

Nombre: _____

Calificación Final: _____ /24 - _____ %



OLIMPIADA HONDUREÑA DE QUÍMICA I EXÁMEN SELECTIVO PARA OLIMPIADAS INTERNACIONALES

Examen elaborado por:

Adrian Gallardo Loya

Adal Roney Martínez Carbajal

Instrucciones:

Debes escribir tu nombre dentro del espacio indicado en la primera página del examen.

Dispones de 3.5 horas para trabajar en los problemas. No leas las preguntas hasta que se indique el comienzo del examen.

Al comenzar el tiempo del examen deberás revisar que cuente con **todas las páginas** y sigue la secuencia de los numerales de las preguntas (son 10 hojas en total), en caso de que el examen esté incompleto notifica a un profesor.

Todos los resultados deben ser escritos en los recuadros apropiados. Cualquier procedimiento o respuesta fuera de dichos recuadros **no** será evaluada. Te recomendamos hacer los procedimientos en una hoja separada y después pasarlos a la hoja del examen de manera organizada. Puedes hacer tus procedimientos **con lápiz** pero tus respuestas deben estar escritas **con pluma**, además de estar **indicadas** de alguna manera (circuladas, subrayadas, etc.).

Escribe los cálculos y procedimientos matemáticos relevantes en los cuadros indicados. Si das un resultado correcto para un cálculo complicado sin mostrar un procedimiento puede que no se puntúe.

Los resultados numéricos carecen de significado si no tienen **unidades**. Serás penalizado si no indicas las unidades de tus respuestas.

Puedes utilizar una calculadora científica no programable sin función de graficar. Si eres sorprendido utilizando calculadoras con estas funciones se te decomisará.

Sugerimos fuertemente que intentes resolver las preguntas seriamente ya que si no obtienes un resultado en un procedimiento **no podrás continuar** algunos ejercicios de forma adecuada. Utilizar un **resultado erróneo** para el procedimiento de otra pregunta **sí afectará** la puntuación de tu respuesta.

En la tabla periódica incluida hay ciertas masas atómicas que están reportadas como rangos, por ejemplo el hidrógeno: [1.0078, 1.0082]. Al hacer un cálculo que utilice alguna de estas masas, utiliza el **primer valor** del rango, en este caso 1.0078.

Debes dejar de trabajar inmediatamente cuando se dé la señal de finalización. Cualquier demora en hacerlo puede conducir a tu descalificación.

¡Mucha Suerte!

1	H hidrógeno 1,008 [1,0078, 1,0082]	2
3	Li litio 6,94 [6,938, 6,997]	4

Clave:
número atómico
peso atómico convencional
Símbolo
nombre
peso atómico estándar

11	Na sodio 24,980	12	Mg magnesio 24,307	13	B boro 10,81 [10,806, 10,821]	14	C carbono 12,011 [12,009, 12,021]	15	N nitrógeno 14,007 [14,006, 14,008]	16	O oxígeno 15,999 [15,998, 16,000]	17	F flúor 18,998 [18,996, 19,000]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
19	K potasio 39,098	20	Ca calcio 40,078(4)	21	Sc escandio 44,956	22	Ti titanio 47,867	23	V vanadio 50,942	24	Cr cromo 51,996	25	Mn manganese 54,938	26	Fe hierro 55,845(2)	27	Co cobalto 58,933	28	Ni níquel 58,693	29	Cu cobre 63,546(3)	30	Zn zinc 65,39(2)	31	Ga galio 68,923	32	Ge germanio 72,630(8)	33	As arsénico 74,922	34	Se seledonio 78,37(8)	35	Br bromo 78,904	36	Kr kriptón 83,798(2)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
37	Rb rubidio 85,468	38	Sr estróncio 87,62	39	Y itrio 88,906	40	Zr circonio 91,224(2)	41	Nb niobio 92,996	42	Mo molibdeno 95,95	43	Tc tecnecio 101,07(2)	44	Ru rutenio 102,91	45	Rh rodio 106,42	46	Pd paladio 107,37	47	Ag plata 112,41	48	Cd cadmio 114,82	49	In indio 118,71	50	Sn estano 121,76	51	Sb antimónio 127,60 (3)	52	Te telúrio 128,90	53	I yodo 131,29	54	Xe xenón 137,33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806</

INTRODUCCIÓN: En Ciudad Juárez, Chihuahua, México, un chatarrero desmontó una máquina de radioterapias, la cual contenía Cobalto-60, un isótopo radioactivo. El chatarrero procedió a vender las piezas de la máquina a un centro de reciclaje de metales llamado “Yonke Fénix”. Al ser confundido con pedazos de acero viejos, el Cobalto-60 se utilizó en la producción de varilla para la construcción de edificios y casas en México y Estados Unidos.

Cuando el chatarrero falleció debido a exposiciones de altas dosis de radiación la policía municipal de Ciudad Juárez se puso a investigar la causa de su accidente, cuando descubrieron todo lo que había pasado. En cuanto se concluyó la investigación, se retiraron de la venta varias toneladas de varilla, y se demolieron cientos de edificios y hogares.



A pesar de la severa y triste desgracia, las máquinas de radioterapia son una herramienta muy útil en la oncología moderna, y permiten extender la expectativa de vida de los pacientes de varios tipos de cánceres. Un tipo de cáncer muy poco común es el cáncer de corazón, una hipótesis del por qué es que las células cardiacas se reproducen muy lentamente a comparación de las células de otros tipos de tejidos del cuerpo humano. La radiación es un arma de doble filo cuando se habla de oncología y cáncer; el fundamento del funcionamiento de la radioterapia es que al dañar el ADN de las células cancerosas utilizando radiación ionizante estas se dejan de reproducir. Sin embargo la radiación ionizante también puede dañar el ADN de células sanas, y si se llegan a dañar los genes encargados de la reproducción celular (llamados oncogenes) las células sanas se podrían dejar de reproducir también, o peor aún, se podrían volver cancerosas. La investigación médica ha logrado encontrar las condiciones adecuadas para utilizar este tipo de aparatos de manera que la cantidad de riesgos secundarios sea mínima.

PREÁMBULO: Con fines didácticos, se planteó una interesante y emocionante investigación química sobre unos hechos basados en la realidad, pero con varias modificaciones ficticias las cuales se relatarán en forma de capítulos, donde resolverás problemas para develar la verdad.

Digamos que tú eres uno de los mejores forenses de la policía del estado de Chihuahua, donde se encuentra la Ciudad Juárez. Tu trabajo es hacer pruebas e investigar los trozos de Cobalto-60 encontrados en el centro de reciclaje de metales (Muestra A), otros trozos de otro radioisótopo encontrados en máquinas de radioterapia de otro modelo que también se desecharon (Muestra B) muestras de varilla contaminada (Muestra C), y las condiciones de muerte del chatarrero para vincular la contaminación para averiguar la verdadera historia.

Necesitarás aprovechar todo tu conocimiento sobre química medicinal, química celular, química forense, química nuclear, química analítica, y química inorgánica para resolver el misterio.

CAPÍTULO 1: BRILLO LETAL: Lo primero que haces es realizarle espectrometría por emisión de rayos gamma una de las muestras. La espectrometría gamma se fundamenta en utilizar la descomposición de isótopos inestables, en la cual se emiten partículas, como lo son las conocidas alfa, beta, y gamma. Las partículas gamma que libera la descomposición de cada radioisótopo diferente resultan tener diferentes energías, por lo cual conocer el espectro de emisión de las partículas gamma de una muestra permite caracterizar su composición. Tras obtener los espectros de emisión gamma recuerdas que tu profesor de física de la secundaria te enseño la ecuación de Einstein, la cual utilizarás finalmente. La ecuación de Einstein se utiliza en cambios físicos donde se convierte materia en energía (como las reacciones nucleares), E es la energía emitida en forma de fotones (en este caso rayos gamma), m es la masa convertida, y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\text{Fórmula: } E = mc^2$$

$$\text{Constante: } c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{Unidades: } J = \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} \quad \text{keV} = 1.602 \times 10^{-16} J$$



Problema 1.1. Considerando que el Cobalto-60 decae por emisión de partículas beta para formar un isótopo estable, escribe la ecuación nuclear para la descomposición.

 /2 Puntos

De acuerdo al compendio digital del Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA) las masas isotópicas del Cobalto-60, el isótopo formado, y la masa del electrón son las siguientes: $M_{\text{Co-60}}: 59.933816 \text{ g/mol}$, $M_{\text{Isótopo}}: 59.930785 \text{ g/mol}$, $M_e: 0.000549 \text{ g/mol}$.

Problema 1.2. Calcula la diferencia de masa en kg antes y después de la reacción nuclear de un átomo de Cobalto-60. Utiliza notación científica.

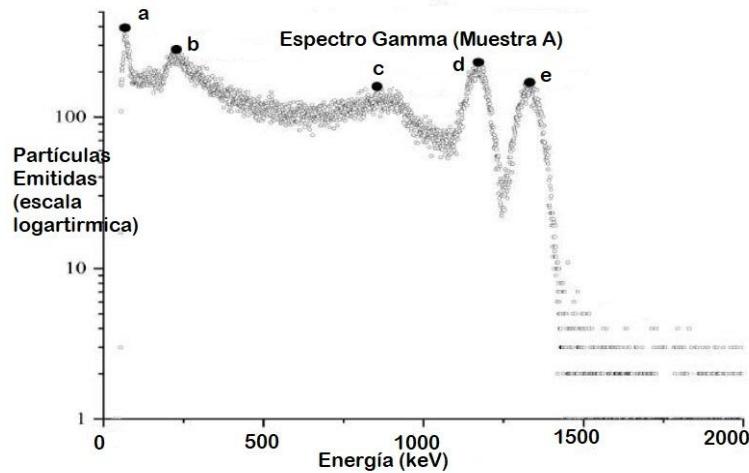
/2 Puntos

Problema 1.3. Calcula la cantidad de energía en keV que pueden tener fotones gamma emitidos al decaer los átomos de Cobalto-60. Considera que durante el decaimiento hay partículas beta expulsadas con una energía cinética de 1140keV y 1010keV, por lo cual el resto de la energía producida por la reacción nuclear la tienen los fotones. Pista: Debes obtener dos energías diferentes.

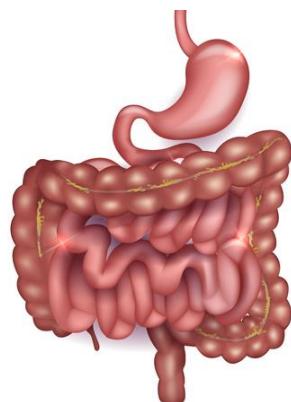
/2 Puntos

Problema 1.4. Envias la muestra A a un laboratorio en Ciudad de México, y ellos te regresan el espectro de la muestra. Indica en el espectro de la muestra A (mostrado en el recuadro) cuáles picos corresponden a las emisiones del problema 1.3.

/2 Puntos



CAPÍTULO 2: TRÁGICA INGESTA: Tras analizar la muestra de la máquina original y verificar que contiene Cobalto-60, junto con otros radioisótopos entrevistas a los médicos que condujeron la autopsia del chatarrero. Durante la entrevista ellos te mencionan que la causa de muerte fue de envenenamiento crónico por metales pesados, pero que también se encontraron quemaduras por radioactividad en el tracto gastrointestinal. Como un experto en ciencias forenses, sabes que esto es inusual, ya que la única manera que haya pasado esto es si el chatarrero hubiera ingerido de alguna forma el Cobalto contenido de la máquina. Lo que el envenenamiento haya sido crónico también implica que este no haya muerto por complicaciones debido a la exposición a la radiación. Para continuar tu investigación solicitas una muestra de jugo gástrico del chatarrero para analizar.



Problema 2.1. En tu laboratorio decides agregar Amoniaco para formar el complejo de Cobalto II, recordando que en el estómago hay una concentración aproximada del 0.5%p/v de Ácido Clorhídrico, se necesitaría neutralizar este ácido antes de formar el complejo. Calcula el volumen en mL de Hidróxido de Amonio 28%p/p se requiere para neutralizar el ácido en 20mL de ácido estomacal. La densidad de la disolución de Hidróxido de Amonio es de 0.880g/mL

/2 Puntos

Problema 2.2. Habiendo neutralizado el ácido del estómago se forma el complejo octaédrico de Amoniaco y Cobalto II. Expresa la fórmula química del complejo y haz una predicción acerca de sus propiedades magnéticas utilizando la teoría de campo cristalino.

/2 Puntos

El complejo de Amoniaco y Cobalto II se puede oxidar para formar otro complejo octaédrico de Amoniaco, pero con Cobalto III. El potencial estándar para la semireacción de reducción es de 0.100V. En tu laboratorio cuentas con los siguientes agentes que pueden actuar como oxidantes: Ácido Fosfórico, Clorato de Sodio, Azufre, Permanganato de Potasio, Yoduro Mercurioso, y Tetratcionato de Sodio.

Semireacción de Reducción	E°
$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_3PO_3 + H_2O$	- 0.28V
$ClO_4^- + H_2O + 2e^- \rightarrow ClO_3^- + 2OH^-$	+ 0.17V
$S + 2e^- \rightarrow S^{2-}$	- 0.41V
$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$	+ 0.60V
$Hg_2I_2 + 2e^- \rightarrow 2Hg + 2I^-$	- 0.04V
$S_4O_6^{2-} + 2e^- \rightarrow 2S_2O_3^{2-}$	+ 0.08V

Problema 2.3. Indica cuál es el mejor reactivo para oxidar el complejo de Amoniaco y Cobalto II.

/2 Puntos

Para seguir en análisis el complejo de Amoniaco y Cobalto debe ser precipitado con un contraión, en el laboratorio se cuenta con varias sales sódicas que pueden proporcionar un anión para precipitarlo: Sulfuro de Sodio, Cloruro de Sodio, Bromuro de Sodio, Sulfato de Sodio, Fluoruro de Sodio, Hidróxido de Sodio.

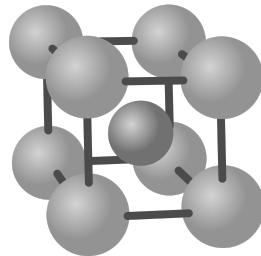
Problema 2.4. Basandote en la teoría ácido-básica dura-blanda de Pearson, indica cual es la mejor sal para precipitar el ión complejo de Amoniaco y Cobalto III. Asume que el ión complejo es relativamente pequeño y tiene una carga positiva grande.

/2 Puntos

CAPÍTULO 3: SIGUIENDO TRAZAS: La búsqueda por la verdad sobre la muerte del chatarrero permaneció suspendida, ya que el gobierno federal te solicitó analizar las muestras de varilla para determinar cuales fueron contaminadas y así retirarlas de circulación. Para lograrlo lo primero que haces es indagar en tu confiable libro de química del estado sólido y materiales y averiguar que el acero contiene 0.22% de Carbono, 0.05% de Fósforo, 0.05% de Azufre, y 99.68% de Hierro. La estructura del acero es cúbica centrada en el cuerpo como se muestra a la derecha, y su celda unitaria tiene una arista (a) con 686.64pm de longitud.

Fórmula: $\rho = \frac{m_{celda}}{V_{celda}}$ **Unidades:** $V_{celda} = a^3$

$$1\text{pm} = 10^{-10}\text{cm}$$

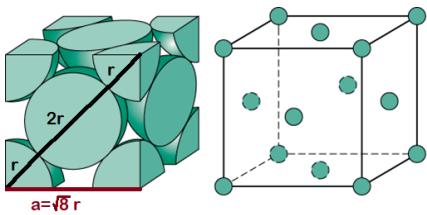


Problema 3.1. Calcula la densidad (ρ) del acero de varilla. Recuerda considerar la cantidad de átomos por celda. Asume que los átomos de los elementos que forman este acero son del mismo tamaño.

/4 Puntos

Problema 3.2. Calcula la densidad del Cobalto-60, el cual tiene estructura cúbica centrada en caras, como se muestra en la imagen del recuadro. El radio atómico (r) del Cobalto-60 es de 125.00pm, la masa molar del Cobalto-60 es de 59.933816g/mol. Recuerda considerar la cantidad de átomos en cada celda.

/2 Puntos



Como elementos puros y a temperatura ambiente, únicamente el hierro, el cobalto, y el níquel presentan carácter ferromagnético. También muestran comportamiento ferromagnético algunos elementos de las tierras raras, pero solo por debajo de la temperatura ambiente, por lo que tienen escasa aplicación.

Problema 3.3. Aplicando la Regla de Hund explica a qué se debe esta propiedad única de estos tres metales (que pudo haber también confundido al chatarrero en no diferenciar el cobalto del hierro, o acero debido a la magnetización del metal).

/2 Puntos

FIN DEL EXÁMEN (PERO NO DEL MISTERIO)

REFERENCIAS:

- Carriedo Ule, G. A. In *Química Inorgánica*; Síntesis: Madrid, 2015; Vol. 2, pp 161–173.
- Resnick, R.; Halliday, D.; Krane, K. S. In *Física*; Compañía Editorial Patria: Azcapotzalco, 2003; Vol. 2, pp 1129–1152.
- Skoog, D. A.; Holler, F. J.; Crouch, S. R.; González Cervantes Sergio. In *Principios de Análisis Instrumental*; Cengage Learning: México, 2018; pp 814–831.
- Skoog, D. A.; West, D. M.; Holler, F. J.; Crouch, S. R. In *Fundamentos de Química Analítica*; Cengage Learning: México, 2015; pp 460–461.
- West, A. R. In *Solid State Chemistry and its Applications*; John Wiley & Sons: United Kingdom, 2014; p 25.