной Архимедом задачи? Оказывается, для этого нужны были лишь числа восьмые первого периода. Теперь мы знаем, что Вселенная неизмеримо больше, чем думал Архимед, и что существуют частицы, гораздо меньшие по размеру, чем самая маленькая песчинка, которую мог вообразить себе древнегреческий ученый. И все же, если попробовать сосчитать, сколько нейтрино поместится в шаре, центр которого совпадает с центром Солнца, а радиус равен расстоянию до самой удаленной туманности, то окажется, что и здесь с избытком хватало чисел первого периода.

Но хотя названия громадных чисел у Архимеда уже были, обозначать их он еще толком не умел. Не хватало ему самой малости: Архимед, один из гениальнейших математиков за всю историю человечества, не додумался до... нуля! Сейчас школьники знакомятся с нулем в первом классе и, конечно, вряд ли отдадут себе отчет в том, что это одно из важнейших изобретений в математике. Только после того, как люди научились обозначать пропущенные разряды в записи чисел, обозначать, что счет ведется не единицами, а миллионами или сотнями тысяч, они получили в руки могучее орудие познания природы – позиционную систему счисления. Без нуля не было бы всей современной математики, не было бы и таких достижений человеческого разума, как космические корабли, электронные вычислительные машины, атомная энергия.

Считается, что ноль придумали купцы, которым часто приходилось считать на абаке – устройстве, напоминающем наши счеты. В абаке были канавки, соответствовавшие единицам, десяткам, сотням, тысячам. В них клали столько камешков, сколько было единиц в соответствующем разряде. А если в

какой-нибудь канавке камешков не было, это и означало пропуск разряда, т.е. то, что мы теперь обозначаем нулем. Некоторые записи, дошедшие до нас из Александрии – египетского города с греческой культурой, – наводят на мысль, что нуль применялся там примерно 2000 лет тому назад.

Первые записи чисел в десятичной системе счисления, заведомо содержащие цифру 0, обнаружены в Индии. Возможно, что индийцы заимствовали эту цифру у александрийских купцов (торговые связи Индии с Египтом и Месопотамией восходят к глубочайшей древности). Может быть, ее завезли в Индию греческие ученые, бежавшие в эту страну после того, как христиане разгромили центры “языческой науки”; а может быть, эту цифру придумал кто-то из индийских ученых. Но полторы тысячи лет тому назад нуль стал широко применяться в Индии, а потом распространился и в других странах.

Присоединение нуля к девяти цифрам дало возможность обозначать десятью цифрами любое число, как бы велико оно ни было. Чтобы получить очень большое число, можно было бы, например, взять лист пальмы (на которой писали в то время), начертить на нем знак для единицы, а потом писать нули, пока хватит места. Самое главное, запись даже гигантских чисел стала довольно короткой. Ведь если бы живший 25 тысячелетий тому назад древний человек имел представление о миллионе и захотел бы изобразить это число с помощью зарубок на волчьих костях, ему пришлось бы истребить несколько тысяч волков. А для записи миллиарда не хватило бы волков во всех европейских лесах! Теперь же вся запись умещалась в одной короткой строке.

Нужно сказать, что хотя обозначение нуля оказалось чрезвычайно полезным для математики, первоначально некоторые ученые встретили это нововведение враждебно. “Зачем обозначать то, чего нет?” – вопрошали они. Но полезность нового открытия вскоре стала ясна всем.

Уже у индийцев были названия для очень больших чисел. В своих учениях о происхождении и развитии мира они свободно оперировали такими числами, как 4 320 000 000 и еще большими, давая им особые названия. Миллион они называли “коти”, сто миллионов – “врнда”, а в легендах о Будде рассказывалось, как он давал имена еще большим числам – вплоть до числа, записываемого единицей с пятьюдесятью нулями.

Но в Европе после падения античной науки не знали названий разрядов чисел, следующих за тысячей. Число 999 999 европейские математики еще могли прочесть, а дальше они считать не умели. В 1271–1275 годах венецианский купец Марко Поло совершил неслыханное для той поры путешествие. Пройдя северным побережьем Черного моря, он пересек Волгу, бескрайние азиатские степи и Великим шелковым путем добрался до Китая. Здесь он прожил много лет, наблюдая то, о чем тогдашние европейцы и понятия не имели: полеты пороховых ракет, книгопечатание, изготовление фарфора.

Когда он снова оказался в Венеции, рассказам не было конца. И чаще всего в рассказах Марко Поло повторялось слово “миллионе” – большая тысяча. Так он назвал тысячу тысяч. Недоверчивые венецианцы прозвали

путешественника Марко Миллионе и думали, что он их обманывает. Только спустя несколько столетий, когда европейцы лучше познакомились с Китаем, они узнали, что рассказы Поло были правдивыми.

В XV веке французский математик Никола Шюке по созвучию с миллионом ввел слово “биллион”, которое обозначает миллион миллионов. Чтобы записать биллион, надо после единицы поставить 12 нулей. Приставка “би” по-латыни обозначала “второй” (кстати, в театрах кричат “бис”, когда хотят повторения). Потому “биллион” можно прочесть и как “второй миллион”. Миллион биллионов назвали “триллионом”, а миллион триллионов получил название “квадриллион” (от латинского слова “кварта” – четыре).

В США, Англии, Германии, принята иная система названий чисел. По этой системе миллиардом (или биллионом) называют тысячу миллионов, триллионом – тысячу биллионов, квадриллионом – тысячу триллионов и т.д. Эту систему названий используют и в нашей стране. Вот названия некоторых громадных чисел с указанием числа нулей после единицы в двух системах:

	Франция	США, Англия, Германия		Франция	США, Англия, Германия
миллион	6	6	секстиллион	36	21
биллион	12	9	септиллион	42	24
триллион	18	12	окталлион	48	27
квадриллион	24	15	ноналлион	54	30
квинтиллион	30	18	декаллион	60	33

В школах этих названий не изучают, да они и не слишком нужны. В газетах мы часто читаем, что та или иная фабрика выпустила столько-то миллионов метров ткани или такая-то электростанция дала столько-то миллиардов киловатт-часов электроэнергии. Триллионы встречаются в газетах, когда пишут о бюджетах крупнейших государств. А вот название “квадриллион” в газетах не попадается – вряд ли есть что-нибудь на земном шаре, что исчислялось бы квадриллионами.

Такие большие числа оказываются нужны только в науке. В 16 граммах воздуха содержится примерно септиллион молекул. Возьмем шар с центром в центре Земли и радиусом, равным расстоянию до самых далеких туманностей на небе (это расстояние луч света проходит за десяток миллиардов лет, а он, как известно, пробегает в секунду 300 000 км). Если набить этот шар самыми маленькими частицами, которые известны сейчас физикам, то и тогда понадобится число, которое не превосходит единицы с сотней нулей. Есть лишь одна область науки, где встречаются еще большие числа. Это наука о числе различных комбинаций – комбинаторика. Подсчитано, например, что число различных возможных шахматных партий выражается единицей со 120 нулями!

Но страшные названия громадных чисел не нужны и еще по одной причине. Их можно проще обозначать, используя понятие степени. Например, запись 10^8 означает произведение восьми десятков, т.е. сто миллионов. С помощью степеней декаллион можно записать как 10^{33} , а число мельчайших частичек в громадном шаре, о котором говорилось раньше – это 10^{100} .

Удивительное равенство

Чему равно π – отношение длины окружности к ее диаметру? Любой, кто знаком с математикой, вправе обидеться на такой вопрос. Конечно же, $\pi \approx 3,14$; можно и точнее: $\pi \approx 3,14159$; можно и еще точнее... Значит, $\pi^2 \approx 9,87$. А чему равно g – ускорение свободного падения? Каждый, изучавший физику, скажет, что $g \approx 9,81 \text{ м/с}^2$. Значит, $\pi^2 \approx g$. “Ну и что?– можно пожать плечами.– Мало ли на свете совпадений! Да и совпадение-то ненастоящее: разница между π^2 и g не так уж мала – около 0,06”.

“Да тут вообще говорить не о чем,– вступит в разговор другой искусленный в науке человек,– само равенство $\pi^2 \approx g$ не имеет никакого смысла, потому что в левой части стоит число, а в правой – величина, имеющая размерность. Если измерять расстояние не в метрах, а, например, в сантиметрах, то $g \approx 981 \text{ см/с}^2$. А в Англии и вовсе: $g \approx 32,2 \text{ фут/с}^2$. Так что ничего общего между π^2 и g нет!”

И все-таки давайте попробуем разобраться, какова природа загадочного равенства $\pi^2 \approx g$. Для этого, очевидно, нужно выяснить, в каких единицах измеряются физические величины.

С давних времен и до наших дней людям приходится производить измерения – определять длину, время, вес, скорость и другие величины. И издавна стоял вопрос о единицах измерения. Каждый знает, конечно, что в международной системе единиц (СИ) основными являются единицы: длины – метр, массы – килограмм, времени – секунда. Единицы хорошие, мы к ним привыкли, без них не мыслим себе повседневной жизни. Приходя в магазин, мы просим отвесить 2 килограмма крупы, выходя на дорожку стадиона, пробегаем 100 метров, от звонка до звонка на уроке проходит 45 минут, или 2700 секунд. Время нам отсчитывают часы, для определения массы нужны весы, расстояние измеряем линейкой с делениями или рулеткой. А если под рукой нет рулетки? Как измерить длину в этом случае? Хорошо было бы, если бы единица измерения всегда была под руками: захотел – и изготовил себе свой собственный “эталон”. Например, дело с измерением углов обстоит именно так. Для откладывания угла величиной в 42° мы пользуемся транспортиром, но эталон углов “1°” нам не нужен. Если представить, что на Земле внезапно исчезли все угольники и транспортиры, мы легко сможем восстановить эту единицу, просто разделив полный угол на 360 равных частей. Желательно и для других величин иметь воспроизводимые единицы измерений.

Когда стихийно возникали первые системы мер, воспроизводимость была заложена в них с самого начала,– единицы длины связывали, например, с размерами отдельных частей человеческого тела. Так возникли “сажень”, т.е. расстояние между концами вытянутых в стороны рук взрослого человека (“сажень мерная” $\approx 176 \text{ см}$), и “локоть”, название которого говорит само за себя,– он равен расстоянию от локтя до вытянутых пальцев руки. От английского слова “foot” – “ступня” – берет начало единица длины “фут” (фут равен 30,48 см). “Дюйм” – ширина большого пальца у его основания. Список можно было бы и продолжить, но уже и так ясно, что наши предки связывали

сравнительно небольшие единицы длины с размерами отдельных частей тела. Однако подобные единицы длины имели очевидные неудобства. Главное из них состояло в том, что локти у разных людей разные, ступни тоже не одинаковые, а единица измерения требуется одна!

Поэтому возникла необходимость иметь эталон – стандартные фут или сажень, – с которым можно было бы сравнивать другие эталоны, не столь главные, как тот – основной и единственный. Однако такой эталон – вещь не слишком хорошая, потому что сама процедура последовательной сверки с эталоном достаточно трудоемка и сложна. Кроме того, эталон необходимо содержать при строго фиксированных условиях – определенной температуре, влажности и т.д. И при всем этом эталон постоянно немного меняется, стареет.

Вместе с тем единые единицы измерения физических величин (в первую очередь – времени, массы, длины) становились все более необходимыми для развивавшихся в XVI–XVII веках науки, промышленности, мореплавания, торговли. После открытия европейцами Америки и морского пути в Индию вокруг Африки важной задачей стало как можно более точное определение местоположения корабля на море. У некоторых ученых возникла замечательная идея – создать единицу длины без эталона. Найти такую единую для всех величину, которую можно воспроизвести в любом месте и в любое время с возможно меньшим количеством простых материалов и приборов! Сделать эту единицу общей для различных стран и народов! Одним из ученых, предложивших новую единицу длины, был великий нидерландский физик, механик и математик Христиан Гюйгенс.

Его предложение состояло вот в чем. Изготовим маятник, т.е. подвесим на нити небольшое тяжелое тело. Подберем длину нити l так, чтобы маятник совершал одно колебание ровно за 2 секунды. (Это значит, что если отвести тело от положения равновесия и отпустить, то через 1 секунду оно займет симметричное, а еще через секунду вернется в исходное положение.) Так вот, Гюйгенс предложил за единицу длины принять длину нити l .

Математический маятник – это материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити. Математический маятник – это абстракция, ведь в реальном мире не бывает ни материальных точек, ни невесомых нитей. Но эта абстракция достаточно точно описывает свойства реальных предметов.

В школьном курсе физики выводится замечательная формула $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, выражающая период малых колебаний математического маятника T через длину нити l . Эта формула не может не быть связана с нашим загадочным равенством $\pi^2 \approx g$, ведь в ней участвуют те же действующие лица: π и g ...

Предположим, что предложение Гюйгенса о выборе единицы длины было бы принято. Тогда при длине $l = 1$ период $T = 2$. Подставляя эти значения в формулу, получим: $2 = 2\pi\sqrt{1/g}$, или $\pi^2 = g$. Наше загадочное равенство оказалось в точности верным, причем верным по определению единицы длины! Но предложение Гюйгенса было отвергнуто, и единица длины была установлена иначе. Как это произошло и чем все-таки объяснить равенство

$\pi^2 \approx g$, скажем чуть ниже, а сейчас – несколько слов о самом Христиане Гюйгенсе.

Он родился 14 апреля 1629 года в семье известного голландского политического деятеля Константина Гюйгенса. Время было бурное: лишь недавно Нидерланды освободились от господства католической церкви и испанского короля. Юный Христиан получил хорошее домашнее образование, в 1645 году поступил в Лейденский университет. После завершения образования он занимается научной работой, сначала в Голландии, а затем в Парижской Академии наук. В конце жизни Гюйгенс возвращается в родную Голландию. Он умирает 8 июля 1695 года.

И в течение этих десятилетий – настоящий ливень работ, результатов, открытий. Многие из них – подлинные шедевры, ставшие классикой науки. Гюйгенс открыл кольцо Сатурна, разработал теорию удара упругих тел, вывел формулу линзы, предложил волновую теорию света, ввел и исследовал развертки кривых – эвольвенты. Гюйгенс был не только ученым, но и замечательным мастером. Он шлифовал линзы, проектировал и изготавливал самые большие для своего времени телескопы, под его руководством был сооружен планетарий. И всю жизнь его интересовали часы. В 1673 году вышла книга Гюйгенса “Маятниковые часы”. В этом труде собраны результаты, полученные ученым на протяжении многих лет. Идея маятниковых часов принадлежала Галилею, но Гюйгенс довел эту идею до практического осуществления: он изготовил часы, в которых последовательные равные промежутки времени отмериваются колебаниями маятника. Именно Гюйгенс открыл формулу для периода колебаний маятника с небольшой амплитудой (для колебаний с большим размахом период T уже зависит от амплитуды).

Но вернемся к единице длины, предложенной Гюйгенсом. Ее недостатком оказалось то, что ускорение свободного падения g изменяется на Земле от места к месту. Еще в бытность свою в Париже Гюйгенс познакомился с Рише – молодым сотрудником Академии наук, взятым для помощи академикам в опытах и наблюдениях. Именно Рише впоследствии открыл зависимость длины l секундного маятника от географической широты, – фактически это означало, что g зависит от широты.

Есть несколько причин изменения g . Во-первых, g меняется с широтой из-за того, что изменяется расстояние от точки на поверхности Земли до ее оси вращения и, следовательно, изменяется величина центростремительного ускорения тела. Во-вторых, Земля – не идеальный шар, а тело, слегка сплюснутое у полюсов. Из-за этого изменяется сила притяжения тела Землей. В-третьих, земной шар неоднороден, в отдельных его местах залегают пласты более массивных пород. Поэтому универсальной единицы длины на этой основе создать нельзя. Все же в XVIII веке длина секундного маятника (для которого $T = 2$) служила своеобразной мерой длины – пусть не очень точной, но зато легко воспроизводимой.

Что же было дальше? В 1789 году произошла Великая Французская революция. В том же году в Генеральные штаты (так назывался парламент Франции в то время) поступило несколько проектов реформы системы мер. До

Национального собрания – революционного парламента – дошел лишь один проект, представленный епископом князем Талейранским, будущим знаменитым французским дипломатом. Талейран предложил выбрать в качестве единицы длины длину секундного маятника на широте 45° . Окончательно проект реформы должны были разработать две специальные комиссии. Одна из них – во главе с великим математиком и механиком Лагранжем – предложила десятичные отношения для единиц измерения. Другая – во главе с замечательным математиком, механиком и астрономом Лапласом – занялась поиском надежной и воспроизводимой единицы длины, а также других единиц измерения. Перед комиссией легли два проекта. Один из них – проект Талейрана. Второй – проект самого Лапласа, который, исходя из своего интереса к строению Земли и космологии, хотел, чтобы размеры нашей планеты выражались круглыми числами (т.е. были кратными большим степеням десяти).

Комиссия решила принять предложение Лапласа, но одновременно, по мере возможности, учесть и предложение Талейрана. Для этого за единицу длины приняли $1/10\,000\,000$ часть четверти парижского меридиана – эта величина приближенно равна длине секундного маятника, отличаясь от него всего на 0,6%. Тем самым принятое решение как бы не отвергало полностью проект Гюйгенса–Талейрана, а лишь несколько “уточняло” его. На принятое решение – взять за “1 метр” 10^{-7} четверти меридиана – повлияло, видимо, еще одно обстоятельство. Предполагалось (и было решено, но, к сожалению, не привилось) разбить прямой угол на 100 градусов – вместо привычного нам разбиения на 90 градусов. При этом 1 град на земной поверхности вдоль меридиана составлял бы $10^5\text{ м} \approx 100\text{ км}$. 26 марта 1791 года Национальное собрание утвердило предложения комиссии, а 7 апреля 1799 года – и саму величину “метра” (пока временно – вплоть до более точного измерения длины меридиана).

Идея создания единицы длины, для которой не нужен эталон, была будто бы осуществлена: нужен точный “метр” – измеряй меридиан и изготавливай модель “метра”. При этом длина метра равнялась длине секундного маятника лишь приближенно, поэтому стало приближенным и равенство $\pi \approx 3,141592653589793238462643383279502884197169399375105820974944592307816406286209051387706$. Вот и ответ на вопрос!

А теперь несколько слов о дальнейшем развитии событий.

Конечно, длина четверти меридиана оказалась равной не точно 10^7 метрам (согласно измерениям 1976 года она составляет 10 001 970 м). Да и измерение меридиана – дело чрезвычайно длительное и дорогостоящее. Так или иначе, стало ясно, что без эталона метра не обойтись. Такой эталон был изготовлен из платиноиридиевого сплава и хранился в Международном бюро мер и весов в Париже.

Наконец, в 1960 году Генеральная конференция по мерам и весам определила метр как $1\,650\,763,73$ длины волн оранжевого света, излучаемого в вакууме криптоном. Так мы вернулись к замыслу Христиана Гюйгенса – взять из самой природы неизменную и воспроизводимую единицу длины.

Открытие лучей “икс”

В январе 1896 года весь земной шар облетело странное известие: какому-то немецкому ученому удалось открыть неведомые дотоле лучи, обладающие загадочными свойствами.

Первое загадочное свойство лучей – они невидимы. Сколько бы вы ни напрягали зрение, разглядеть их невозможно. Они никак не окрашены, цвета у них нет. Второе удивительное свойство – они проходят сквозь плотный картон, сквозь алюминий, сквозь толстые доски, сквозь оловянную бумагу; непрозрачное для них прозрачно. От них не скроешься за деревянной стеной, за дверью. Деревянная дверь пропускает их, как стеклянная. И третье свойство лучей – есть вещества, на которые они производят необычное действие. Кристаллы платиноцианистого бария, виллемита, сернистого цинка внезапно вспыхивают ярким светом, чуть только на них упадут невидимые лучи. Под действием невидимых лучей чернеет фотографическая пластинка. И сам воздух чудесно меняется, когда его пронизывают невидимые лучи: он приобретает такое свойство, как способность пропускать электрический ток.

Газеты, напечатавшие известие о лучах, только вскользь упомянули имя человека, который совершил необыкновенное открытие: Вильгельм Конрад Рентген. Впрочем, это имя мало что говорило читающей публике: немногие знали, кто такой этот Рентген. Да не все и поверили газетному известию – лучи, да еще и невидимые, да еще и сквозь стенки проходят – мало ли что пишут!

Вильгельм Конрад Рентген был профессором физики в баварском городишке Вюрцбурге. Застенчивый профессор, тихим голосом читающий свои лекции с кафедры старинного университета, был мало известен даже в своем собственном городе. Зато его хорошо знали ученые всего мира. Во всех двадцати пяти германских университетах не было ученого, который бы работал добросовестнее, тщательнее, осторожнее, чем физик Рентген. Множество явлений изучил он в своей лаборатории, много произвел точнейших измерений. Но далеко не обо всех своих работах, не обо всех своих опытах и открытиях сообщал Рентген в научные журналы. У него было строгое правило: он печатал статью о проделанных опытах только тогда, когда был окончательно убежден в их верности и точности. Если оставалось хоть малейшее сомнение в правильности опыта, осторожный ученый ничего о нем не писал.

Рентген остерегался скороспелых гипотез, поспешных догадок, фантастических предположений. Он доверял только опыту. “Опыт – высший судья, – говорил Рентген. – Только опыт решает судьбу гипотезы, только опыт дает нам возможность узнать, следует ли сохранить гипотезу или нужно ее отвергнуть. В этом-то и заключается главная сила физики: исследователь природы может быть совершенно уверен в себе, потому что у него всегда есть возможность проверить на опыте все свои предположения, все свои догадки. И если опыт не подтвердит догадку, значит, она неверна, как бы ни была она заманчива и остроумна”.

В 1895 году Вильгельм Конрад Рентген принялся изучать, как течет электрический ток сквозь разреженные газы.

Ученые исследовали это явление и до Рентгена. Немецкие физики Гольдштейн и Гитторф задолго до Рентгена пропускали электрический ток сквозь воздух, разреженный сильным воздушным насосом. Они построили специальные приборы, чтобы изучать этот ток, проделали первые опыты. Но многое еще оставалось неясным. Знаменитый физик Генрих Герц – тот самый Герц, который открыл радиоволны, – утверждал, что электрический ток, текущий сквозь разреженный газ, это тоже волны – колебания, похожие на колебания звука. Другую догадку высказал англичанин Крукс. Он говорил, что электрический ток в разреженном газе – это вовсе не волны, а потоки мельчайших, невидимых глазу частиц – электронов. С чудовищной скоростью – десятки тысяч километров в секунду! – летят они сквозь разреженный газ.

Мнения ученых разделились. Одни считали, что прав Генрих Герц, другие – что прав Уильям Крукс. И только недоверчивый Рентген не участвовал в этом споре. Он не был ни на стороне Герца, ни на стороне Крукса. Он упорно воздерживался от каких бы то ни было предположений и догадок: он утверждал, что для них еще не наступило время и что нужно проделать как можно больше опытов, накопить как можно больше достоверных фактов.

В 1895 году, в последних числах октября, Рентген собрал у себя в лаборатории все нужные материалы и приборы и приступил к опытам.

Рентген взял стеклянный шар с двумя впаянными внутрь металлическими пластинками. К обеим пластинкам было приделано по проволочке. Концы проволочек торчали наружу сквозь стеклянную стенку шара. Затем Рентген взял сильный воздушный насос и принялся выкачивать из шара воздух. Воздух уходил прочь, и его оставалось все меньше и меньше. Когда удалось выкачать воздуха столько, что в шаре осталась лишь одна миллионная часть его, Рентген запаял шар. Прибор для пропускания электрического тока сквозь разреженный газ был готов. Теперь стоит только соединить концы проволочек, выходящих из шара, с полюсами машины, подающей электрическое напряжение, – и ток потечет внутрь шара сквозь разреженный воздух от одной металлической пластинки до другой.

Машина, дающая высокое электрическое напряжение, у Рентгена была. Это была индукционная катушка – прибор, изобретенный в середине XIX столетия парижским механиком Румкорфом. С виду этот прибор похож на катушку с нитками, но только он гораздо больше обыкновенной катушки, и вместо ниток на него намотана проволока: десятки тысяч витков тончайшего электрического провода, покрытого надежной изоляцией.

Катушка Румкорфа внутри не пустая. В нее вставлена другая катушка – несколько сот витков проволоки, только уже не тонкой, а толстой. Две обмотки – наружная и внутренняя – предназначаются для того, чтобы повышать напряжение электрического тока. Если через внутреннюю обмотку пропустить переменный, прерывистый электрический ток, то и по наружной обмотке потечет прерывистый ток, но напряжение его будет в десятки, в сотни раз больше! Катушка Румкорфа – это преобразователь электрического тока: токи низкого напряжения она преобразует, превращает в токи высокого напряжения. С помощью катушки Румкорфа можно создавать мощные

электрические разряды, электрические искры. Индукционная катушка, которая была у Рентгена, давала электрические искры длиной в 10–15 сантиметров.

Ее-то он и соединил с концами проволочек своего стеклянного шара. Послышался сильный и частый треск – это в катушке Румкорфа задрожал молоточек, размыкающий и замыкающий прерывистый ток во внутренней обмотке. И сейчас же по всем виткам наружной обмотки пробежал другой ток – ток высокого напряжения. Он устремился по проволочкам в стеклянный шар и проложил себе дорогу сквозь разреженный воздух. Он тек от одной металлической пластинки до другой, и вот на стеклянных стенках шара вспыхнуло слабое зеленоватое сияние.

Так начались опыты Рентгена. А через несколько дней, 8 ноября 1895 года, Рентген обнаружил необычайное явление. Случилось это так.

Был вечер. Ассистенты, весь день трудившиеся над своими измерениями, усталые разошлись по домам. Ушел и старик-служитель. Рентген остался в лаборатории один, он собирался работать до поздней ночи. Трескал молоточек индукционной катушки, зеленовато-желтый свет струился от стенок стеклянного баллона. Это был уже не первый баллон, не тот стеклянный шар, с которым Рентген начал свои опыты. В течение последней недели он изготовил несколько стеклянных баллонов, и все они были разные. Одни имели форму шара, другие – форму груши, третьи были узкими и длинными стеклянными трубками. В одних баллонах был разреженный воздух, в других – разреженный азот, водород, кислород. Но в каждый баллон были одинаково впаяны металлические пластинки, и изо всех баллонов торчали наружу тонкие проволочки.

В этот вечер Рентген занимался тем, что по очереди придвигал свои баллоны к индукционной катушке и пропускал сквозь них электрический ток. Он хотел выяснить, как отражается на электрическом токе степень разреженности газа, форма баллона, форма и расположение металлических пластинок. Результаты своих наблюдений Рентген аккуратно вносил в лабораторный дневник.

Часы пробили одиннадцать, Рентгена клонило ко сну. Он накрыл свой последний баллон плотным картонным футляром. Оставалось только разомкнуть ток в индукционной катушке, погасить свет и уйти. Но по рассеянности Рентген позабыл выключить катушку. Он погасил свет и уже направился было к дверям, когда треск молоточка вывел его из задумчивости. Рентген вернулся, и вот тут-то его глазам представилось удивительное зрелище.

На столе – не на том столе, где стоял стеклянный баллон, а на соседнем – мерцало странное сияние. Тусклым зеленовато-желтым огнем горел какой-то маленький предмет. Рентген в темноте направился к столу, чтобы посмотреть, в чем там дело.

Оказалось, это светится кусочек бумаги. Бумага была не простая: она была покрыта с одной стороны толстым слоем платиноцианистого бария. Это вещество имеет обыкновение светиться, если на него упадут солнечные лучи. Но ведь на дворе ночь, в комнате полная тьма. Почему же светится платиноцианистый барий?

В полной темноте Рентген нащупал рубильник и разомкнул ток. Бумага, которую он держал в руках, сейчас же перестала светиться. Он снова включил ток. Бумага засверкала снова. Снова выключил. И бумага опять погасла.

Рентген уже и не думал уходить из лаборатории. Он решил исследовать непонятное явление. Что заставляет бумагу светиться? Индукционная ли катушка, по обмотке которой течет электрический ток, или стеклянный баллон, в котором ток проходит сквозь разреженный газ? Для проверки Рентген решил убрать баллон и соединить катушку с чем-нибудь другим, ну хотя бы с двумя металлическими шариками, которыми пользуются для изучения электричества.

Так он и сделал. Опять затрещал молоточек, и снова побежал по катушке ток, но теперь уж он не уходил в баллон с разреженным газом, а проскакивал электрической искрой между металлическими шариками. Рентген посмотрел на бумагу с платиноцианистым барием. Бумага как бумага, никакого сияния. Тогда он снова соединил катушку с баллоном, и бумага вспыхнула снова.

Сомнений больше не оставалось: индукционная катушка тут ни при чем. Она одна не может заставить бумагу светиться. Все дело в баллоне: когда сквозь баллон с разреженным воздухом проходит электрический ток, тогда-то и светится платиноцианистый барий.

Значит, под действием тока стеклянный баллон с разреженным газом приобретает какую-то особую, таинственную силу. Что же это за невидимая сила, проходящая не только сквозь стеклянные стенки баллона, но и сквозь картонный футляр, прикрывающий этот баллон?

Всю ночь с 8-го на 9-е ноября 1895 года Рентген провел без сна у себя в лаборатории.

Рентген решил назвать неизвестное, открытое им явление „лучами “икс”“. Икс – это латинская буква, в алгебре этой буквой принято обозначать неизвестные величины. И в самом деле, обнаруженная Рентгеном “сила” была совершенно неизвестной величиной. Много ли знал о ней сам Рентген?

Всего только три вещи. Он знал, что для того, чтобы вызвать ее, нужно сквозь баллон с разреженным газом пропустить электрический ток. Еще он знал, что она заставляет платиноцианистый барий светиться. И еще он знал, что она свободно проходит сквозь картон: ведь платиноцианистый барий был отделен от баллона картонным футляром, и все-таки лучи “икс”, испускаемые баллоном, достигли бумаги.

Вот и все, что Рентген знал о лучах “икс”. И он решил продолжать свои опыты до тех пор, пока неизвестная сила не превратится в известную.

Наступили беспокойные для Рентгена дни. Он все еще не был уверен в том, что его наблюдения верны. А что если все это ему только показалось? Что если он поддался оптическому обману, самовнушению? Действительно ли лучи “икс” существуют?

Долгое время Рентген, как обычно, никому не рассказывал о своем открытии. Его близкий друг, профессор зоологии Бовери, впоследствии вспоминал, что в ноябре 1895 года Рентген как-то вскользь сказал ему: “Кажется, я сделал интересное открытие, но нужно еще проверить правильность наблюдений”. А своим ассистентам Рентген не сказал и этого.

Он запирался в своей лаборатории и с самого раннего утра до позднего вечера ставил опыт за опытом. Иногда он и ночи проводил за работой, только изредка урывая часок-другой для сна. После достопамятной ночи с 8-го на 9-е ноября у него в лаборатории появилась складная походная койка. Окна в лаборатории он завесил тяжелыми темными шторами, опасаясь, что дневной свет может помешать ему увидеть слабое свечение платиноцианистого бария.

Рентген изучал действие загадочных лучей. Он поставил между светящейся бумагой и баллоном толстую книгу, в которой было больше тысячи страниц; бумажка продолжала светиться. Значит, лучи “икс” проникают не только через тонкий картон, но и через толстый слой бумаги. Рентген заменил книгу колодой карт – лучи “икс” победили и колоду. Тогда Рентген поставил между бумажкой и баллоном две колоды сразу. Лучи взяли и это препятствие: бумажка по-прежнему светилась, хотя и не так сильно, как раньше.

Множество веществ испытал Рентген. Он испробовал еловую доску толщиной в полтора дюйма, эбонитовую пластинку, лист оловянной бумаги. Лучи “икс” прошли и через доску, и через эбонит, и через оловянную бумагу. Только тридцать листов этой оловянной бумаги, сложенных вместе, оказались для лучей труднопреодолимой преградой: свечение платиноцианистого бария ослабело, померкло. Значит, заключил Рентген, лучи “икс” поглощаются оловом. Только ничтожная часть их прошла олово насквозь и достигла платиноцианистого бария, а все остальные оказались поглощенными.

Рентген испытал и другие металлы: медь, серебро, золото, свинец. Оказалось, что через тонкие слои металлов лучи “икс” проходят свободно, а через толстые слои проникает только их ничтожная часть. Вывод был ясен: все вещества проницаемы для лучей “икс”, но только в различной степени.

Убедившись в этом, Рентген решил усложнить свой опыт и взять какой-нибудь предмет, в котором были два вещества сразу: и проницаемое для лучей “икс”, и непроницаемое для них. Например, дерево и металл.

Для опыта он выбрал деревянную шкатулку, в которой хранился целый набор латунных гирек. Рентген поставил шкатулку на пути лучей “икс”. Справятся ли лучи и с этой преградой? Справились. Зелено-желтый свет немедленно вспыхнул. Лучи “икс” прошли через шкатулку так же, как они только что прошли через картон и еловую доску. Но в зелено-желтой полосе светящегося бария Рентген разглядел какие-то пятна. Когда же он повторил опыт, но вместо бумажки с барием использовал фотографическую пластинку, то после ее проявки было получено отчетливое изображение гирек.

После этого Рентген проделал еще один, самый замечательный опыт. Стеклянный баллон с разреженным воздухом он поставил под стол, на стол он положил руку, а на руку – фотографическую пластинку в деревянной кассете. Когда пластинка была проявлена, на ней оказалось четкое изображение костей руки. Лучи “икс” прошли через кожу, через мускулы, но не в силах были пройти через кости; тень костей запечатлелась на фотографической пластинке.

Так было положено начало такому важному изобретению, как рентгеноскопия, без которой немыслима не только современная физика, но и медицина, а также другие области познания человеком окружающего мира.

Путешествие в несуществующий мир

“Дисплей, подключенный к ЭВМ, представляется мне окном в Алисину Страну чудес, где программист может изображать либо объекты, описываемые хорошо известными законами природы, либо чисто воображаемые объекты, подчиняющиеся законам, записанным в программе. С помощью дисплеев я сажал самолет на палубу авианосца, следил за движением элементарной частицы в потенциальной яме, летал в ракете с околосветовой скоростью и наблюдал за таинствами внутренней жизни вычислительной машины,” – так заметил однажды Сазерленд, пионер применения компьютеров для построения и обработки изображений. А ведь началось все как будто с пустяков.

Поначалу дисплей присоединили к ЭВМ только потому, что он оказался наиболее подходящим устройством для ввода в электронную память и вывода из нее всевозможных сведений, как в текстовом, так и в графическом виде. Однако вскоре два молодых человека – Стив Возняк и Стив Джобс – сыграли с миром довольно милую первоапрельскую шутку. Они соединили персональный компьютер с дисплеем, экран которого решили использовать прежде всего для компьютерных игр.

И вот, начиная с 1 апреля 1976 года маленькие компьютеры с эмблемой, изображающей зеленое надкусанное яблоко (еще одна шутка веселых приятелей), стали заполнять мир. К каждому такому компьютеру предлагалось несколько программ на гибких компактных дискетах, использование которых давало возможность, например, заставить рисованную кошку гоняться за мышами или, напротив, убежать от злых собак. Возможно, мир и сегодня играл бы в эти, однажды придуманные, игры, если бы людям не были свойственны такие черты, как любознательность и наблюдательность. С одной стороны, персональные компьютеры стали использоваться не только для игр, но и для вполне серьезных расчетов. С другой – с помощью дисплеев и ЭВМ стали рисовать движущиеся картинки не только для домашнего развлечения, но и для настоящего кинематографа.

Первый шаг к компьютерным киномирам, сами того не подозревая, сделали те режиссеры и операторы, которые при комбинированных съемках вместо полномасштабных натуральных объектов стали снимать их небольшие модели-копии. Миниатюризация позволила без особых расходов значительно расширить арсенал киночудес. С помощью моделей режиссер мог отправить своих героев в иные миры или заставить их стать свидетелями вселенской катастрофы. Всемирной известности достиг в подобных трюках американец Дж. Лукас – автор знаменитых “Звездных войн”.

Однако со временем и такая технология перестала устраивать деятелей кино. Крупные кинофирмы стали обзаводиться своими компьютерными отделами. Потому что выяснилось: гораздо дешевле и в то же время зрелищнее создавать подобные модели не в натуре, а в памяти компьютеров.

Считается, что эру компьютерного кинематографа открыли кинематографисты студии У. Диснея, создавшие фантастический игровой фильм “Трон”. Впрочем, первый блин вышел комом: “Трону” весьма далеко по

своим художественным достоинствам до знаменитой “Белоснежки”. Но неудача не обескуражила энтузиастов нового направления в кинематографе. С помощью компьютерной техники стали создаваться настолько достоверные фильмы, что порой можно было всерьез задуматься: “Уж не была ли в действительности киносъёмочная группа где-нибудь на Сатурне?..”

Впрочем, за всякое удовольствие приходится платить. В данном случае речь идет о плате в самом прямом смысле этого слова: каждая секунда 20-минутного научно-фантастического боевика “Последний “Старфайер” обошлась создателям около двух тысяч долларов. Однако следует учесть, что расходы возросли бы во много десятков, а то и тысяч раз, если бы пришлось строить макеты звездолетов.

Какова же технология таких съемок? Какие роли в них отводятся компьютерам, а какие – людям?

Сначала художники делают эскизы к основным сценам будущего фильма, затем подробные рисунки отдельных объектов, участвующих в фильме. Иногда эти рисунки делаются в нескольких ракурсах и проекциях с тем, чтобы машина могла себе наглядно “представить”, с каким именно объектом она имеет дело, могла затем трансформировать его изображение в том ракурсе, который будет задан ей режиссером... Когда программисты “втлковывают” компьютеру необходимое, можно двигаться дальше. Авторы картины рассматривают варианты сцен, корректируют те или иные зрительные эффекты. Как и в настоящем мультфильме, создаваемом людьми по традиционной технологии, “местность”, “актеры” и прочие детали пока еще далеки от окончательного варианта: на экране дисплея проступают лишь их контуры. Когда первый вариант “прогнан” от начала до конца, связаны между собой все эпизоды и сглажены шероховатости сюжета, компьютер начинает “оживлять” фильм, т.е. насыщает изображения цветами, очерчивает тени и полутона и т.д.

Примечательно то, что сегодня крупным заказчиком компьютерной графики выступает не только художественная или научно-популярная кинематография, но, как правило, телестудии и рекламные фирмы. Для них и создаются короткие ролики и разнообразные заставки, без которых уже невозможно представить ни один канал телевидения.

Надо сказать, что имитационные возможности компьютера способны заставить поверить в несуществующее миллионы телезрителей. Так, еще в конце 1980-х годов в США и Великобритании большой популярностью пользовался Макс Хедрум – музыкальный комментатор, диск-жокей, представлявший в эфире последние музыкальные записи, проводивший интервью и конкурсы. И мало кто из зрителей обращал внимание на то, что Макса никогда не показывали в полный рост. Почему? Да потому, что его просто не существовало в натуре, а специалисты по видеотехнике А. Джанель и Р.Мортон не сочли необходимым изображать данный персонаж (весьма, кстати, продуманный) в полный рост.

Вместе с тем подобные “оживленные фотографии” несут с собой опасность потери у многих зрителей чувства реальности, поскольку сегодня даже дотошному глазу порой невозможно определить, что есть в реальном

мире, а что придумано в недрах компьютера. Как может выглядеть такая опасность, зримо показано в фантастическом рассказе итальянского писателя Л.Алдани “Онирофильм”: “...Одиночество, мягкая полутьма в тесных стенах комнаты и кресло с укрепленным аппаратом. Человечество не желало ничего другого. В жертву возвышенной привлекательности сновидений была принесена гордость обладания комфортабельным домом, элегантной одеждой, автовертолетом и другими удобствами. Зачем утомляться ради достижения реальных целей, если дешевый онирофильм дает возможность прожить целый час, в течение которого великолепные женщины восхищаются тобой, благоговейно перед тобой, прислуживают тебе?..” Тяготение к подобной жизни ради дешевых удовольствий оказывается настолько сильным, что, как показано в рассказе, даже суперзвезда таких фильмов в жизни оказывается менее привлекательной для потребителя, чем ее “образ на экране”.

Что фантасты могут оказаться не так уж далеки от истины, показывает множество опытов. Как известно, подопытные крысы, которым вживлены электроды в так называемый центр удовольствия в мозге, отказываются и от еды, и от воды, все нажимают и нажимают лапкой рычаг, включающий электрический стимулятор этого центра, до тех пор, пока не падают в полном изнеможении, а то и замертво.

Однако, в конце концов, это не первое предупреждение, которое получают наука и техника на пути прогресса. Вспомним хотя бы, сколько было шума из-за первых опытов в области генной инженерии; а до этого многие ученые указывали на опасность овладения атомной энергией... Да, как показывает опыт Чернобыля, порою события вырываются из-под контроля разума. Но главная причина тут, как правило, не в чьей-то злой воле, а в самой элементарной халатности. И все же специалисты, занимающиеся разработками в области современных компьютерных технологий, должны задумываться о возможных негативных последствиях своих изобретений.

Компьютерам же, проявляющим себя мастерами иллюзии, при таком подходе все больше и больше удастся зарекомендовать себя с лучшей стороны. Например, в наши дни ЭВМ являются неотъемлемой составляющей при создании космических, авиационных, автомобильных тренажеров. Такие тренажеры позволяют заранее “проигрывать” все опасные ситуации, не подвергая опасности ни человека, ни дорогостоящую технику. Космонавт, летчик или водитель благодаря подобным приспособлениям получают нужную тренировку и в случае необходимости встречают “пиковую” ситуацию во всеоружии навыков и выучки.

В будущем, возможно, подобные компьютеризированные системы позволят людям совершать прогулки по другим планетам, не покидая Земли. Надел шлем – и оказался, скажем, на Венере, где 500-градусная жара и колоссальное давление вовсе не благоприятствуют жизнедеятельности. Роботу же, специально сконструированному для таких условий, ни жара, ни давление будут нипочем. Как бы “спрятавшись в его шкуру”, человек сможет спокойно заниматься научными изысканиями или же просто совершать прогулку перед сном по другой планете.

Процесс развития исследовательского поиска

Опыт решения исследовательских задач и его рефлексия в работах методологов науки подсказывают оптимальную последовательность шагов анализа исследуемых задач: понять постановку задачи (содержащуюся в ней информацию), полностью осознать ее; отвлечься от второстепенного, выделить главное; определить тип исследуемой задачи; расчлнить задачу на подзадачи (привлекая на каждом шаге анализа нужную для этого информацию).

Понимание постановки задачи. Важнейшим условием верного восприятия поставленной задачи является ее ясная, точная формулировка при помощи известных, хорошо знакомых решающему понятий и терминов, желательно – в стандартной, общепринятой форме. При этом в процессе научного исследования точность формулировки вырастает в самостоятельную задачу, ибо здесь проблемы и задачи возникают и фиксируются стихийно, под давлением тех или иных факторов, нередко в рамках узко специализированного направления. В современной практике научных и проектных организаций все более осознается ответственность этапа разработки и согласования технического задания на научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу.

Удачная формулировка задачи существенно способствует успеху решения. Как сказал Ф.Бэкон, “умный вопрос – это уже добрая половина знания”. Но, естественно, для безупречной формулировки задачи нужно ее понять. Понимание постановки задачи предполагает прежде всего выяснение того, что требуется узнать и что дано для этого, причем заданные условия задачи в явной форме выражают лишь тот фактический материал, который специфичен для конкретной изучаемой задачи, в неявной же форме в них подразумевается весь эмпирический и общетеоретический материал по рассматриваемому вопросу.

Разрешение многих задач невозможно без глубокого понимания соответствующих разделов науки, причем по мере нарастания сложности задачи нужная глубина понимания непомерно возрастает. В реальной исследовательской работе различная степень успеха у разных работников в значительной степени находится в зависимости от степени понимания ими сущности соответствующих теоретических разделов, ибо наличный объем информации и ее упорядоченность определяется общей для всех их учебной и исследовательской литературой. В деле понимания важным требованием является знание всех связей между утверждениями данного раздела науки, поэтому связи и надо уметь выявлять. О человеке с подобным знанием говорят, что он хорошо ориентируется в своем предмете.

Отвлечение от второстепенного, выделение главного. Кто имеет хоть какой-либо опыт исследовательской работы, тот хорошо знает, что именно эти два взаимопереплетающихся действия образуют главное условие успеха в разрешении задачи. Отвлечение от ненужного и второстепенного позволяет упростить задачу, ограничить круг поисков, сконцентрировать внимание на главном, что, в свою очередь, подсказывает направление дальнейших поисков.

Важной формой отвлечения от второстепенного является упрощение, абстрагирование, идеализация. В научных и производственных задачах успех в значительной степени зависит от того, насколько удачна принятая идеализация, что в каждом конкретном случае требует умелого сочетания преимуществ, достигаемых упрощением проблемы, с преимуществами учета существенных связей и характеристик. Методологами науки неоднократно указывалось на важность отвлечения от несущественных в данной связи факторов как на предварительное условие исследования конкретных вопросов. Отвлечение от случайных, побочных обстоятельств является необходимым, ибо позволяет прояснить исследуемую проблему.

Определение типа исследуемой задачи. Более конкретной и тонкой характеристики научных задач достигают установлением их типа, зависящего главным образом от того наиболее узкого раздела теории, в рамках которого может быть решена исследуемая задача. Для нахождения этого раздела и, следовательно, типа задачи в первую очередь используется вопрос задачи (“Что требуется?”), а затем – ее условия (“Что известно об искомом?”).

Установив тип задачи, можно перейти к следующему шагу – синтезу решения по аналогии с решениями задач того же типа, либо известными из личного опыта исследователя, либо находимыми им в соответствующих разделах специальной литературы.

Расчленение задачи на подзадачи. Данный шаг требует от исследователя наличия истинного аналитического таланта. В соответствии с мыслью Декарта из “Правил для руководства ума”, Д.Поля предельно лаконично выразил одно из наиболее важных требований эффективного метода решения научных проблем: “Обнажите задачу и расчлените ее”. Неудачное расчленение сбивает с правильного пути и делает саму научную трактовку вопроса невозможной.

Подзадачи естественнее всего формируются при “обратном” движении; этот метод известен еще античным математикам и до сих пор эффективно используется опытными педагогами, особенно при решении арифметических и физических задач. Например, пусть в задаче требуется определить величину A . Для этого надо знать, скажем, B_1, B_2, B_3 , которые, в свою очередь, требуют знания C_1, C_2, C_3 , пока мы не доходим до такого уровня расчленения, когда каждый из требуемых для решения элементов F_1, F_2, F_3 оказывается заданным в условиях задачи. Используя термин эвристического программирования, это ветвление от “верха” A (“ответа”) к условиям F задачи называется “деревом целей”, которое практически представляет собой план (программу) решения. Каждая ветвь этого “дерева” представляет собой самостоятельную подзадачу, а совокупность всех ветвей образует полную систему подзадач данной задачи. Тогда движение по “дереву” от самых нижних ветвей F к вершине A будет решением исследуемой задачи.

Реальный ход построения “дерева целей” сопряжен с рядом трудностей. Первая связана с тем, что тезис может иметь несколько различных оснований. Кроме того, если в ходе анализа по каким-то причинам будут опущены, не выявлены некоторые логически возможные группы предпосылок, то построенное “дерево” может так и не привести к условиям исследуемой задачи.

“Просвечивание” хода решения задачи от ответа к условиям и обратно, от условий к ответу. При составлении программы решения, в принципе, можно действовать методом “перебора”: сначала выделить все логически возможные подзадачи первого уровня, затем второго и т.д., пока одна из ветвей не приведет к указанным в задаче условиям. На практике же, как правило, никто так не действует, ибо решение методом “перебора” является наименее эффективным способом решения задач, к которому обращаются лишь тогда, когда нет никаких направляющих идей или все они исчерпаны. Направленность поиска резко сокращает множество испытываемых подзадач, значительно повышая эффективность исследования.

Можно указать и общее правило направленности отбора ветвей – “просвечивание” условий задачи сквозь ветви. Суть “просвечивания” такова: рассматривая данную ветвь “дерева”, нужно постоянно выяснять, не просматриваются ли в конце ее, хотя бы приблизительно, основные элементы и соотношения условий задачи. Соответственно, для дальнейшего точного анализа (дальнейшего расчленения) предпочтение следует отдать тем ветвям, сквозь которые основные элементы условия задачи более или менее виднеются. И наоборот, надо временно отвлечься от тех ветвей, которые либо мало приближаются к основным элементам условия, либо же явно ведут к совершенно другим по своей природе элементам.

Привлечение нужной информации. Костяк решения задачи заключен в плане ее решения, при достаточной детализации которого каждый шаг решения задачи производится по какому-либо простому, хорошо знакомому способу. Как было сказано выше, план решения составляется “от конца”, от искомого ответа. Если в задаче требуется определить A , то в первую очередь следует вычлениить группы B его непосредственных предпосылок. Ясно, что если знаний о возможных причинах или логических основаниях исследуемого явления A нет, то не могут быть указаны ветви B даже первого уровня “дерева решения”, т.е. невозможно приступить к самой разработке плана решения. Поэтому на каждом шаге составления плана (и вообще на каждом шаге анализа задачи) требуется привлечь нужную информацию из собственного запаса знаний, из соответствующих учебников, монографий, статей, модифицируя их согласно конкретным условиям исследуемой задачи.

Системность знания – необходимое условие эффективности работы исследовательского характера, ускоряющее нахождение нужного для данной задачи раздела знания и обеспечивающее полноту привлечения имеющегося знания. В бессистемном знании трудно ориентироваться и невозможно обеспечить привлечение полного объема нужной информации. Личный опыт тех, кто занимался творческим трудом, многочисленные свидетельства выдающихся мыслителей подтверждают, что глубина, тщательность и полнота анализа задачи предопределяют собой характер и продуктивность попыток синтеза идеи решения.

В синтезе идеи решения исключительная роль принадлежит аналогиям с уже известными способами решения сходных задач. Здесь степень сходства может быть как очень значительной, когда общие черты прямо бросаются в

глаза, так и весьма малозаметной, доступной лишь проницательному уму. И хотя как средство доказательства аналогия лишена сколько-нибудь значимой силы, именно она служит решающим звеном исследовательского поиска.

Важнейшей предпосылкой решения научных и производственных вопросов является наличие опыта решения сходных задач. В научно-исследовательской работе крупинка личного практического опыта дороже тонн теоретического описания. По аналогии с уже решенными задачами решается новая задача. Именно метод аналогии имел в виду Ньютон, когда говорил: “Я занимался до сих пор решением ряда задач, ибо при изучении наук примеры полезнее правил”.

Аналогия с решениями сходных задач является наиболее массовой формой синтеза нового знания. Это совершенно очевидно по отношению к учебным задачам, где обучение осуществляется на основе перехода от известных образцов решений, от типовых задач к сходным, но все более сложным задачам. В принципе, такова же картина в мире современной науки – как теоретической, так и прикладной. В трудных, изматывающих силы поисках истины ученые лишены возможности пользоваться картой, которая бы прямо указывала дорогу к открытию, но все же какое-то подобие путеводителя они имеют. По словам А.Пуанкаре, “этот путеводитель – прежде всего аналогия”.

Представляется методически оправданной такая организация процесса синтеза идеи решения, когда генерация догадки начинается с рассмотрения идей решения наиболее близких задач (прямая аналогия), а затем, по мере того, как предпринятые усилия приводят к неудачам, взор исследователя обращается к сходствам все более скрытым, затаенным, к аналогиям далеким, необычным, фантастическим. Однако коэффициент полезного действия далеких аналогий ничтожно мал как по причине необъятности области чужеродных задач, так и ввиду их “засекреченности”, недоступности взгляду исследователя. Указывая на эту специфику механизма генерации новых идей, А.Пуанкаре отмечал, что, хотя наиболее плодотворными комбинациями часто оказываются те, которые составлены из элементов, взятых из очень далеких друг от друга областей, это вовсе не означает, что для того, чтобы сделать открытие, достаточно сопоставить как можно более разношерстные факты, ибо большинство комбинаций, образованных этим путем, было бы совершенно бесполезным.

Такова в общих чертах достаточно универсальная схема решения научно-технических задач; она не затрагивает изобретательские приемы, пригодные для решения задач лишь частных типов. Логика исследовательского поиска – постановка проблемы (задачи), ее анализ, выдвижение и проверка гипотезы, совершенствование идеи решения – раскрывается здесь только в плане общей структуры научно-технического творчества, наиболее универсальных средств реализации замысла. Она может указать пути оптимизации творческого процесса, но было бы иллюзией надеяться на нее как на рецепт, применение которого гарантирует решение любой научно-технической задачи.