



**Фотоконкурс таблиц Д.И.Менделеева, посвященный Международному году Периодической таблицы химических элементов
Работа призера II степени Оганесян Екатерины Сергеевны (к.э.н., доцент, Институт химии и проблем устойчивого развития, РХТУ имени Д.И.Менделеева, г.Москва)**

**Периодическая система элементов Д. И. Менделеева.
Таблица? Пирамида!**

Идея «Пирамидки Менделеева» возникла случайно, когда мы занимались со школьником, отставшим от программы. Дети умеют задавать внешне простые вопросы, в которых на деле кроется глубокий смысл. Почему первый период непарный, а остальные идут парами? Почему в таблице, даже в развернутой форме, есть пропуски? Почему *s*-элементы идут по два, *p*-элементов всегда шесть, *d*-элементов десять, а *f*-элементов четырнадцать? Каким будет следующий, восьмой период?

Можно заучить периодический закон, строение и порядок атомных орбиталей, формулы из учебника, но чтобы человек уловил внутреннюю зависимость, нужно не заучивание, а понимание, и мы стали смотреть разные варианты периодических систем. Прямоугольные, треугольные, спиральные – все они имели явные натяжки, связанные с двумерностью, плоскостным изображением. Когда Дмитрий Иванович упорядочивал элементы, он раскладывал на столе старые визитные карточки, на обороте которых были записаны название элемента, атомный вес и формулы основных соединений, поэтому неудивительно, что в итоге получилась таблица. Но периодический закон многогранен и многомерен. **Для его отображения двух измерений мало.** Мы сделали трехмерную пирамиду.

Нумерация периодов парная, т.к. литий и бериллий вынесены во второй период. Все остальные *s*-элементы приводятся не в начале привычного периода, а ставятся в конец предшествующего. Пирамида вмещает 120 элементов, распределенных по 8 периодам.

Третий период начинается с бора: *p*-элементы последовательно идут по периметру, заканчиваясь неоном, а завершают период натрий и магний, расположенные в центре. Аналогичным образом и в остальных периодах элементы следуют сначала по внешнему периметру, затем по внутреннему слою (слоям) и заканчиваются в середине.

С одной стороны, все привыкли к нумерации орбит, предложенной Бором еще в прошлом веке, и расположению щелочных элементов в первых столбцах таблицы. С другой стороны, такие представления не должны быть догмой. Если сохраняется периодичность и соблюдаются все физические и химические законы, то нумерация периодов, показанная на фото 2, вполне оправданна. Подобная логика используется в некоторых плоскостных треугольных вариантах периодической системы. Плюс ее в том, что она позволяет избавиться от пропусков и пустых ячеек.

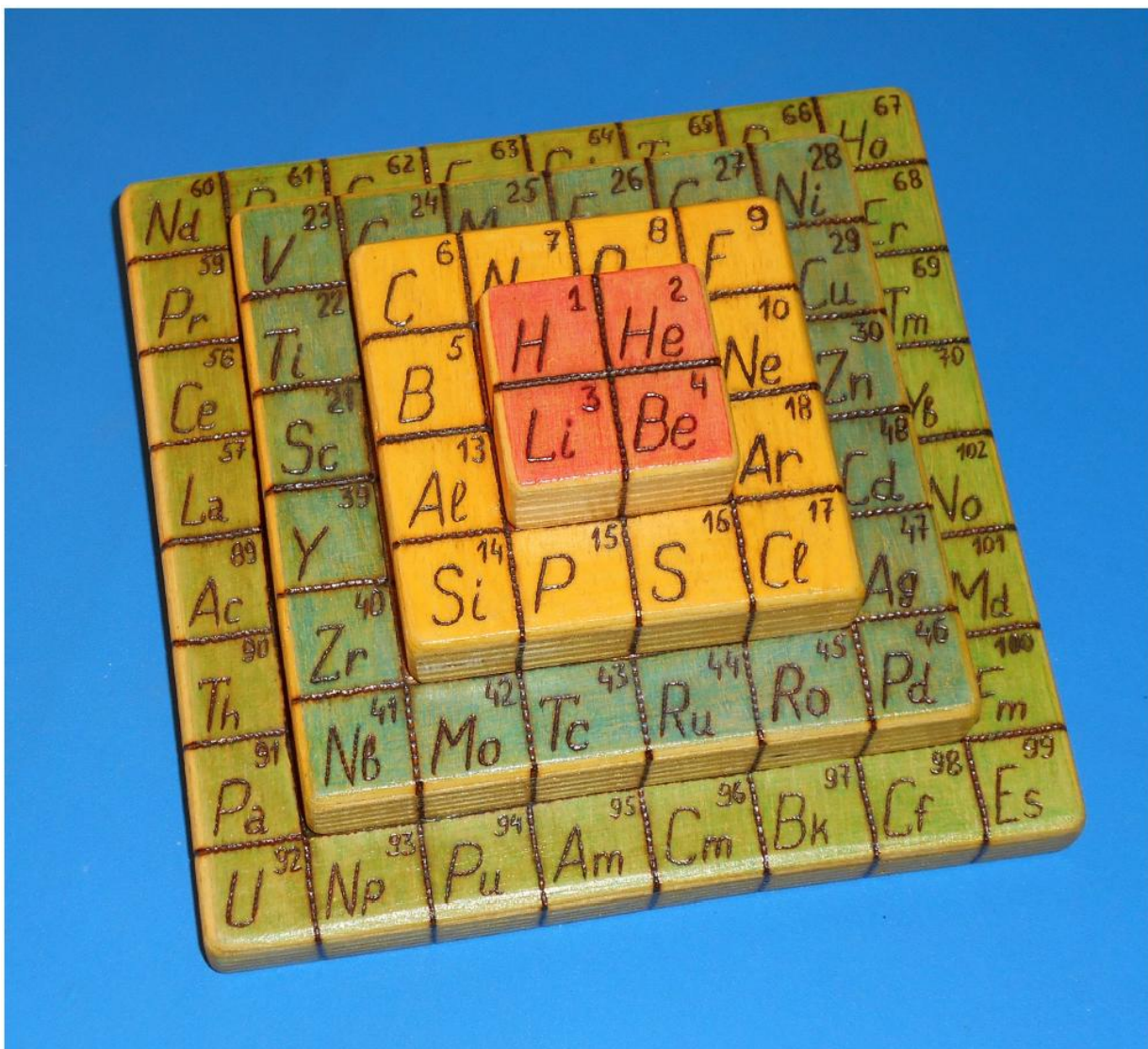


Фото 1. Пирамида Менделеева, 2007 г. (фанера, цветные карандаши, выжигатель, лак)

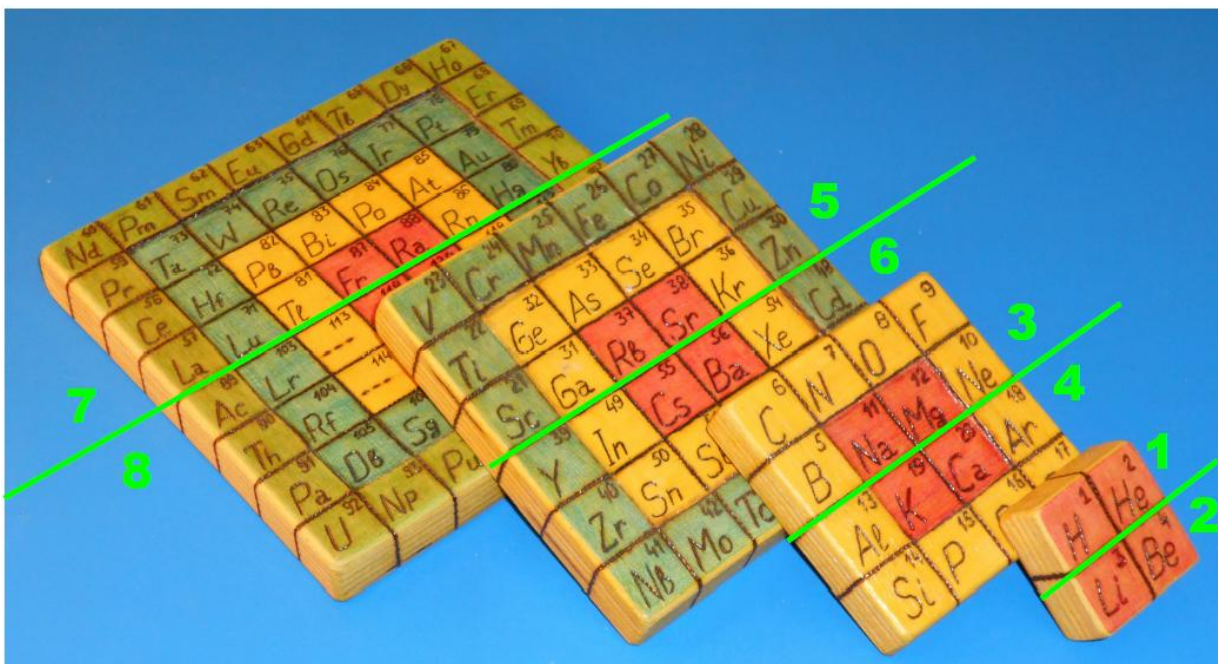


Фото 2. Деление элементов по парным периодам (1-2, 3-4, 5-6, 7-8) и типам элементов (цвет фона: s-элементы – розовый, p-элементы – желтый, d-элементы – синий, f-элементы – зеленый)

Чтобы подчеркнуть порядок следования элементов в каждом периоде от периметра к центру, уже с другими учениками мы усовершенствовали пирамиду, добавив последовательное смещение слоев внутри периода по вертикальной оси вниз.

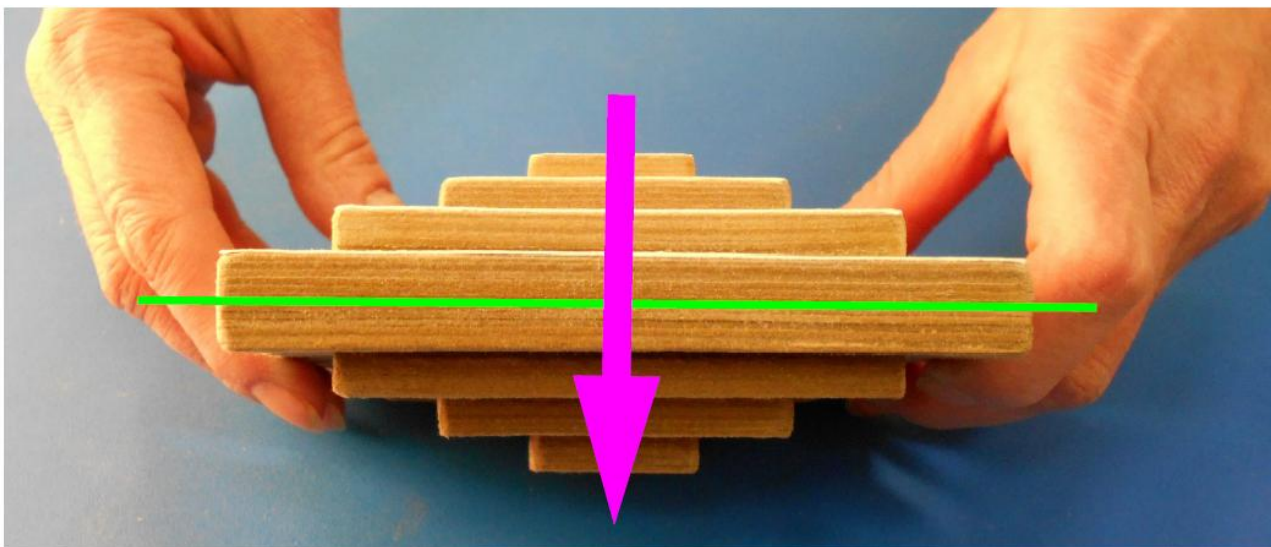


Фото 3. Усовершенствованная пирамида Менделеева в собранном виде, вид сбоку, 2017 г. (многослойный картон, столярный клей)

Пирамида приобрела форму кристалла, получив симметрию еще и относительно горизонтальной плоскости и упростив понимание порядка, в котором периоды, слои и элементы следуют друг за другом. Переход внутри периода от электронной оболочки f последовательно к d -, p - и s -оболочкам сопровождается понижением, уходом в глубину.

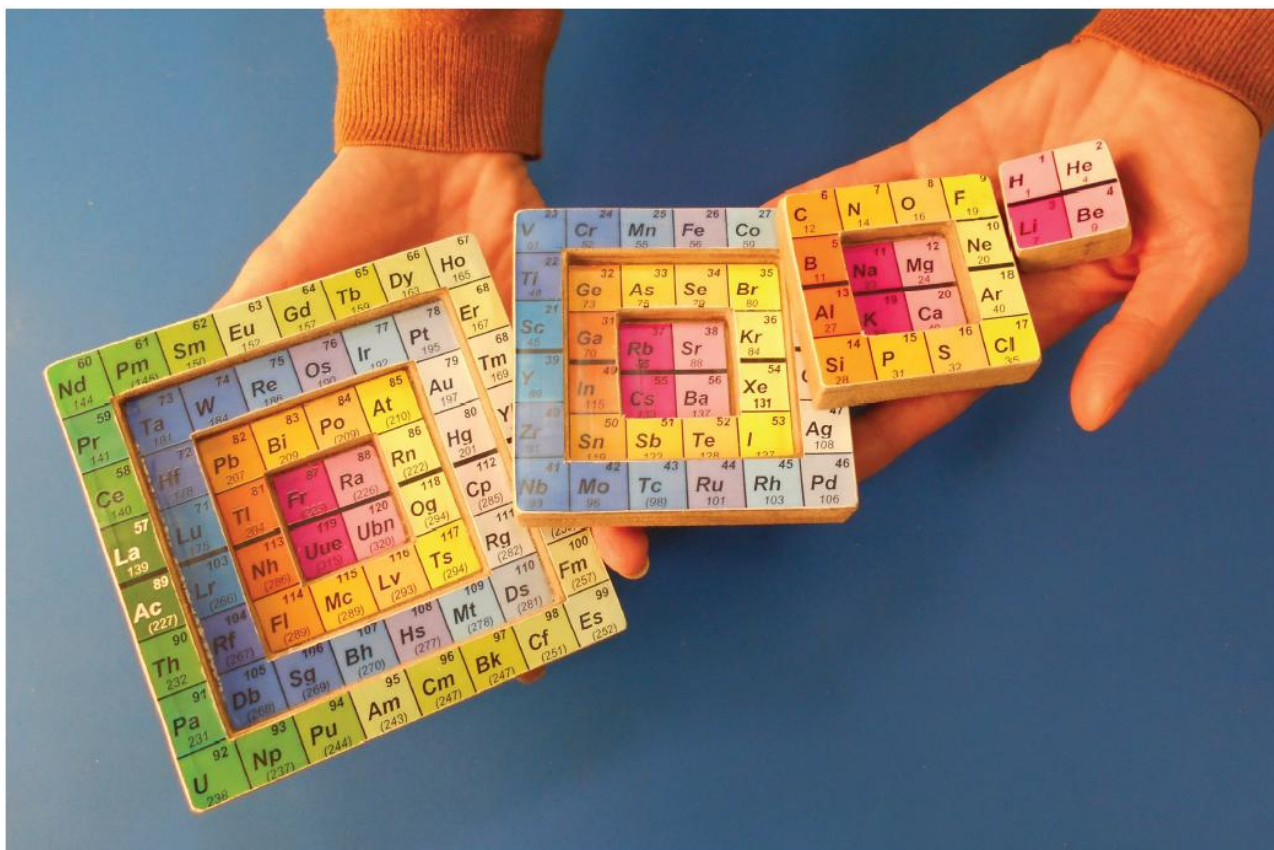


Фото 4. Усовершенствованная пирамида Менделеева, вид сверху

Использование цветного принтера позволило плавно менять цвет фона внутри слоя (чем больше номер, тем светлее фон). К пирамиде можно создавать сопроводительные схемы в электронном виде, выводить их на проектор, вставлять в презентации и пособия.

60 Nd 144	61 Pm (145)	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165
59 Pr 141	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 195	68 Er 167
58 Ce 140	72 Hf 178	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po (209)	85 At (210)	79 Au 197	68 Tm 169
57 La 139	71 Lu 175	81 Tl 204	87 Fr (223)	88 Ra (226)	86 Rn (222)	80 Hg 201	70 Yb 173

Рис. 1. Разбор строения 7-го периода по нашей нумерации, движение по спирали

Плюсы пирамидальной периодической системы:

- Иллюстрируется повторяемость в строении периодов. В пирамиде все они парные – это дополнительный аспект периодичности, которого нет в традиционных таблицах. Периоды 1 и 2 содержат только *s*-элементы (по 2); периоды 3 и 4 начинаются с *p*-элементов и завершаются *s*-элементами; в периодах 5 и 6 последовательно расположены *d*-, *p*- и *s*-элементы; периоды 7 и 8 включают в себя *f*-, *d*-, *p*- и *s*-элементы. Восемь периодов заключают в себе 120 элементов.
- Суммарное количество элементов в парных периодах удобно раскладывается по квадратам: 4, 16, 36 и 64 соответственно.
- Не составляет труда продолжить пирамиду, мысленно добавив 9 и 10 периоды. Количество *g*-элементов (по 18 в каждом из периодов) можно оценить, просто пересчитав клеточки в новом внешнем периметре. При этом образуется новый квадрат 10x10, и, если когда-нибудь 9 и 10 периоды заполнятся, система будет насчитывать 220 элементов.
- В пирамиде нет никаких пропусков, вставок и смещений.
- Лантан La и актиний Ac занимают свои места в начале нового периметрального слоя. Список лантаноидов и актиноидов логично заканчивается иттербием Yb и нобелием No, а не лютецием Lu и лоуренсием Lr, которые относятся не к *f*-, а к *d*-элементам. До сих пор даже официальные таблицы ИЮПАК грешат тем, что располагают в третьем столбце ячейки 57 и 89, хотя эти места по всей логике должны принадлежать лютецию (71) и лоуренсию (103). Удел лантаноидов и актиноидов в привычной частично свернутой форме таблицы – быть вставкой между вторым и третьим столбцами, а не занимать чужие ячейки. В пирамиде такой проблемы нет.

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]	2 He helium 4.0026											13 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	14 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	15 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	16 O oxygen 15.999 [15.995, 15.005]	17 F fluorine 18.998 [18.998, 18.998]	18 Ne neon 20.180 [20.179, 20.180]	
3 Li lithium 6.941 [6.938, 6.937]	4 Be beryllium 9.0122	Key: atomic number Symbol name conventional atomic weight standard atomic weight										13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.086 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948	
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(1)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)	
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium 98.906	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29	
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	lanthanoids 57-71		72 Hf hafnium 178.49	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38, 204.39	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	actinoids 89-103		104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson
		57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97		
		89 Ac actinium 227.04	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium		



For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Рис. 2. Отображение лантаноидов и актиноидов в официальной таблице ИЮПАК, 2016 г.

- В пирамиде наблюдается периодичность свойств элементов, расположенных друг под другом на одной вертикальной оси. Также имеется сходство свойств при симметричном расположении элементов относительно линии, разделяющей периоды. Так, на одной вертикальной оси в пирамиде находятся водород, натрий, рубидий и франций, а симметрично им в парных периодах находятся литий, калий, цезий и унуненний Uue. Аналогичным образом по двум вертикальным осям расположены галогены: F, Cl, Br, I, At и теннессин Ts. По двум другим вертикальным осям по соседству находятся благородные газы Ne, Ar, Kr, Xe, Rn и недавний получивший имя оганесон Og. И хотя гелий не расположен на той же вертикальной оси, что и неон, периодичность свойств демонстрируется тем, что оба элемента занимают последнее место в соответствующей строке.

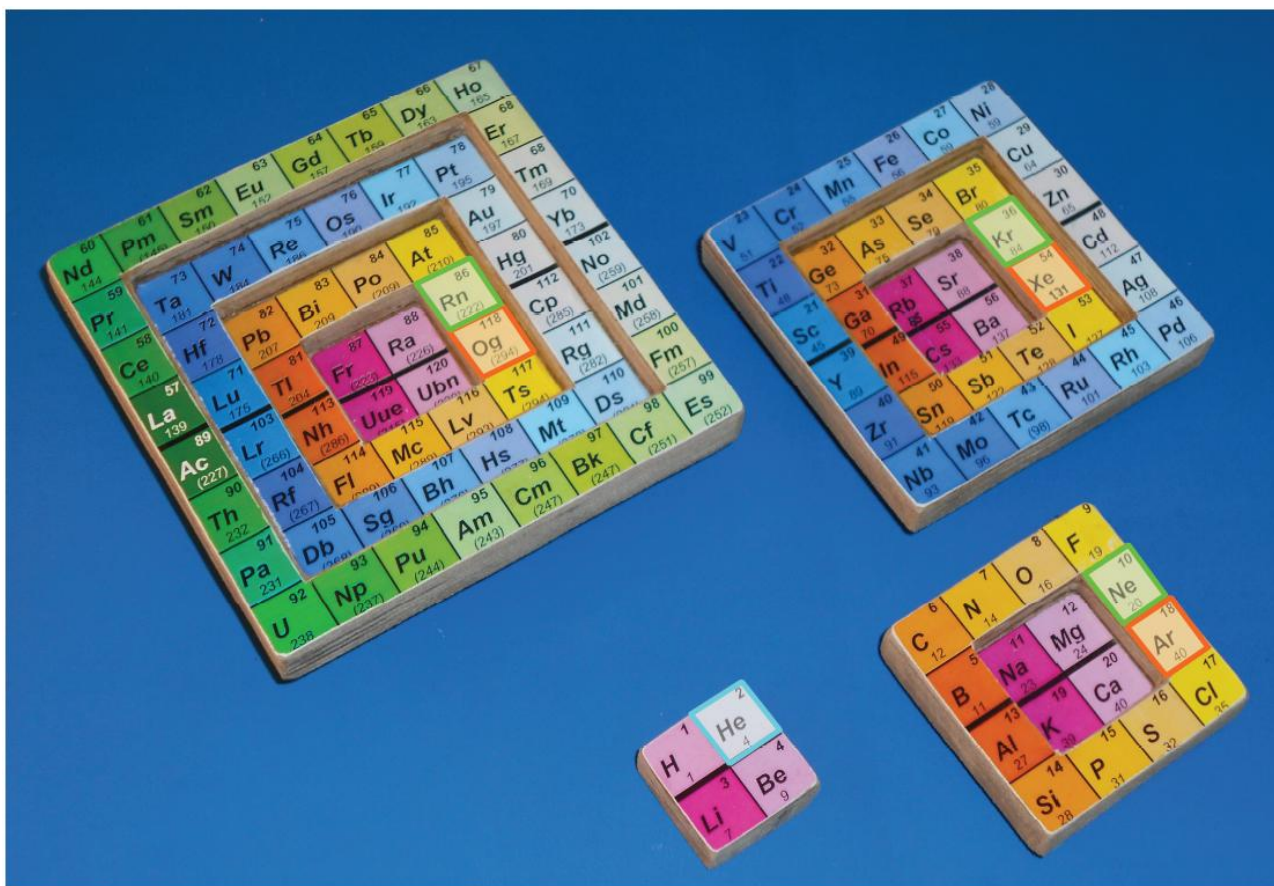


Фото 5. Расположение благородных газов в пирамиде Менделеева

- Спуск по вертикальной оси вниз отображает рост номеров периодов.
- Отпадает необходимость в отображении элементов по группам с выравниванием в столбце вправо или влево – эти ухищрения, до сих пор используемые в короткой форме таблицы, скорее запутывают, чем вносят ясность.
- Чем дальше элемент от центральной оси пирамиды, тем больше вместимость заполняющейся электронной оболочки.

Ученик, делавший первую пирамидку, давно закончил школу, но случайно родившаяся идея продолжает развиваться. Использование старой и новой пирамидок вместе позволяет показать, сколько изменений произошло за 10 лет, какие получены новые элементы, какие имена им дали. Есть идея 4-мерной периодической системы на основе квантовых чисел. Физически ее изготовить сложно, т.к. детали вряд ли удастся скрепить, но решением может стать визуальная компьютерная модель. Одно понятно точно: периодичность можно иллюстрировать разными средствами, и таблица – не единственный вариант. Для изучения островов стабильности лучше всего подойдет декартова система координат с количествами протонов и нейтронов по осям. В качестве справочного материала для решения задач годится плоскостная развернутая таблица. А на этапе изучения периодического закона лучше дать в руки то, что можно потрогать, собрать и разобрать. Яркое, объемное, но при этом логичное и хорошо иллюстрирующее разные аспекты периодичности – пирамиду.

Дополнительно от автора: «На обороте фанерной пирамидки Менделеева у нас сохранилось написанное маркером пожелание успехов в изучении химии – его сделал Юрий Цолакович Оганесян, когда приезжал к нам в РХТУ им. Менделеева в апреле прошлого года с лекцией для студентов и школьников».

