

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 1.0078uma.

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

¡Mucha Suerte!

1																		18							
1		H		hidrógeno		1.0078, 1.00623		13										2		He		helio		4.0026	
2		2																							
3		Li		litio		6.94		13										5		B		boro		10.81	
4		Be		berilio		9.0122		14										6		C		carbono		12.011	
11		Na		sodio		22.990		15										7		N		nitrógeno		14.007	
12		Mg		magnesio		24.304, 24.307		16										8		O		oxígeno		15.999	
3		Sc		escandio		40.078(4)		17										9		F		flúor		18.998	
19		K		potasio		39.098		18										10		Ne		neón		20.180	
20		Ca		calcio		40.078(4)		19										11		Al		aluminio		26.982	
21		Sc		escandio		44.956		20										12		Zn		zinc		65.38(2)	
22		Ti		titanio		47.867		21										13		Ga		galio		69.723	
23		V		vanadio		50.942		22										14		Si		silicio		28.086	
24		Cr		cromo		51.996		23										15		P		fósforo		30.974	
25		Mn		manganeso		54.938		24										16		S		azufre		32.069	
26		Fe		hierro		55.845(2)		25										17		Cl		cloro		35.45	
27		Co		cobalto		58.933		26										18		Ar		argón		39.948	
28		Ni		níquel		58.693		27										19		K		potasio		39.098	
29		Cu		cobre		63.546(3)		28										20		Ca		calcio		40.078(4)	
30		Zn		zinc		65.38(2)		29										21		Sc		escandio		44.956	
31		Ga		galio		69.723		30										22		Ti		titanio		47.867	
32		Ge		germanio		72.630(8)		31										23		V		vanadio		50.942	
33		As		arsénico		74.921		32										24		Cr		cromo		51.996	
34		Se		selenio		78.971(8)		33										25		Mn		manganeso		54.938	
35		Br		bromo		79.904, 79.907		34										26		Fe		hierro		55.845(2)	
36		Kr		kriptón		83.798(2)		35										27		Co		cobalto		58.933	
37		Rb		rubidio		85.468		36										28		Ni		níquel		58.693	
38		Sr		estroncio		87.62		37										29		Cu		cobre		63.546(3)	
39		Y		itrio		88.906		38										30		Zn		zinc		65.38(2)	
40		Zr		circonio		91.224(2)		39										31		Ga		galio		69.723	
41		Nb		niobio		92.906		40										32		Ge		germanio		72.630(8)	
42		Mo		molibdeno		95.95		41										33		As		arsénico		74.921	
43		Tc		tecnecio				42										34		Se		selenio		78.971(8)	
44		Ru		rutenio		101.07(2)		43										35		Br		bromo		79.904, 79.907	
45		Rh		rodio		102.91		44										36		Kr		kriptón		83.798(2)	
46		Pd		paladio		106.42		45										37		Rb		rubidio		85.468	
47		Ag		plata		107.87		46										38		Sr		estroncio		87.62	
48		Cd		cadmio		112.41		47										39		Y		itrio		88.906	
49		In		indio		114.82		48										40		Zr		circonio		91.224(2)	
50		Sn		estaño		118.71		49										41		Nb		niobio		92.906	
51		Sb		antimonio		121.76		50										42		Mo		molibdeno		95.95	
52		Te		telurio		127.60 (3)		51										43		Tc		tecnecio			
53		I		yodo		126.90		52										44		Ru		rutenio		101.07(2)	
54		Xe		xenón		131.29		53										45		Rh		rodio		102.91	
55		Cs		cesio		132.91		54										46		Pd		paladio		106.42	
56		Ba		bario		137.33		55										47		Ag		plata		107.87	
57-71		lantánoides						56										48		Cd		cadmio		112.41	
72		Hf		hafnio		178.49(2)		57										49		In		indio		114.82	
73		Ta		tantalio		180.95		58										50		Sn		estaño		118.71	
74		W		wolframio		183.84		59										51		Sb		antimonio		121.76	
75		Re		renio		186.21		60										52		Te		telurio		127.60 (3)	
76		Os		osmio		190.23(3)		61										53		I		yodo		126.90	
77		Ir		iridio		192.22		62										54		Xe		xenón		131.29	
78		Pt		platino		195.08		63										55		Cs		cesio		132.91	
79		Au		oro		196.97		64										56		Ba		bario		137.33	
80		Hg		mercurio		200.59		65										57-71		lantánoides					
81		Tl		talio		204.38		66										58		Ce		cerio		140.12	
82		Pb		plomo		207.2		67										59		La		lantano		138.905	
83		Bi		bismuto		208.98		68										60		Zn		zinc		65.38(2)	
84		Po		polonio				69										61		Ga		galio		69.723	
85		At		astato				70										62		Ge		germanio		72.630(8)	
86		Rn		radón				71										63		As		arsénico		74.921	
87		Fr		francio				72										64		Se		selenio		78.971(8)	
88		Ra		radio				73										65		Br		bromo		79.904, 79.907	
89-103		actínoides						74										66		Kr		kriptón		83.798(2)	
104		Rf		rutherfordio				75										67		Rb		rubidio		85.468	
105		Db		dubnio				76										68		Sr		estroncio		87.62	
106		Sg		seaborgio				77										69		Y		itrio		88.906	
107		Bh		bohio				78										70		Zr		circonio		91.224(2)	
108		Hs		hasio				79										71		Nb		niobio		92.906	
109		Mt		meitnerio				80										72		Mo		molibdeno		95.95	
110		Ds		darmstadtio				81										73		Tc		tecnecio			
111		Rg		roentgenio				82										74		Ru		rutenio		101.07(2)	
112		Cn		copernicio				83										75		Rh		rodio		102.91	
113		Nh		nihonio		[204.35, 204.39]		84										76		Pd		paladio		106.42	
114		Fl		flerovio		207.2		85										77		Ag		plata		107.87	
115		Mc		moscovio		208.98		86										78		Au		oro		196.97	
116		Lv		livermorio				87										79		Hg		mercurio		200.59	
117		Ts		teneso				88										80		Tl		talio		204.38	
118		Og		oganésio				89-103										81		Pb		plomo		207.2	

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 cardíacas 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 desechó (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 enseñó 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.

Fórmula: $E = mc^2$ **Constante:** $c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$

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

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: $M_{\text{Co-60}}$: 59.933816g/mol, $M_{\text{Isótopo}}$: 59.930785g/mol, M_e : 0.000549g/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.

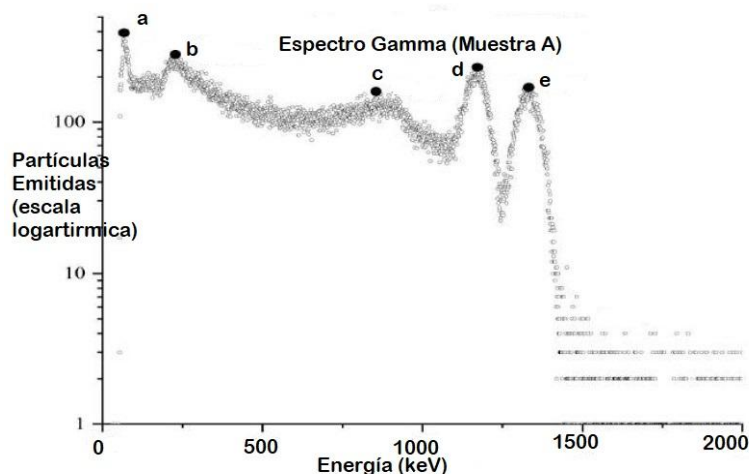
/2 Puntos

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.

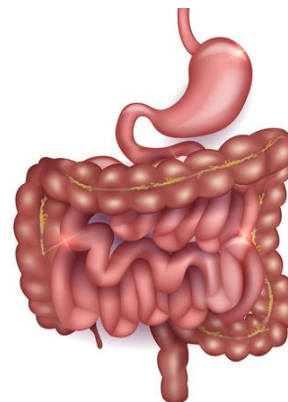
/2 Puntos

Problema 1.4. Envasas 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 Amoníaco 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

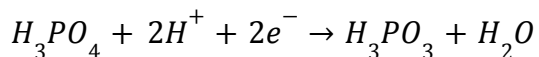
Problema 2.2. Habiendo neutralizado el ácido del estómago se forma el complejo octaédrico de Amoniacio y Cobalto II. Expresa la fórmula química del complejo y haz una predicción acerca de sus propiedades magnéticas utilizando la teoría de campo cristalino.

/2 Puntos

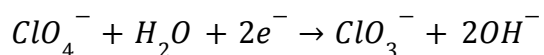
El complejo de Amoniacio y Cobalto II se puede oxidar para formar otro complejo octaédrico de Amoniacio, pero con Cobalto III. El potencial estándar para la semireacción de reducción es de 0.100V. En tu laboratorio cuentas con los siguientes agentes que pueden actuar como oxidantes: Ácido Fosfórico,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

Semireacción de Reducción

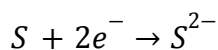
E°



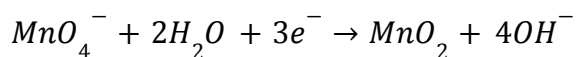
− 0.28V



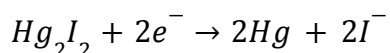
+ 0.17V



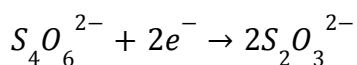
− 0.41V



+ 0.60V



− 0.04V



+ 0.08V

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

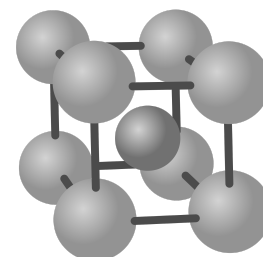
/2 Puntos

Para seguir en análisis el complejo de Amoniac 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 Amoniac 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.



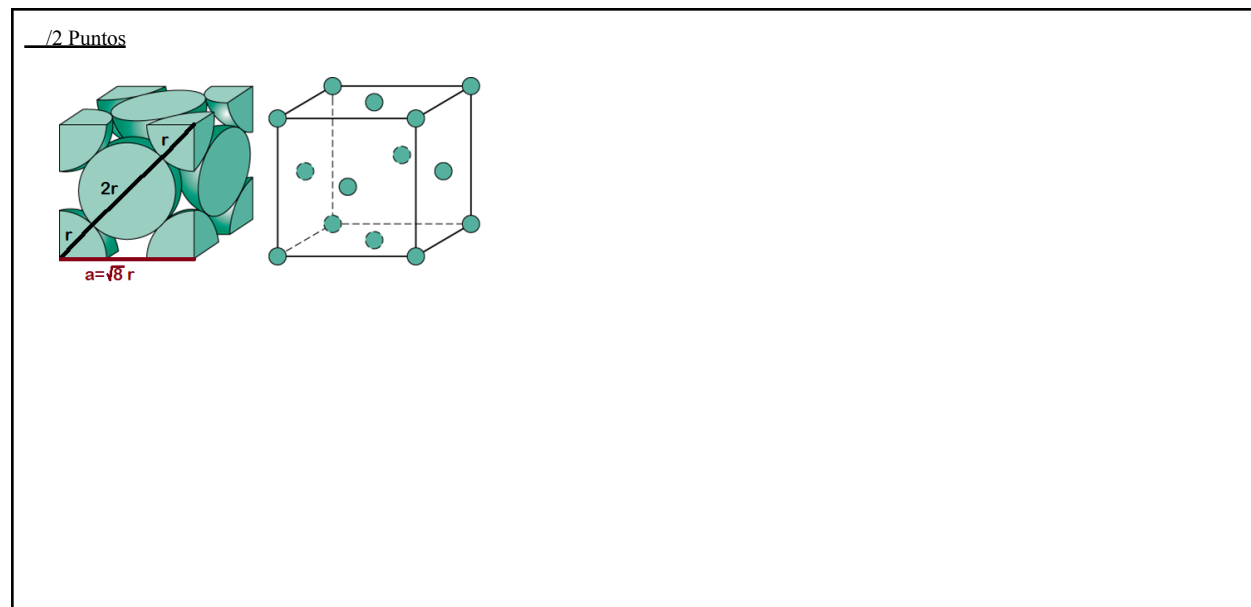
Fórmula: $\rho = \frac{m_{\text{celda}}}{V_{\text{celda}}}$ $V_{\text{celda}} = a^3$ **Unidades:**

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

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.

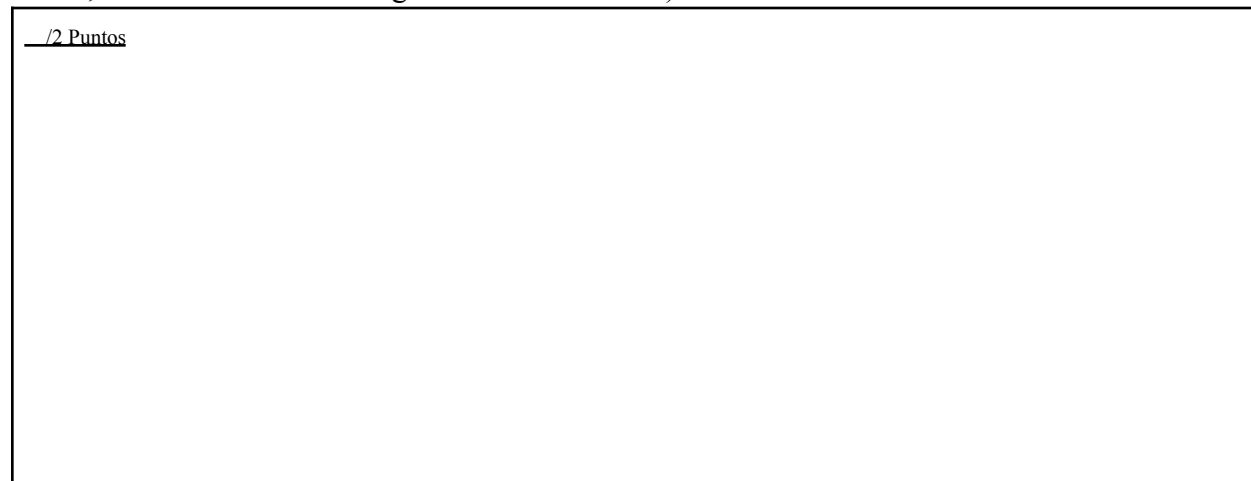
/4 Puntos

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.



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).



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.