

Nombre: _____
Cédula de Identidad: _____
Liceo: _____
Departamento: _____

XVIII OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA – NIVEL 1

Planilla de corrección

1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2a	2b	2c	2d	2e
2f	2g	2h	3a	3b	3c	3d	3e	3f	4a	4b	4c
4d	4e	4f	4g	5a	5b	5c	5d	5e	Total /100		

PREMIOS NOBEL DE QUÍMICA

El Premio Nobel de Química es el galardón más importante que un químico puede recibir por su trabajo de investigación. Desde 1901, ha sido entregado hasta el momento 106 veces a 168 científicos de todo el mundo. Frederick Sanger es el único químico que lo ha ganado dos veces, en 1958 y 1980, por sus trabajos sobre la estructura química de la insulina y el ADN. En esta prueba deberás resolver problemas relacionados con el trabajo de investigación de diferentes científicos galardonados con el Premio Nobel de Química.

PROBLEMA 1: MARIE CURIE

(20 PUNTOS)

María Salomea Skłodowska–Curie, conocida habitualmente como Marie Curie, nació en Varsovia, Polonia, en 1867 y falleció en Passy, Francia, en 1934. Fue una mujer científica que realizó numerosos avances en física, matemática y química. Fue pionera en el campo de la radiactividad y tuvo el honor de ser la primera persona en recibir dos Premios Nobel en distintas especialidades, Física y Química, así como la primera mujer en ser profesora en la Universidad de París. En una de sus líneas de investigación más famosas, Marie Curie y su esposo Pierre se dedicaron a estudiar la pechblenda, un mineral proveniente de las minas de plata y cobalto de Saint Joachimstal, en Bohemia. Este mineral tenía la curiosa propiedad de ser más radiactivo que el uranio que se extraía de él. La pechblenda, constituida mayormente por óxido de uranio(IV), puede ser de color verde o pardo con porciones amorfas de color amarillo.

a) Indica en cada caso la opción correcta.

La pechblenda es:

- Un elemento más radiactivo que el uranio
- Un compuesto mineral
- Una mezcla homogénea
- Una mezcla heterogénea

El uranio es:

- Un elemento metálico
- Un elemento no metálico
- Un elemento del bloque *d*
- Un elemento representativo

b) El uranio se encuentra en la pechblenda mayormente como uranio-238. También se encuentran en el mineral pequeñas proporciones de uranio-235. Indica cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:

- El uranio-238 y el uranio-235 son isóbaros
- El uranio-235 tiene 92 neutrones en su núcleo
- El uranio-235 tiene 235 protones en su núcleo
- El uranio-238 tiene 146 neutrones en su núcleo

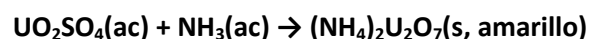
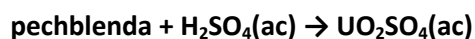
c) Además del óxido de uranio(IV), la pechblenda contiene trióxido de uranio, óxido de cerio(III) y óxido plumboso. Formula estos compuestos.

Nombre	Fórmula química
óxido de uranio(VI)	
trioxido de uranio	
óxido de cerio(III)	
óxido plumboso	

d) La pechblenda se encuentra en la naturaleza asociada a otros minerales, los que están constituidos por varios compuestos químicos. Para estos compuestos, completa la siguiente tabla.

Mineral	Nombre del compuesto	Fórmula química
Galena		PbS
Barita		BaSO ₄
Fluorita		CaF ₂
Carbonatos (venas hidrotermales)	Carbonato de plata(I)	
Monacita	Fosfato de cerio(III)	

Para separar el uranio, la pechblenda es tratada con ácidos que disuelven el óxido de uranio(IV) y otros óxidos presentes en el mineral, mientras que la sílice y otros componentes permanecen sin disolver. La suspensión obtenida se deja asentar un tiempo y luego la solución se separa. Se agrega a la solución ácido sulfúrico y luego amoníaco, que provocan la formación de sulfato de uranilo y luego diuranato de amonio, de acuerdo a las siguientes ecuaciones simplificadas:



El sólido amarillo obtenido es finalmente separado mediante pasaje a través de un material poroso y constituye la forma comercial del uranio.

e) Indica qué opción incluye los procedimientos utilizados en la técnica de separación del uranio:

- Decantación, precipitación y destilación
- Precipitación, filtración y tamización
- Decantación, precipitación y filtración
- Flotación, tamización y filtración

El uranio-238 contenido en la pechblenda se descompone mediante la siguiente serie de desintegraciones radiactivas: α , β , β , α y α . Al final de esta serie se obtiene radio-226, uno de los elementos descubiertos y aislados de la pechblenda por Marie y Pierre en 1898.

f) Escribe las ecuaciones de decaimiento radiactivo del uranio-238 a radio-226, indicando número másico y atómico de todas las especies involucradas

Tras manipular casi ocho toneladas de pechblenda durante años, Marie obtuvo 1,345 g de cloruro de radio-226 ($^{226}\text{RaCl}_2$). La actividad de una muestra radiactiva puede calcularse si se conoce el número de átomos radiactivos presentes como:

$$A = \left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \right) N$$

donde A es la actividad de la muestra en desintegraciones por unidad de tiempo, N es el número de átomos radiactivos presentes y $t_{1/2}$ el tiempo en el que la muestra disminuye su actividad a la mitad.

g) Calcula el $t_{1/2}$ del ^{226}Ra en años, sabiendo que la actividad A de la muestra de $^{226}\text{RaCl}_2$ obtenida por Marie Curie era $1,17 \times 10^{18}$ desintegraciones por año.

Datos: Masa molar $\text{RaCl}_2 = 297 \text{ g/mol}$

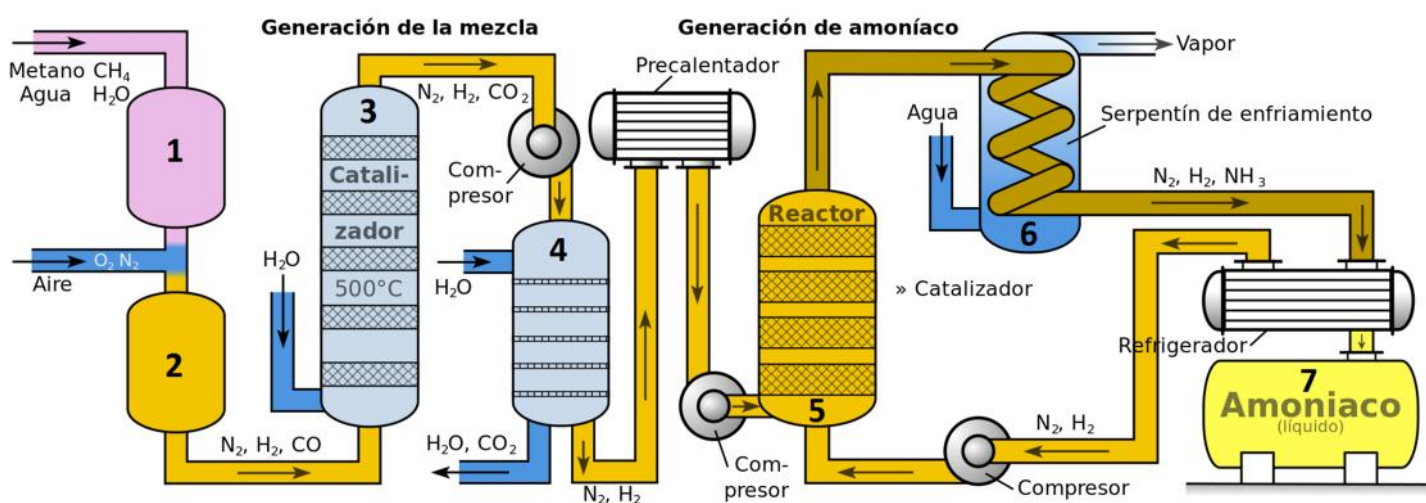
PROBLEMA 2: FRITZ HABER

(20 PUNTOS)

Fritz Haber (1868 – 1934) fue un químico alemán nacido en el seno de una familia judía de origen europeo. Luego de trabajar en el negocio químico de su padre decidió seguir una carrera académica. Durante su estancia en la Universidad de Karlsruhe, desde 1894 hasta 1911, Fritz Haber desarrolló junto a Carl Bosch el Proceso Haber–Bosch, en el que se logró la síntesis catalítica de amoníaco a partir del dinitrógeno atmosférico, en condiciones de alta temperatura y presión.

El proceso Haber–Bosch fue un hito en la industria química, ya que independizó la síntesis del amoníaco y de productos nitrogenados, tales como fertilizantes, explosivos y materias primas químicas, de los depósitos naturales, especialmente el nitrato de sodio, del cual Chile era uno de los principales productores. Por todo esto Fritz Haber recibió el Premio Nobel de Química en 1918.

El siguiente diagrama muestra los diferentes compartimentos (numerados del 1 al 7) para la producción industrial de amoníaco mediante el proceso Haber–Bosch, partiendo de aire, metano y vapor de agua.



Se colocan 27 kg de $\text{CH}_4(\text{g})$ y 32 kg de $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ en el compartimento 1, cerrado y rígido. Se calienta el sistema a $1100\text{ }^\circ\text{C}$, ocurriendo la reacción representada por la siguiente ecuación:



a) Este proceso provee de uno de los reactivos del proceso Haber–Bosch, el H_2 , el cual se obtiene con 65 % de rendimiento. Estima la masa en g de H_2 que se obtiene.

b) Desafortunadamente, una buena parte del metano permanece sin reaccionar en el proceso anterior, obteniéndose poco H_2 . Por eso se ha diseñado el compartimento 2, en donde se insufla aire conteniendo dióxígeno, el cual oxida el metano restante a monóxido de carbono y dihidrógeno. Iguala la ecuación que representa esta reacción. Indica los estados de agregación.

c) Para aumentar aún más la cantidad de H_2 a obtener, se inyecta la mezcla gaseosa en el compartimento 3, en donde el monóxido de carbono se oxida a anhídrido carbónico en presencia de agua. Iguala la ecuación que representa esta reacción. Indica los estados de agregación.

d) Antes de proceder a la formación del amoníaco, es necesario extraer el anhídrido carbónico generado. Para esto se lo hace reaccionar en el compartimento 4 con una solución de hidróxido de sodio, produciendo carbonato de sodio y agua. Iguala la ecuación que representa esta reacción. Indica los

estados de agregación.

Para el proceso anterior se utiliza una solución de hidróxido de sodio 1,264 g/L, cuyo pH es 12,5 y su densidad 1,00 g/mL.

e) Calcula la concentración molar de H^+ y OH^- en esta solución.

f) Calcula el porcentaje en peso (%) de la solución de NaOH.

Luego del compartimento 4 se tiene una mezcla gaseosa que posee H₂ y N₂ gaseosos. Esta mezcla se precalienta y se inyecta en el compartimento 5, en donde ocurre el siguiente proceso:



g) Marca cuál de las siguientes opciones es correcta en cada caso.

El calor intercambiado a presión constante en el proceso de formación de 1 mol de NH₃(g) a partir de H₂(g) y N₂(g) es:

- 184,8 kJ/mol
- 92,4 kJ/mol
- 0 kJ/mol
- 46,2 kJ/mol

El ΔH^0 del proceso de descomposición de 2 moles de NH₃(g) a H₂(g) y N₂(g) es:

- +184,8 kJ/mol
- +92,4 kJ/mol
- 92,4 kJ/mol
- +46,2 kJ/mol

Durante mucho tiempo, Fritz Haber trabajó para optimizar el rendimiento de amoníaco. Luego de finalizados sus ensayos, el proceso fue adquirido por la empresa alemana BASF, en donde Carl Bosch dirigió los experimentos necesarios para el escalado industrial del mismo. Por este trabajo recibió el Premio Nobel de Química en 1931.

h) En un experimento se colocó H₂ y N₂ en el compartimento 5 a 741 °C. Cuando finalizó la reacción (2), la mezcla gaseosa estaba compuesta por 3930 mol de H₂, 941 mol de N₂ y 332 mol de NH₃. Indica la opción correcta en cada caso.

El número total de moléculas de H₂, N₂ y NH₃ presentes en el sistema era:

- 13395
- 5203
- 3,1 x 10²⁷
- 8,1 x 10²⁷

El número total de átomos de N presentes en el sistema era:

- 1,3 x 10²⁷
- 1273
- 2214
- 7,7 x 10²⁶

El número total de átomos de H presentes en el sistema era:

- 4262
- 8856
- 2,6 x 10²⁷
- 5,3 x 10²⁷

PROBLEMA 3: SVANTE ARRHENIUS**(20 PUNTOS)**

Svante August Arrhenius recibió el premio Nobel en 1903 "en reconocimiento a los extraordinarios servicios que ha prestado al avance de la química por su teoría de la disociación electrolítica". Su tesis doctoral, que presentó en 1883, trataba sobre experimentos relacionados con la conductividad eléctrica de soluciones diluidas. Además contenía una versión preliminar de su teoría, que establecía que las moléculas de ácidos, bases y sales se disocian en iones al disolverse en agua, a diferencia de lo que había sido planteado por Michael Faraday y otros científicos, que creían que los iones solamente eran producidos cuando las soluciones eran sometidas a una corriente eléctrica.

Mediante sus experimentos de electroquímica, Faraday obtenía información de la estequiometría de distintos compuestos. Encontró, por ejemplo, que la misma cantidad de electricidad que descomponía 337 mg de cloruro de estaño(II) en estaño sólido y cloro gaseoso (Cl_2), podía descomponer 32 mg de agua en hidrógeno y oxígeno gaseosos.

a) Escribe la ecuación balanceada que representa la descomposición electrolítica del agua.

b) Escribe la ecuación balanceada que representa la descomposición electrolítica del cloruro de estaño(II).

c) Además del estaño(II), el estaño es estable en otros estados de oxidación, como elemento (Sn) y formando parte de otros compuestos. Completa la siguiente tabla para distintos compuestos estables del estaño.

Fórmula	Nombre
SnO_2	
SnCl_4	
	Perclorato de estaño(II)
	Nitrato de estaño(IV)
$\text{Sn}(\text{BrO})_2$	
	Fosfato de estaño(II)

d) Completa la siguiente tabla indicando los iones en los que se disocian cada uno de los siguientes electrolitos. La primera fila ya está resuelta como ejemplo.

Compuesto	Catión	Anión
<i>NaCl</i>	<i>Na⁺</i>	<i>Cl⁻</i>
NiSO ₄		
KOH		
NH ₄ Cl		
H ₂ CO ₃		

e) Uno de los estudios más importantes realizados por Arrhenius fue su teoría ácido-base. Clasifica las sustancias de la lista entre ácidas, básicas o "ninguna" en caso de que no corresponda.

<p>Ácidas:</p> <p>Básicas:</p> <p>Ninguna:</p>	<p><i>Sulfato de potasio</i> <i>HClO</i> <i>hidróxido de sodio</i> <i>ion amonio</i> <i>nitrato de sodio</i> <i>NH₃</i></p>
--	---

Arrhenius también estudió el *grado de disociación* de una especie en disolución acuosa, α , que se define como el cociente entre la concentración molar de sustancia que se ha disociado ([disociada]) y la concentración molar total de soluto en la disolución ([total]):

$$\alpha = \frac{[d]}{[t]}$$

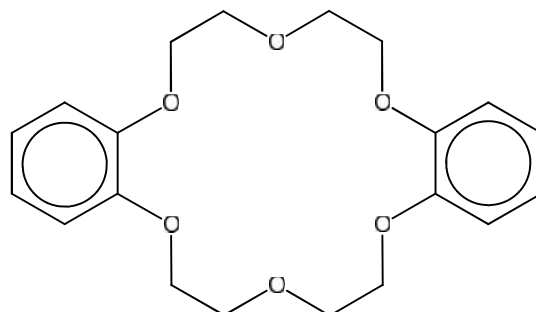
Para una disolución 0,1 mol/L de ácido acético (CH₃COOH) el valor de α determinado por Arrhenius es 0,013.

f) Calcula el pH de la disolución 0,1 mol/L de ácido acético a partir del valor de α . Recuerda que el ácido acético se disocia parcialmente en H⁺ y anión acetato (CH₃COO⁻).

PROBLEMA 4: CHARLES PEDERSEN, DONALD CRAM Y JEAN-MARIE LEHN (20 PUNTOS)

El premio Nobel de Química de 1987 fue otorgado en forma compartida a Charles Pedersen (Du Pont, USA), Donald Cram (UCLA, USA) y Jean-Marie Lehn (Universidad Louis Pasteur, Francia), por “el desarrollo y uso de moléculas con interacciones de alta selectividad mediante interacciones dependientes de la estructura”. En pocas palabras, diseñaron moléculas orgánicas específicas que podían unirse selectivamente a ciertos iones metálicos y no a otros. El conjunto de sus trabajos dio lugar a una nueva rama de la química denominada Química Supramolecular.

Una de las moléculas preparadas es la que se muestra en la figura. Forma parte de una familia de compuestos que se denominan *corandos*.



a) Para este corando, indica cuál es la opción correcta en cada caso:

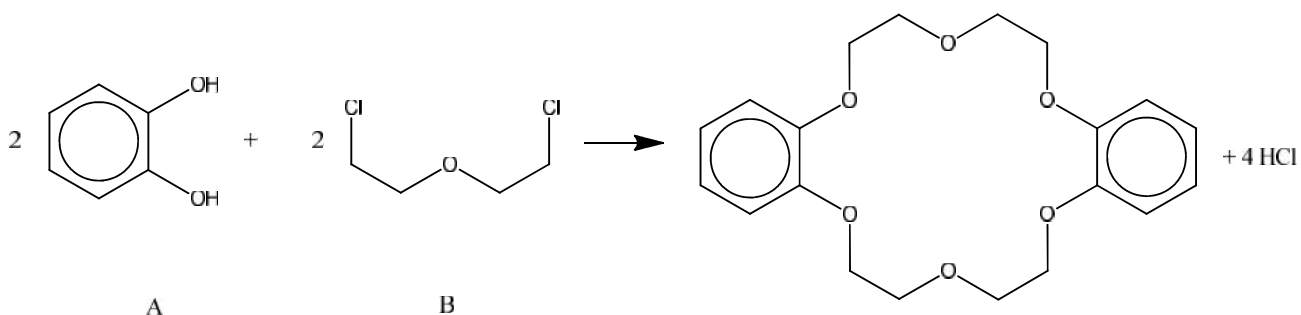
Los grupos funcionales que se observan son:

- Grupos alcohol
- Grupos cetona
- Grupos éter
- Grupos ácido carboxílico
- Grupos aldehído

¿Cuántos pares de electrones sin compartir presenta cada átomo de oxígeno?

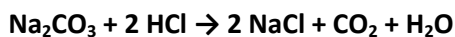
- Ninguno
- 2
- 4
- 6
- 8

Este corando se obtiene mediante una reacción de condensación en butanol como:



b) En un procedimiento rutinario, se parte de 80 mL de una solución 0,75 M de A en butanol y se hacen reaccionar con 14,3 g de B. La reacción procede con un 40 % de rendimiento. Determina la masa del corando que se obtiene, sabiendo que su masa molar es 360,40 g/mol.

Luego de realizada la reacción anterior y separado el producto (corando sólido) los residuos son neutralizados con Na_2CO_3 antes de su eliminación, ya que durante la reacción se producen 1,752 g de HCl:



c) Determina la mínima masa de Na_2CO_3 (masa molar 106 g/mol) que es necesaria para neutralizar todo el ácido producido.

d) El corando se une fuertemente a iones como Na^+ , K^+ y Cs^+ . Indica la opción correcta en cada caso:

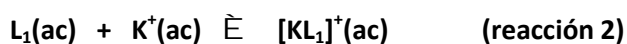
Estos tres iones se derivan de elementos que pertenecen al grupo de:

- los halógenos
- los metales alcalinos
- los metales alcalinotérreos
- los gases nobles
- los metales de transición

Estos tres iones se combinan con oxígeno para dar los siguientes óxidos:

- CsO , KO , NaO
- CsO_2 , KO_2 , NaO_2
- Cs_2O , K_2O , Na_2O
- Cs_2O_3 , K_2O_3 , Na_2O_3
- CsO_4 , KO_4 , NaO_4

La unión del corando (que ahora anotaremos L_1) a los iones Na^+ y K^+ puede representarse por las ecuaciones:



e) En un experimento se colocan iguales concentraciones de L_1 , Na^+ y K^+ , y se dan ambas reacciones a la vez. Sabiendo que la reacción 2 posee mayor rendimiento que la 1, ¿qué relación de concentraciones esperas cuando se hayan completado ambos procesos?

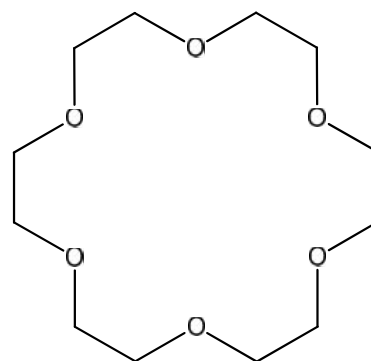
- $[Na^+] = [K^+]$
- $[Na^+] < [K^+]$
- $[Na^+] > [K^+]$
- $[L_1] > [Na^+]$
- $[L_1] > [K^+]$

El corando L_1 es un compuesto de color blanco poco soluble en agua. Cuando se suspende en agua y se agrega una solución acuosa de $NaCl$ o KCl , se observa su disolución.

- Los iones Na^+ y K^+ disminuyen la polaridad del agua
- Los productos de las reacciones 1 y 2 son compuestos cargados
- Las reacciones 1 y 2 son endotérmicas
- Los iones Na^+ y K^+ neutralizan la carga de L_1
- L_1 se hidroliza en presencia de los iones Na^+ y K^+

f) Indica cuál de las siguientes opciones explica este fenómeno.

g) La figura muestra otro corando. Determina su porcentaje en peso de carbono, hidrógeno y oxígeno.

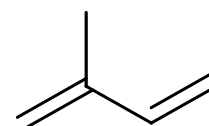


PROBLEMA 5: OTTO WALLACH Y HERMANN EMIL FISCHER**(20 PUNTOS)**

Otto Wallach (1847–1931) estudió química en las universidades de Berlín y Gotinga, en Alemania. Ganó el Premio Nobel de Química en el año 1903 por su gran aporte en las áreas de Química Orgánica y Productos Naturales. Wallach fue uno de los primeros científicos dedicados a la investigación química de los terpenoides, los que han sido y son de gran relevancia en el desarrollo de la química orgánica e industrial, y especialmente de los perfumes y de los aceites esenciales.

Los terpenoides son a menudo llamados isoprenoides, dado que el isopreno es su precursor biológico. Presentan una gran variedad estructural, y se clasifican por el número de unidades isopreno que contienen en mono, sesqui, di, tri, tetraterpenos, etc. Los productos que provienen del metabolismo del isopreno abarcan a los terpenos, los carotenos, las vitaminas, los esteroides, entre otros.

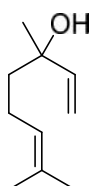
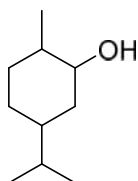
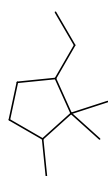
a) A continuación se muestra la estructura del isopreno. Nombra dicho compuesto de acuerdo a las reglas IUPAC.



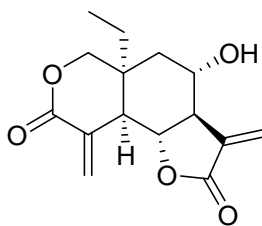
b) Dibuja la estructura de los isómeros de posición del isopreno.



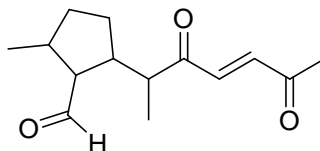
c) Dados los compuestos terpenoides que se muestran a continuación, escribe su nombre IUPAC.



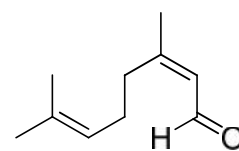
d) Dados los siguientes sesquiterpenos, indica sobre sus estructuras cuáles de los grupos funcionales de la lista adjunta se encuentran presentes.



- i- Alcohol
- ii- Alqueno
- iii- Aldehído
- iv- Cetona
- v- Éster
- vi- Amina
- vii- Aromático



e) Dibuja los isómeros de función del citral.



Citral

Constante de los gases ideales: $R = 0,082 \text{ L atm}/(\text{mol K}) = 8,31 \text{ J}/(\text{mol K}) = 2 \times 10^{-3} \text{ kcal}/(\text{mol K})$

Constante de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Velocidad de la luz: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Constante de Avogadro: $N = 6,023 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$

Carga del electrón: $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Constante de Faraday $F = 96500 \text{ C/mol}$

$1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m} = 1 \times 10^{-8} \text{ cm}$

$1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$

$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc -	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -							

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -