

1ая Олимпиада мегаполисов

Химия

Практическая задача
по аналитической химии

06 сентября 2016

Москва, Россия

Инструкция. Общие положения

- **Правила техники безопасности:** следуйте правилам, принятым на международной химической олимпиаде; в лаборатории запрещается принимать пищу и пить.
- **Нарушение правил техники безопасности:** Вам будет сделано лишь одно предупреждение; в случае повторного нарушения Вы будете дисквалифицированы.
- **Тур состоит из двух частей.** Один участник из каждой команды начинает выполнять задачу по органической химии, а другой участник – задачу по аналитической химии.
- **Время:** на каждую часть отводится 2 ч 15 мин, перерыв между частями – 15 мин. За 30 мин до окончания каждой части будет сделано соответствующее объявление. Вас проводят на перерыв и обратно в лабораторию.
- **Войдя в лабораторию,** займите место у стола с Вашим кодом участника.
- Убедитесь, что **Ваш код участника** присутствует **на каждой странице** данного буклета.
- Записывайте **ответы только в предназначенных для этого местах** в буклете; ответы, записанные в других местах, оцениваться не будут. Приводите расчеты везде, где это требуется.
- **Используйте только выданные ручку, карандаш и калькулятор.**
- Обратитесь к Вашему преподавателю, если Вам требуются **дополнительные реактивы**. Это не приведет к штрафу, кроме случаев, описанных ниже.
- Обратитесь к Вашему преподавателю, если у Вас возникли **вопросы** по технике безопасности, Вам необходима замена посуды или реактивов или Вам нужно выйти в туалет.
- Аккуратно сливайте **жидкие отходы** в раковину, расположенную на Вашем рабочем месте.
- Вы можете попросить у Вашего преподавателя **официальную английскую версию** для уточнения текста.
- **После команды «стоп»** отложите буклет в сторону и оставьте его на рабочем месте.
- **Вы должны немедленно прекратить работу, как только прозвучит команда «стоп».** Задержка на 5 минут приведет к нулевому результату за выполняемую задачу.
- **Предполагается, что Вы будете использовать некоторую посуду в течение тура несколько раз. Мойте ее тщательно.**

Инструкции, касающиеся задачи по аналитической химии

- **Данный буклет с задачей по аналитической химии и листами ответа состоит из 8 страниц (включая титульный лист и периодическую таблицу элементов)**

Реактивы

Реагент	Количество	Емкость	Этикетка
На каждом рабочем месте			
Образец (смесь глюкозы и сахарозы)	Требуется определить	Мерная колба, 50 мл	Sample и Ваш код участника
Соляная кислота, 2М	15 мл	Темная склянка с притертой крышкой, 30 мл	HCl 2М
Тиосульфат натрия, 0.1М	100 мл	Пластиковая бутылочка с завинчивающейся крышкой, 125мл	Na ₂ S ₂ O ₃
Раствор гидроксида натрия, 2М	15 мл	Капельница, темное стекло, 30 мл	NaOH 2 М
Раствор гидроксида натрия, 0.1М	125 мл	Пластиковые бутылочки с завинчивающейся крышкой, 125 мл	NaOH 0.1 М
Крахмал (0.5-1%)	10 мл	Капельница, темное стекло, 30 мл	Starch
Дистиллированная вода	500 мл	Промывалка, 500 мл	-
На столе общего пользования			
Иод (0.05 М раствор по I ₂ , 2.4% KI)	1 л на 4 чел.	Мерная колба и бюретка	I ₂
Метилловый красный	10 мл на 4 чел.	Капельница, темное стекло, 30 мл, на общем столе	Methyl red
Раствор гидроксида натрия, 0.1М	125 мл	Пластиковые бутылочки с завинчивающейся крышкой, 125 мл	NaOH 0.1 М

Посуда и оборудование

Наименование	Количество
На каждом рабочем месте	
Штатив с держателем для бюретки	1
Стакан, 50 мл	1
Цилиндр, 25 мл	1
Стакан, 100 мл	1
Пипетка, 5 мл	2
Пипетка Мора, 20 мл	1
Пипетатор	1
Бюретка, 25 мл	1
Стеклянная воронка	1
Колба Эрленмейера (коническая плоскодонная), 100 мл	2
Мерная колба, 50 мл	2
Перчатки	1 пара

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	Всего
Техн. баллы	20	20	1	1	1	3	4	50

Определение глюкозы и сахарозы в смеси титриметрическим методом (20 баллов)

Определение концентрации восстанавливающих сахаров проводят методом обратного йодометрического титрования. Избыток иода оттитровывают стандартным раствором тиосульфата, используя крахмал в качестве индикатора. Концентрацию *глюкозы* определяют в исходном образце смеси; количество *сахарозы* находят по результатам определения суммы восстанавливающих сахаров в образце, подвергнутом гидролизу.

Методика

Выданный образец в мерной колбе на 50 мл (с этикеткой «Sample и Ваш код участника») растворите в дистиллированной воде (из промывалки) и доведите водой до метки. Из этого раствора отберите аликвоту для проведения гидролиза сахарозы, а оставшийся раствор используйте для титриметрического определения глюкозы (глюкозу можно определять параллельно с гидролизом).

А. Определение концентрации восстанавливающего сахара йодометрическим методом (обратное титрование)

В коническую колбу для титрования с помощью пипетки введите 5.00 мл анализируемого раствора сахара (до или после гидролиза), из общей бюретки добавьте 12.5 мл стандартного раствора иода и с помощью мерного цилиндра при взбалтывании добавьте 25 мл 0.1 М раствора NaOH. Дайте постоять раствору 10 мин для полного окисления сахара. Затем введите 1.50 мл 2М HCl и оттитруйте избыток иода стандартным раствором тиосульфата до бледно-желтой окраски, после чего добавьте 2-3 капли 1%-го раствора крахмала и продолжайте титрование при взбалтывании до исчезновения синей окраски.

1. Запишите объемы раствора тиосульфата, израсходованного на титрование ГЛЮКОЗЫ:

Номер титрования	$V_{\text{нач}}$, мл	$V_{\text{конеч}}$, мл	V_1 , мл
1			
2			
3			
Принятый Вами результат, мл:			

В. Гидролиз сахарозы

Пипеткой Мора на 20 мл отберите аликвоту раствора из мерной колбы (с этикеткой «Sample и Ваш код участника»), перенесите в стакан на 100 мл, цилиндром или пипеткой на 5 мл прилейте 10 мл 2М раствора соляной кислоты. Стакан с содержимым нагревайте на магнитной мешалке 8–10 мин при приблизительно 70°C.

Примечания.

1. Поскольку плитка разогревается медленно, сначала следует включить ее на несколько минут на полную мощность, а затем приблизительно на $\frac{1}{4}$ мощности.
2. Не допускайте кипения раствора. Температуре 70 °C соответствует появление конденсата на стенках стакана.

По окончании нагревания охладите стакан до комнатной температуры под струей воды из-под крана, после чего нейтрализуйте содержимое 2М раствором NaOH в присутствии метилового красного до появления желтого окрашивания. Перенесите реакционную смесь во вторую мерную колбу и доведите водой до метки (Примечание. Индикатор метиловый красный находится на столе общего пользования). Используйте приготовленный раствор для определения суммы восстанавливающих сахаров по методике, описанной выше в разделе А.

2. Запишите объемы раствора тиосульфата, израсходованного на титрование суммы глюкозы и сахарозы:

Номер титрования	V _{нач} , мл	V _{конеч} , мл	V ₂ , мл
1			
2			
3			
Принятый Вами результат, мл:			

3. Запишите уравнение реакции окисления глюкозы (записывайте брутто-формулы, следите за стехиометрией!).

4. Запишите уравнение реакции гидролиза сахарозы (записывайте сахара в виде брутто-формул).

5. Запишите уравнение реакции иода со щелочью.

6. Рассчитайте количество глюкозы в образце

Формула для расчета концентрации глюкозы (моль/л, в колбе на 50 мл) по данным титрования:

Количество глюкозы в образце _____ мг.

7. Рассчитайте количество сахарозы

Формула для расчета концентрации сахарозы (моль/л, в колбе на 50 мл) по данным титрования:

Количество сахарозы в образце _____ мг.

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen [1.007; 1.009]																	18 He helium 4.003
3 Li lithium [6.938; 6.997]	4 Be beryllium 9.012											5 B boron [10.80; 10.83]	6 C carbon [12.00; 12.02]	7 N nitrogen [14.00; 14.01]	8 O oxygen [15.99; 16.00]	9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.31											13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon [28.08; 28.09]	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur [32.05; 32.08]	17 Cl chlorine [35.44; 35.46]	18 Ar argon 39.95
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine 79.90	36 Kr krypton 83.80
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.96(2)	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4	49 In indium 114.8	50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9	54 Xe xenon 131.3
55 Cs caesium 132.9	56 Ba barium 137.3	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.5	73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.8	75 Re rhenium 186.2	76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 192.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.6	81 Tl thallium [204.3; 204.4]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 209.0	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	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		114 Fl flerovium		116 Lv livermorium		
57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 152.0	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 175.0			
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	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			

Key:
atomic number
Symbol
name
standard atomic weight

Notes

- IUPAC 2009 Standard atomic weights abridged to four significant digits (Table 4 published in *Pure Appl. Chem.* 83, 359-396 (2011); doi:10.1351/PAC-REP-10-09-14). The uncertainty in the last digit of the standard atomic weight value is listed in parentheses following the value. In the absence of parentheses, the uncertainty is one in that last digit. An interval in square brackets provides the lower and upper bounds of the standard atomic weight for that element. No values are listed for elements which lack isotopes with a characteristic isotopic abundance in natural terrestrial samples. See PAC for more details.

- "Aluminum" and "caesium" are commonly used alternative spellings for "aluminium" and "caesium."

- Claims for the discovery of all the remaining elements in the last row of the Table, namely elements with atomic numbers 113, 115, 117 and 118, and for which no assignments have yet been made, are being considered by a IUPAC and IUPAP Joint Working Party.

For updates to this table, see iupac.org/reports/periodic_table/. This version is dated 1 June 2012.

Copyright © 2012 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

1ая Олимпиада мегаполисов

Химия

Практическая задача
по органической химии

06 сентября 2016

Москва, Россия

Инструкция. Общие положения

- **Правила техники безопасности:** следуйте правилам, принятым на международной химической олимпиаде; в лаборатории запрещается принимать пищу и пить.
- **Нарушение правил техники безопасности:** Вам будет сделано лишь одно предупреждение; в случае повторного нарушения Вы будете дисквалифицированы.
- **Тур состоит из двух частей.** Один участник из каждой команды начинает выполнять задачу по органической химии, а другой участник – задачу по аналитической химии.
- **Время:** на каждую часть отводится 2 ч 15 мин, перерыв между частями – 15 мин. За 30 мин до окончания каждой части будет сделано соответствующее объявление. Вас проводят на перерыв и обратно в лабораторию.
- **Войдя в лабораторию,** займите место у стола с Вашим кодом участника.
- Убедитесь, что **Ваш код участника** присутствует **на каждой странице** данного буклета.
- Записывайте **ответы только в предназначенных для этого местах** в буклете; ответы, записанные в других местах, оцениваться не будут. Приводите расчеты везде, где это требуется.
- **Используйте только выданные ручку, карандаш и калькулятор.**
- Обратитесь к Вашему преподавателю, если Вам требуются **дополнительные реактивы**. Это не приведет к штрафу, кроме случаев, описанных ниже.
- Обратитесь к Вашему преподавателю, если у Вас возникли **вопросы** по технике безопасности, Вам необходима замена посуды или реактивов, или Вам нужно выйти в туалет.
- Аккуратно сливайте **жидкие отходы** в раковину, расположенную на Вашем рабочем месте.
- Вы можете попросить у Вашего преподавателя **официальную английскую версию** для уточнения текста.
- **После команды «стоп»** отложите буклет в сторону и оставьте его на рабочем месте.
- **Вы должны немедленно прекратить работу, как только прозвучит команда «стоп».** Задержка на 5 минут приведет к нулевому результату за выполняемую задачу.
- **Предполагается, что Вы будете использовать некоторую посуду в течение тура несколько раз. Мойте ее тщательно.**

Инструкции, касающиеся задачи по органической химии

- Данный буклет с задачей по органической химии и листами ответов состоит из 8 страниц (включая титульный лист и периодическую таблицу элементов)
- **Каждая замена альдегида или 2,4-динитрофенилгидразина** приведет к штрафу в размере 1 балла из 40.

Список реактивов

Реагент	Количество	Емкость	Этикетка
На каждом рабочем месте			
2,4-Динитрофенилгидразин	по 200 мг, в 2 пузырьках	Маленький пузырек темного стекла	2,4-DNPH
Серная кислота, конц.	по 1 мл, в 2 бутылочках	Пластиковая бутылочка с завинчивающейся крышкой	H ₂ SO ₄
Раствор альдегида, 1 ммоль в этаноле	по 4 мл, в бутылочках	Пластиковая бутылочка с завинчивающейся крышкой, 30 мл	Aldehyde 1 и Aldehyde 2
Этанол	30 мл	Большой пузырек темного стекла	Ethanol
Дистиллированная вода	500 мл	Промывалка, 500 мл	-

Посуда и оборудование

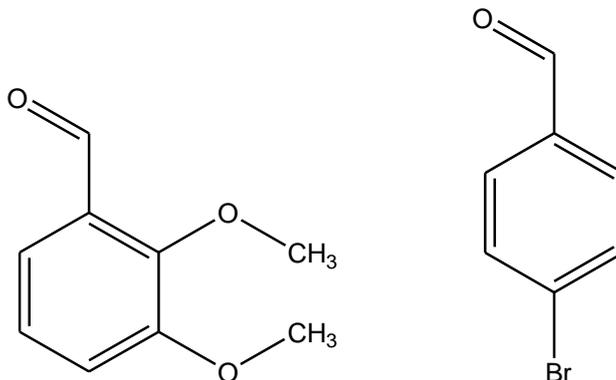
Наименование	Количество
На каждом рабочем месте	
Стекланный бюкс, подписанный "Product 1 и Ваш код участника"	1
Стекланный бюкс, подписанный "Product 2 и Ваш код участника"	1
Штатив с лапкой и кольцом	1
Стакан 50 или 100 мл	2
Магнитная мешалка	1
Магнитный якорек	2
Стекланный фильтр	2
Насадка	1
Круглодонная колба 250 мл	1
Водоструйный насос	1
Пипетка 2 мл	2
Пипетка 5 мл	2
Пипетатор	1
Шпатель	1
Мерный цилиндр 25 мл	1
Фильтровальная бумага	3
Стекланная палочка	1
Пинцет	1
pH-индикаторная бумага	1
Весы	1
На столе общего пользования	
Фильтровальная бумага	
Перчатки	

Вопрос	1	2	3	4	5	Всего
Техн. баллы	50	12	6	6	6	80

Синтез гидразонов (20 баллов)

Альдегиды и кетоны относятся к наиболее часто используемым органическим веществам. Применение этих соединений зачастую требует простых методов их идентификации. Гидразоны образуются в результате взаимодействия гидразина с альдегидами и кетонами в соответствующих условиях. Благодаря надежно охарактеризованным свойствам и отличительному внешнему виду, гидразоны часто используются для такой идентификации.

В данной задаче Вам предстоит идентифицировать два замещенных бензальдегида (приведены ниже), исследуя продукты их взаимодействия с 2,4-динитрофенилгидразином.



Методика

А. Получение 2,4-динитрофенилгидразонов

Внимание! Не проводите два синтеза одновременно!

Поместите магнитный якорек в стакан на 50 (или 100) мл. Установите стакан на магнитную мешалку внутри металлического кольца, закрепленного на штативе. Перенесите содержимое пузырька, подписанного “2,4-DNPH”, в стакан и включите аккуратное перемешивание. *Только в присутствии Вашего преподавателя*, аккуратно вылейте концентрированную серную кислоту (1 мл) из **одной** из пластиковых бутылочек

с завинчивающейся крышкой на твердое вещество. При помощи пипеток добавьте к реакционной смеси 1.6 мл воды и 4 мл этанола. Далее при помощи пипетки медленно добавьте весь раствор одного из альдегидов (**Вы можете выбрать любой альдегид!**). Сразу же начнется образование ярко окрашенного осадка. Продолжайте перемешивание в течение 10 мин, далее добавьте 10 мл воды и перемешивайте содержимое стакана еще 3 мин.

В. Выделение и очистка продукта

Соберите прибор для фильтрования: закрепите круглодонную колбу на штативе, подсоедините вакуумный шланг к насадке, поместите насадку в колбу и вставьте стеклянный фильтр в насадку. Перенесите реакционную смесь с якорьком на фильтр. Включите водоструйный насос и отфильтруйте осадок. Внесите небольшое количество воды в стакан, чтобы перенести остатки продукта на фильтр. Промойте осадок на фильтре 3 порциями воды по 20 мл, перемешивая суспензию стеклянной палочкой. Затем промойте осадок 3 порциями этанола по 5 мл. Высушите осадок на фильтре с включенным водоструйным насосом, время от времени разрыхляя и прижимая продукт стеклянной палочкой. (**Как только Вы запустили осушение под вакуумом первого продукта, Вы можете начинать синтез второго продукта – см раздел С**). Через примерно 20-40 мин аккуратно перенесите осушенный порошок в предварительно взвешенный стеклянный бюкс, подписанный тем же номером продукта, что и образец альдегида для окончательного досушивания на воздухе (**не закрывайте бюкс!**). Поместите бюкс с продуктом в безопасное место (например, на полку).

Всегда отсоединяйте вакуумный шланг от насадки перед тем, как выключить водоструйный насос! Выключайте водоструйный насос, когда Вы его не используете.

Как только Ваш продукт станет выглядеть сухим, удалите якорек при помощи пинцета и взвесьте продукт. Заполните Таблицу 1.

Примечание: Синтезированные Вами продукты будут перевзвешены персоналом.

С. Синтез, выделение и очистка второго продукта

Поверните лапку с прибором для фильтрования в сторону и продолжайте осушение продукта. Тем временем, поставьте магнитную мешалку на основание штатива и повторите описанные выше процедуры синтеза и выделения со вторым альдегидом. По окончании заполните второй столбец Таблицы 1.

1. Таблица 1. Результаты взвешивания.

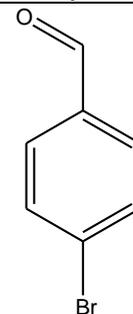
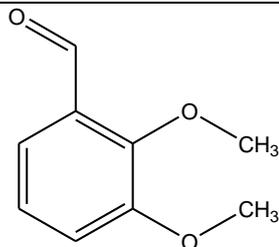
Бюкс 1	Бюкс 2
Масса пустого бюкса _____ мг	Масса пустого бюкса _____ мг
Масса бюкса с продуктом _____ мг	Масса бюкса с продуктом _____ мг
Масса продукта _____ мг	Масса продукта _____ мг

2. Изобразите структуры 2,4-динитрофенилгидразина и продуктов.

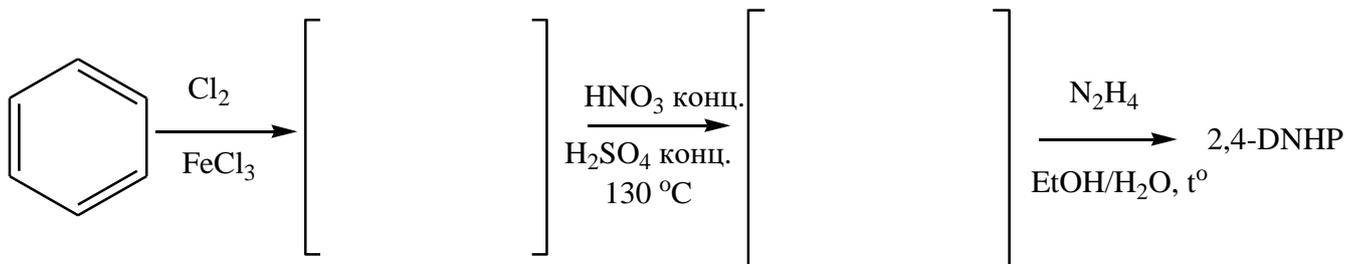
Окраска гидразонов в значительной степени определяется заместителями в бензольном кольце. Электроно-донорные заместители обуславливают положение длины волны максимума поглощения ближе к красной области спектра, а электроно-акцепторные заместители не оказывают существенного влияния.

3. Используя данную информацию, соотнесите номера **1** и **2** со структурами выданных альдегидов. Рассчитайте выход обоих гидрозонов.

<p>Номер: _____</p> <p>Расчет выхода:</p>	<p>Номер: _____</p> <p>Расчет выхода:</p>
<p>Выход № 1 _____ %</p> <p>Выход № 2 _____ %</p>	



Ниже приведена схема синтеза 2,4-динитрофенилгидразина.



Изобразите структуры интермедиатов.

4. Из вариантов, приведенных ниже, выберите механизм, соответствующий последней реакции (поставьте галочку напротив выбранного варианта)

- Ароматическое нуклеофильное замещение
- Нуклеофильное замещение SN_1
- Нуклеофильное замещение SN_2
- Свободнорадикальная реакция
- Электрофильное замещение в ароматическом кольце.

Замены и дополнительные реактивы	Подпись преподавателя	Штраф
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen [1.007; 1.009]																	18 He helium 4.003																														
3 Li lithium [6.938; 6.997]	4 Be beryllium 9.012											5 B boron [10.80; 10.83]	6 C carbon [12.00; 12.02]	7 N nitrogen [14.00; 14.01]	8 O oxygen [15.99; 16.00]	9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18																														
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.31											13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon [28.08; 28.09]	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur [32.05; 32.08]	17 Cl chlorine [35.44; 35.46]	18 Ar argon 39.95																														
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine 79.90	36 Kr krypton 83.80																														
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.96(2)	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4	49 In indium 114.8	50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9	54 Xe xenon 131.3																														
55 Cs caesium 132.9	56 Ba barium 137.3	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.5	73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.8	75 Re rhenium 186.2	76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 192.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.6	81 Tl thallium [204.3; 204.4]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 209.0	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon																														
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	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		114 Fl flerovium		116 Lv livermorium																																
<table border="1"> <tr> <td>57 La lanthanum 138.9</td> <td>58 Ce cerium 140.1</td> <td>59 Pr praseodymium 140.9</td> <td>60 Nd neodymium 144.2</td> <td>61 Pm promethium</td> <td>62 Sm samarium 150.4</td> <td>63 Eu europium 152.0</td> <td>64 Gd gadolinium 157.3</td> <td>65 Tb terbium 158.9</td> <td>66 Dy dysprosium 162.5</td> <td>67 Ho holmium 164.9</td> <td>68 Er erbium 167.3</td> <td>69 Tm thulium 168.9</td> <td>70 Yb ytterbium 173.1</td> <td>71 Lu lutetium 175.0</td> </tr> <tr> <td>89 Ac actinium</td> <td>90 Th thorium 232.0</td> <td>91 Pa protactinium 231.0</td> <td>92 U uranium 238.0</td> <td>93 Np neptunium</td> <td>94 Pu plutonium</td> <td>95 Am americium</td> <td>96 Cm curium</td> <td>97 Bk berkelium</td> <td>98 Cf californium</td> <td>99 Es einsteinium</td> <td>100 Fm fermium</td> <td>101 Md mendelevium</td> <td>102 No nobelium</td> <td>103 Lr lawrencium</td> </tr> </table>																		57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 152.0	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 175.0	89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	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
57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 152.0	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 175.0																																	
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	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																																	

Key:
atomic number
Symbol
name
standard atomic weight

Notes

- IUPAC 2009 Standard atomic weights abridged to four significant digits (Table 4 published in *Pure Appl. Chem.* 83, 359-396 (2011); doi:10.1351/PAC-REP-10-09-14). The uncertainty in the last digit of the standard atomic weight value is listed in parentheses following the value. In the absence of parentheses, the uncertainty is one in that last digit. An interval in square brackets provides the lower and upper bounds of the standard atomic weight for that element. No values are listed for elements which lack isotopes with a characteristic isotopic abundance in natural terrestrial samples. See PAC for more details.

- "Aluminum" and "caesium" are commonly used alternative spellings for "aluminium" and "caesium."

- Claims for the discovery of all the remaining elements in the last row of the Table, namely elements with atomic numbers 113, 115, 117 and 118, and for which no assignments have yet been made, are being considered by a IUPAC and IUPAP Joint Working Party.

For updates to this table, see iupac.org/reports/periodic_table/. This version is dated 1 June 2012.

Copyright © 2012 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY