



# Инженерная олимпиада «Кентавр»

3 этап. 20 апреля 2026 года.

## 10 класс

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

### Задача 1. Монеты Рело (математика)

В некоторых странах монеты не совсем обычной формы. Примером такой формы является треугольник Рело это множество, являющееся пересечением трех кругов, центры которых находятся в вершинах правильного треугольника, а радиусы равны его стороне. Рассмотрим две монеты одинаковой толщины и одинакового объема. Одна привычная круглая, вторая треугольник Рело, полученный при помощи треугольника со стороной 1.

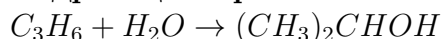
1. Найдите радиус первой монеты.
2. Найдите периметры обеих монет.

### Задача 2. Зелёный растворитель для электроники (химия)

Инженеры разрабатывают экологичную технологию очистки печатных плат от флюса после пайки. В качестве растворителя рассматривается изопропиловый спирт (пропанол-2) - он эффективно растворяет органические загрязнения, быстро испаряется и менее токсичен, чем ацетон или хлорированные растворители.

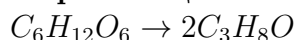
Для производства изопропанола доступны два промышленных маршрута:

1. **Гидратация пропена:**



Выход 85%, нужен катализатор  $H_3PO_4$ , температура 200–250°C, давление 7 МПа.

2. **Ферментация глюкозы:**



(Биотехнологическая схема процесса по углероду)

Выход 65%, биотехнология на дрожжах, 30–35°C, атмосферное давление.

## Исходные данные:

- Плотность изопропанола: 0,785 г/мл
- Для очистки одной партии плат требуется 50 л безводного изопропанола
- Пропен получают дегидрированием пропана:  $C_3H_8 \rightarrow C_3H_6 + H_2$  (выход 90%)
- В Методе 2 для получения чистого изопропанола требуется дополнительная ректификация (перегонка) с потерями 15%.
- Пропан выделяют из попутного нефтяного газа, содержащего 30% пропана по объёму

## Задания:

1. Изобразите структурные формулы пропена и изопропанола. Укажите тип гибридизации атома углерода, связанного с гидроксильной группой в изопропаноле. Объясните, почему изопропанол смешивается с водой в любых соотношениях (укажите тип межмолекулярного взаимодействия).
2. Рассчитайте массу изопропанола, необходимую для очистки одной партии плат. Определите количество вещества спирта (в молях).
3. Для Метода 1. Какая масса пропана потребуется для получения 50 л изопропанола с учётом всех стадий (дегидрирование + гидратация)? Ответ выразите в килограммах.
4. Для Метода 2. Из 1 тонны кукурузного зерна (массовая доля крахмала 70%) получают глюкозу по схеме  $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$ . Рассчитайте максимальную массу изопропанола, которую можно получить из этой партии сырья (учитывая все потери).
5. Сравните два метода по трём критериям — энергоёмкость, экологичность, зависимость от сырьевой базы. Какой метод предпочтительнее для небольшого завода в сельской местности? Обоснуйте выбор.

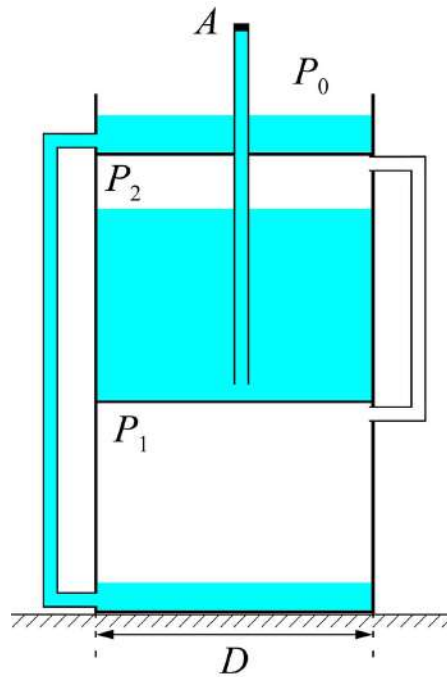
## Задача 3. Фонтан Герона (физика)

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 лёгкой заглушкой, поэтому устройство пока не работает.

Используя линейку и справочные данные определите:

1. давление газа в среднем баке  $P_2$ ;
2. массу воды внутри установки (без учета труб);
3. массу воздуха внутри установки (без учета труб).

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, сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Скорость воды в точке  $A$  определяется выражением  $v_A = \sqrt{\frac{2(P_A - P_0)}{\rho}}$ . Определите:



4. на сколько изменится сила с которой фонтан действует на землю сразу после удаления лёгкой заглушки;
5. какая масса воды будет «находиться в полёте» в первые секунды работы фонтана (пока  $v_A$  практически постоянна).

### Справочные данные:

- Плотность воды:  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$
- Атмосферное давление:  $P_0 = 10^5 \text{ Па}$
- Температура окружающей среды:  $t = 27^\circ\text{C}$
- Молярная масса воздуха:  $\mu = 29 \text{ г/моль}$
- Универсальная газовая постоянная:  $R = 8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$
- Ускорение свободного падения:  $g = 10 \text{ м/с}^2$
- Площадь сечения труб  $s = 10 \text{ см}^2$  (изображены не в масштабе)

## Задача 4. Архивариус кристалльной решётки (информатика)

### Описание задания

В глубине северной башни находится зал кристалльной решётки. По легенде, древние инженеры хранили в нём не числа, а «узоры равновесия» — особые цифровые ленты, по которым определяли исправность механизмов. Анализом этих лент занимается автомат по имени Архивариус.

Архивариус получает на вход строку  $S$ , состоящую из цифр от 0 до 9, и выполняет программы, записанные на языке башни. Во всех заданиях нужно написать программу для Архивариуса.

## 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. Зеркальный фрагмент

В некоторых механизмах особенно ценились ленты, в которых существует непрерывный фрагмент длины не меньше 2, читающийся одинаково слева направо и справа налево. Такой фрагмент называется зеркальным. Хранитель получает на вход строку из цифр. Необходимо написать программу, которая выводит YES, если в строке есть хотя бы один зеркальный фрагмент длины не меньше 2, и NO в противном случае.

## Примеры

Входная строка	Результат
123321	YES
303	NO
222111	NO

## Задание 2. Равновесный разлом

Лента называется равновесной, если существует такая позиция разреза между соседними символами, что одновременно выполняются два условия: сумма цифр слева равна сумме цифр справа; количество чётных цифр слева равно количеству нечётных цифр справа. 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
123321	YES
303	NO
222111	NO

## Задание 3. Лента двух подъёмов

Мастера называли ленту двухвершинной, если на ней есть ровно два участка строгого возрастания, разделённые хотя бы одним участком строгого убывания. Иначе говоря, при движении слева направо знак изменения цифр должен меняться ровно два раза по схеме: сначала рост, потом спад, потом снова рост. При этом все три участка должны быть непустыми. Хранитель получает на вход строку из цифр. Необходимо написать программу, которая выводит YES, если лента двухвершинная, и NO в противном случае.

## Примеры

Входная строка	Результат
1452328	YES
12321	NO
1354219	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.

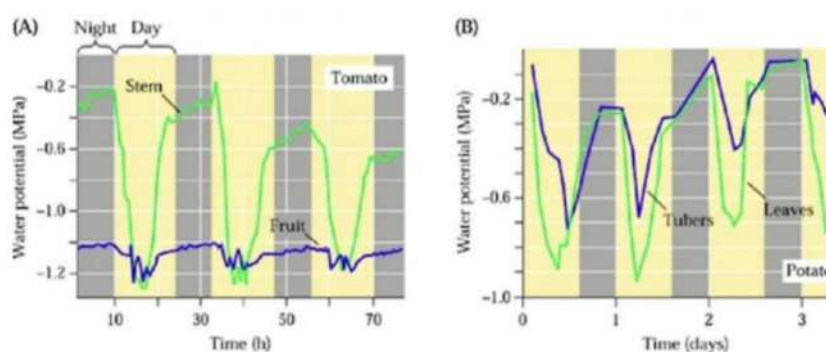


Рисунок 1. Суточные колебания водного потенциала в растительных тканях томата и картофеля (вегетативные органы – Steam, Leaves, клубни - Tubers и незрелые плоды – Fruit).

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.

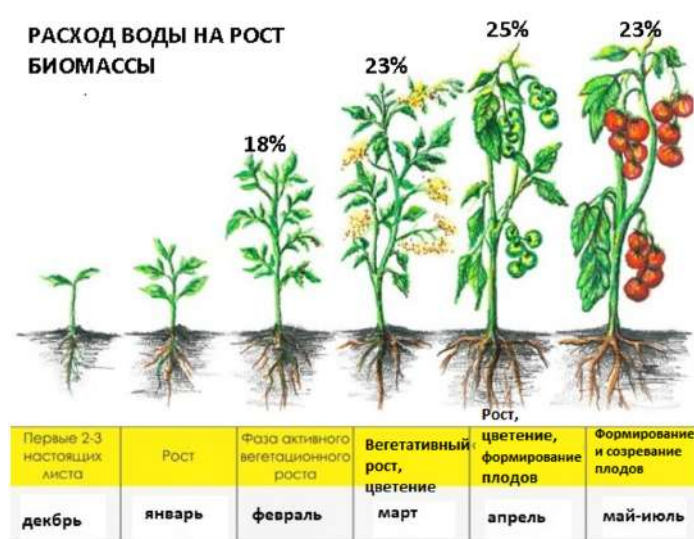


Рисунок 2. Фазы вегетации томата в весенне-летнем обороте. Расход воды на рост биомассы в % от общей поступившей в растение воды.

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.

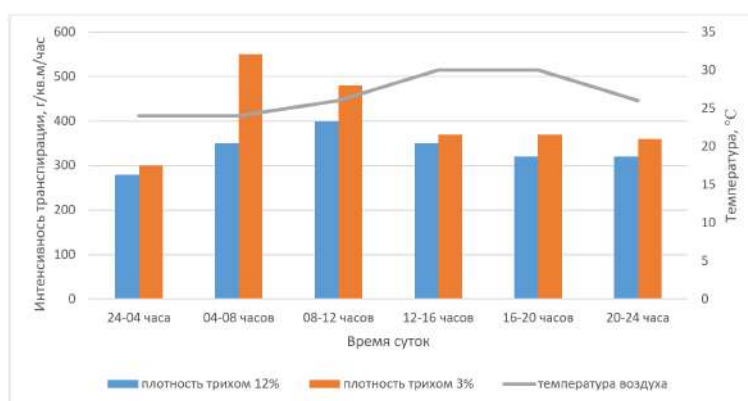


Рисунок 3. Интенсивность транспирации двух линий томатов с разной плотностью трихом (ПТ) в зависимости от времени суток.

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.

Как связано накопление питательных веществ (каких?) с водным потенциалом плодов.



Рисунок 4.

Вместе с поливной водой в зону корней подается раствор минеральных веществ (комплексное удобрение, содержащие катионы калия, нитраты, фосфаты).

Как изменится водный потенциал почвенного раствора после внесения удобрений? Нужно ли изменять поливную норму после внесения удобрений, если да, то в какую сторону (увеличения/уменьшения), обосновать.

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

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	?	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	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	?	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 Гадолиний	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				86 Rn [222] Радон
	7	87 Fr [223] Франций	88 Ra 226,02 Радий	89 Ac [227] Актиний	90 Th 232,04 Торий	91 Pa 231,04 Протактиний	92 U 238,03 Уран	93 Np 237,05 Нептуний	94 Pu 244,06 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 Прозетимий	60 Nd 144 Неодим	61 Pm [145] Прометий	62 Sm 150 Самарий	63 Eu 152 Европий	64 Gd 157 Гадолиний	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
-----------------------	----------------------------	------------------------	----------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	--------------------------	-------------------------

\*\* Актиниоиды

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
-----------------------	-----------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	--------------------------------	----------------------------	------------------------------