



## Инженерная олимпиада «Кентавр»

3 этап. 20 апреля 2026 года.

### 9 класс

Максимальная оценка за каждую задачу — 10 баллов. Итоговый балл определяется по сумме баллов за все задачи (максимум — 50 баллов).

#### Задача 1. Трамвайный маршрут (математика)

Любопытный наблюдатель стоял на одной из остановок трамвайного маршрута. Известно, что расстояние между двумя любыми соседними остановками трамвай проходит за одно и то же время. Наблюдатель засек какое время тратит трамвай на дорогу от его остановки до первой конечной остановки и обратно, а потом засек какое время тратит трамвай на дорогу от его остановки до второй конечной остановки и обратно. Оказалось, что частное этих двух чисел равно  $\frac{5}{3}$ . После этого любопытный наблюдатель прошел несколько остановок в сторону второй конечной и повторил опыт. Во второй раз он получил число 3.

1. Найдите отношение количества пройденных наблюдателем остановок к количеству остановок маршрута.
2. Найдите наименьшее возможное количество остановок маршрута.

#### Задача 2. Мини-завод азотной кислоты для сельского хозяйства (химия)

Агропромышленный комплекс планирует строительство мини-завода по производству азотной кислоты для последующего получения удобрений (аммиачной селитры) непосредственно в регионе выращивания зерновых культур. Это сократит затраты на транспортировку и повысит энергоэффективность производства.

Завод будет работать по аммиачному методу — основному промышленному способу получения  $\text{HNO}_3$ . Технологическая цепочка включает три стадии:

1. Окисление аммиака (каталитическое, платинородиевый катализатор,  $850^\circ\text{C}$ ):  
$$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O} \quad (\text{выход } 96\%)$$
2. Окисление оксида азота (II) до диоксида:  
$$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2 \quad (\text{выход } 98\%)$$
3. Поглощение оксида азота (IV) водой (в колонне синтеза):  
$$3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO} \quad (\text{выход } 95\%; \text{ образовавшийся NO возвращают на стадию 2})$$

## Исходные данные:

- Производительность завода: 1 тонна 60%-ной азотной кислоты в сутки
- Аммиак поступает из соседнего завода синтетического аммиака (чистота  $\text{NH}_3$  — 99,5%)
- Воздух содержит 21% кислорода по объёму

## Задания:

1. Напишите полную цепочку превращений азота от аммиака до азотной кислоты, указав степени окисления азота на каждой стадии. Объясните, почему на третьей стадии часть оксида азота (II) возвращают в технологический цикл.
2. Рассчитайте массу безводной  $\text{HNO}_3$ , содержащейся в 1 тонне 60%-го продукта. Определите количество вещества кислоты (в молях).
3. Какая масса чистого аммиака (в кг) теоретически необходима для получения суточной нормы кислоты? Учтите выходы всех трёх стадий и рассчитайте фактическую массу аммиака, которую нужно загрузить в реактор.
4. Для окисления аммиака требуется кислород. Рассчитайте минимальный объём воздуха (при н.у.), необходимый для суточной переработки аммиака.
5. Почему мини-завод выгоднее размещать рядом с потребителем (сельхозпредприятием), а не в крупном химическом кластере? Приведите два аргумента, связанных с физико-химическими свойствами азотной кислоты и логистикой.

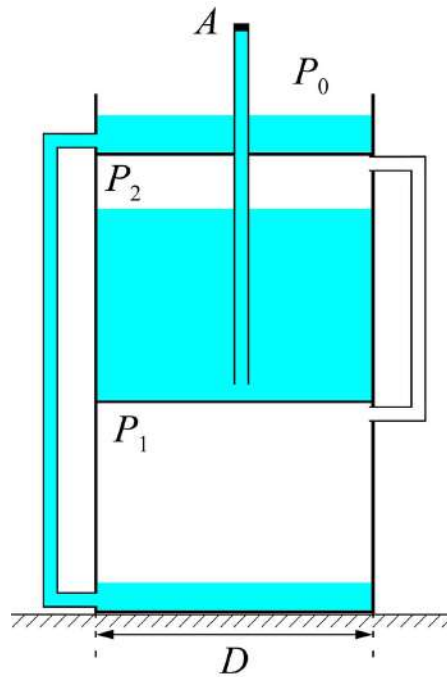
## Задача 3. Фонтан Герона (физика)

Одно из самых известных изобретений Герона Александрийского - так называемый фонтан Герона. Схема этого фонтана показана на рисунке. Он состоит из трёх цилиндрических сосудов с вертикальными стенками, диаметром  $D = 3$  м. Два нижних сосуда герметичны (за исключением подключенных трубок). Верхний сосуд открыт в атмосферу. Трубка в точке  $A$  закрыта легкой заглушкой, поэтому устройство пока не работает.

Используя линейку и справочные данные определите:

1. давление газа в нижнем баке  $P_1$ ;
2. силу трения, удерживающую заглушку в точке  $A$ .

Заглушку убирают. Вода из верхнего сосуда стекает в нижний, вытесняя из него воздух в средний сосуд. Новая порция воздуха в среднем сосуде вытесняет из него воду в трубу, из которой она бьёт фонтаном, но падает обратно в верхний резервуар системы. Объёмы воздуха и воды внутри устройства можно считать постоянными. Скорость воды в точке  $A$  определяется выражением  $v_A = \sqrt{\frac{2(P_A - P_0)}{\rho}}$ . Определите:



3. на какую высоту от точки  $A$  будет бить фонтан в идеальных условиях сразу после удаления заглушки;
4. с какой скоростью и в каком направлении будет двигаться граница воды в среднем сосуде сразу после удаления заглушки;
5. с какой скоростью и в каком направлении будет двигаться граница воды в среднем сосуде когда уровень воды в нём опустится на  $\Delta h = 1$  м.

### Справочные данные:

- Плотность воды:  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$
- Атмосферное давление:  $P_0 = 10^5 \text{ Па}$
- Ускорение свободного падения:  $g = 10 \text{ м/с}^2$
- Площадь сечения труб  $s = 10 \text{ см}^2$  (изображены не в масштабе)

## Задача 4. Хранитель числовой ленты (информатика)

### Описание задания

В подземной мастерской часовщиков сохранился древний автомат по имени Хранитель. Перед ним протягивается числовая лента - последовательность цифр. Хранитель умеет двигаться вдоль ленты, смотреть на текущую ячейку и сравнивать соседние значения. Все программы для Хранителя записываются на особом языке команд. Во всех заданиях требуется написать программу для Хранителя. Хранитель получает на вход строку  $S$ , состоящую из цифр 0-9.

### Команды Хранителя

Команда	Назначение
ВВОД	Считать входную строку и сохранить её в переменной S.
ДЛ(S)	Получить длину строки S.
СИМВ(S, i)	Получить символ строки S, стоящий на месте i. Нумерация символов начинается с 1.
ВЫВОД(x)	Вывести значение x.
ЕСЛИ ... ТО ... ИНАЧЕ ... КОНЕЦ ЕСЛИ	Выполнить одну из двух ветвей в зависимости от истинности условия.
ДЛЯ i = a ДО b ... КОНЕЦ ДЛЯ	Выполнить цикл, в котором переменная i последовательно принимает все значения от a до b.

Также в программе можно использовать переменные, например  $k := 0$ , изменять их значения и сравнивать символы и числа с помощью знаков  $=, \neq, <, >$ .

### Пример работы операторов

ВВОД (считывается входная строка и сохраняется в переменной S)

k1 := 0

k2 := 0

k3 := 0

Цикл:

ДЛЯ i = a до b

    последовательность команд

КОНЕЦ ДЛЯ

выполняется, пока i находится в отрезке [a;b]

Условие

ЕСЛИ условие

    ТО команда1

    ИНАЧЕ команда2

КОНЕЦ ЕСЛИ

выполняется команда1 (если условие истинно) или команда2 (если условие ложно).

Этот пример приведён только для иллюстрации оформления записи решения.

### Задание 1. Горная лента

Мастера называли ленту горной, если цифры на ней сначала строго возрастают, а затем строго убывают. При этом и возрастание, и убывание должны присутствовать. Например, ленты 12321 и 578964 являются горными. Лента 12345 не является горной, потому что в ней нет убывания. Лента 54321 не является горной, потому что в ней нет возрастания. Лента 1221 не является горной, потому что возрастание должно быть строгим. Хранитель получает на вход строку из цифр. Необходимо написать программу, которая выводит YES, если лента горная, и NO в противном случае.

## Примеры

Входная строка	Результат
12321	YES
12345	NO
5443	NO

## Задание 2. Разбитый узор

Старинные узоры на ленте считались правильными, если каждая цифра образует ровно один непрерывный фрагмент. Это значит, что если какая-то цифра встретилась, потом исчезла, а затем появилась снова, узор считается испорченным. Например, узор 11122333 является правильным. Узор 1222331 неправильный, потому что цифра 1 встречается в начале и снова в конце. Узор 455544 неправильный, потому что цифра 4 образует два отдельных фрагмента. Узор 777 является правильным. Хранитель получает на вход строку из цифр. Необходимо написать программу, которая выводит YES, если узор правильный, и NO в противном случае.

## Примеры

Входная строка	Результат
11122333	YES
1222331	NO
777	YES

### Примечание.

Во всех заданиях оценивается правильность алгоритма и умение записать его в виде понятной программы для Хранителя. Программа должна быть оформлена аккуратно и последовательно, с использованием указанных команд.

## Задача 5. Томат (биология)

Водный потенциал и его отдельные компоненты оказывают сильное воздействие на процессы фотосинтеза, дыхания и продуктивность сельскохозяйственных растений. Подобно температуре тела человека, он служит хорошим интегральным показателем «здорового» растения.

Существует 3 механизма поступления воды в растительную клетку: 1) осмотический; 2) коллоидно-химический; 3) электроосмос. Поглощение воды клетками осуществляется преимущественно осмотическим путём, а механизмом транспорта является диффузия.

Под осмосом понимают диффузию растворителя через избирательно проницаемую мембрану, каковую представляет собой биологическая мембрана. Молекулы воды диффундируют против градиента концентрации из менее концентрированного раствора в более концентрированный, в результате чего объём концентрированного раствора увеличивается.

Вода поступает в клетку за счёт осмоса до тех пор, пока разность потенциалов воды по обе стороны плазмалеммы не станет равной нулю:  $\Delta\Psi = 0$ . Следовательно, водный потенциал характеризует способность воды диффундировать, поглощаться или испаряться. Он имеет размерность давления и его величину выражают в атмосферах, барах или Паскалях (1 атм. = 1,013 бар =  $10^5$  Па).

Понятие полевой влагоёмкости применяется для характеристики максимальных размеров запаса почвенной влаги. Выделяют несколько форм почвенной влаги, различающихся по степени доступности для растений.

Гравитационная вода, хорошо доступная для растений, заполняет крупные промежутки между частицами почвы. Капиллярная вода, заполняет тонкие капилляры в почве и удерживается силами, легко преодолеваемыми корнями, водный потенциал почвы (-0,05 Мпа). Вода, удерживаемая на поверхности почвенных частиц силами адсорбции, делится на прочносвязанную (гигроскопическую) недоступную для растений, водный потенциал (-0,3 Мпа) и рыхлосвязанную (пленочную) частично доступную для растений, водный потенциал (-0,2 Мпа).

Количество доступной для растений воды во многом определяет скорость ее поступления в корневую систему растений. Одним из биохимических приспособлений к произрастанию в условиях дефицита или избытка влаги является поддержание определённого осмотического потенциала клетками корней.

Осмотический потенциал – одна из компонент водного потенциала клетки ( $\Psi$ ). Величина водного потенциала изменяется в течение суток в пределах одного растения (рисунок 1) и зависит от физических факторов и изменения осмотического давления в клетках, обусловленного процессами фотосинтеза и дыхания.

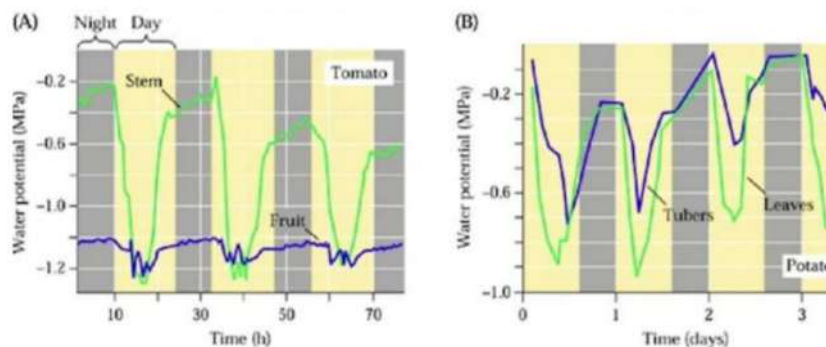


Рисунок 1. Суточные колебания водного потенциала в растительных тканях томата и картофеля (вегетативные органы – Steam, Leaves, клубни - Tubers и незрелые плоды – Fruit).

Количество воды, затрачиваемой на производство биомассы растения составляет от 18% до 25% от общего водопотребления в зависимости от фазы вегетации растения (рисунок 2), остальная вода испаряется во время транспирации.

При выращивании растений в теплице наиболее экономным способом считается капельный полив и малообъемная культура. При малообъемной культуре корни растения располагаются в субстрате, защищенном от испарения. Вода по пластиковым трубочкам подается непосредственно в зону корней. Тем не менее, потери воды составляют около 10% поливной нормы.

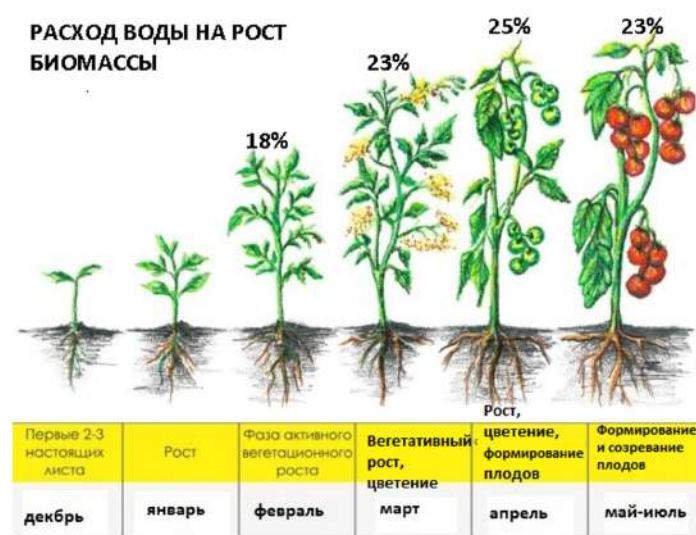


Рисунок 2. Фазы вегетации томата в весенне-летнем обороте. Расход воды на рост биомассы в % от общей поступившей в растение воды.

Весенне-летний оборот томата — это интенсивный тепличный цикл, начинающийся с посева в декабре и высадки рассады в январе. Он направлен на получение раннего урожая (апрель-июнь).

Рассчитать норму полива ( $л/м^2$  в сутки) томатов в теплице в фазу активного вегетационного роста, начала плодоношения (формирование плодов) и полного плодоношения (вызревание плодов), интенсивность транспирации листом томата показана на рисунке 3, в таблице 1. В теплице выращивался сорт с ПТ 12%.

Для расчета нормы полива принять, что интенсивность транспирации не различалась по месяцам.

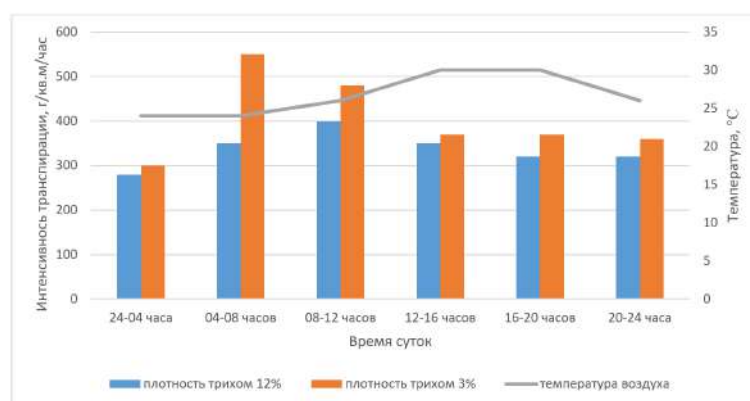


Рисунок 3. Интенсивность транспирации двух линий томатов с разной плотностью трихом (ПТ) в зависимости от времени суток.

Таблица 1. Связь интенсивности транспирации и температуры воздуха в теплице.

	24-04 часа	04-08 часов	08-12 часов	12-16 часов	16-20 часов	20-24 часа
Температура воздуха, °C	24	24	26	30	30	26
<b>Интенсивность транспирации, г/м<sup>2</sup>/час</b>						
Плотность трихом 12%	280	350	400	350	320	320
Плотность трихом 3%	300	550	480	370	370	360

**Ответьте на вопросы:**

Изменится ли поливная норма, если в теплице будут высажены томаты с листом, имеющим площадь трихом 3%? Почему? Дайте развернутое объяснение, расчеты приводить не нужно.

Почему при одинаковой температуре интенсивность транспирации различается в разное время суток (рисунок 3, таблица 1)?

Какие факторы и как влияют на интенсивность транспирации?

В таблице 2 представлены значения водного потенциала для растения томата.

Таблица 2.

Водный потенциал	1. (-0,05 МПа)	2. (-0,1 МПа)	3. (-0,2 МПа)	4. (-1,2 МПа)	5. (-1,6 МПа)	6. (-1,8 МПа)	7. (-7 МПа)
Клетки растения							

Соотнесите значения водного потенциала с клетками в разных органах растения, почвенным раствором и воздухом, на рисунке 4. Поясните такое распределение.



Рисунок 4.

Почему в плодах (рисунок 1) суточные колебания водного потенциала меньше чем в клубнях?

В какое время суток идет более активный рост плодов?

Наиболее эффективным способом регуляции интенсивности транспирации считается испарительное охлаждение - метод снижения температуры на 5–10°C путем испарения воды, которая поглощает тепло. Кратко опишите техническое решение для такого метода. Помните, что конденсат на растениях при застое воздуха вызывает развитие грибных болезней.

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ																				
	H <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>
OH <sup>-</sup>		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H
F <sup>-</sup>	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P
Cl <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	P	H	H	H	M	?
S <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H
HS <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	?	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	?	P	P	?	-	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	?	?	?
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	?	P	-	P	P	P	P	P	-	P
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	?	?	?	?	H	H	M	?
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O); «M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)  
«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды); «-» – в водной среде разлагается  
«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

**РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ**  
Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au  
активность металлов уменьшается

**Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева**

		Г р у п п ы																				
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII							2						
п е р и о д ы	1	1 H 1,008 Водород																		2 He 4,00 Гелий		
	2	3 Li 6,94 Литий	4 Be 9,01 Бериллий	5 B 10,81 Бор	6 C 12,01 Углерод	7 N 14,00 Азот	8 O 16,00 Кислород	9 F 19,00 Фтор													10 Ne 20,18 Неон	
	3	11 Na 22,99 Натрий	12 Mg 24,31 Магний	13 Al 26,98 Алюминий	14 Si 28,09 Кремний	15 P 30,97 Фосфор	16 S 32,06 Сера	17 Cl 35,45 Хлор													18 Ar 39,95 Аргон	
	4	19 K 39,10 Калий	20 Ca 40,08 Кальций	21 Sc 44,96 Скандий	22 Ti 47,90 Титан	23 V 50,94 Ванадий	24 Cr 52,00 Хром	25 Mn 54,94 Марганец	26 Fe 55,85 Железо	27 Co 58,93 Кобальт	28 Ni 58,69 Никель										36 Kr 83,80 Криптон	
	5	37 Rb 85,47 Рубидий	38 Sr 87,62 Стронций	39 Y 88,91 Иттрий	40 Zr 91,22 Цирконий	41 Nb 92,91 Ниобий	42 Mo 95,94 Молибден	43 Tc 98,91 Технеций	44 Ru 101,07 Рутений	45 Rh 102,91 Родий	46 Pd 106,42 Палладий										54 Xe 131,29 Ксенон	
	6	55 Cs 132,91 Цезий	56 Ba 137,33 Барий	57 La 138,91 Лантан	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,91 Прометий	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [145] Прометий	62 Sm 150,36 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолий	65 Tb 158,93 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,93 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,93 Тулий	70 Yb 173,05 Иттербий	71 Lu 174,97 Лютеций				
	7	79 Au 196,97 Золото	80 Hg 200,59 Ртуть	81 Tl 204,38 Таллий	82 Pb 207,2 Свинец	83 Bi 208,98 Висмут	84 Po [209] Полоний	85 At [210] Астат													86 Rn [222] Радон	
	87 Fr [223] Франций	88 Ra 226 Радий	89 Ac [227] Актиний	90 Th [232] Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U [238] Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [251] Калифорний	99 Es [252] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [258] Менделеевий	102 No [259] Нобелий	103 Lr [262] Лоуренсий				118 Og [294] Оганесон	

\* Лантаноиды

58 Ce 140 Церий	59 Pr 141 Прозетдий	60 Nd 144 Неодим	61 Pm [145] Прометий	62 Sm 150 Самарий	63 Eu 152 Европий	64 Gd 157 Гадолий	65 Tb 159 Тербий	66 Dy 162,5 Диспрозий	67 Ho 165 Гольмий	68 Er 167 Эрбий	69 Tm 169 Тулий	70 Yb 173 Иттербий	71 Lu 175 Лютеций
-----------------------	---------------------------	------------------------	----------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	--------------------------	-------------------------

\*\* Актиноиды

90 Th 232 Торий	91 Pa 231 Протактиний	92 U 238 Уран	93 Np 237 Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [251] Калифорний	99 Es [252] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [258] Менделеевий	102 No [259] Нобелий	103 Lr [262] Лоуренсий
-----------------------	-----------------------------	---------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	--------------------------------	----------------------------	------------------------------