INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS
Maestría en Ciencias Fisicomatemáticas

(Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) 4: Materiales sólidos, magnéticos y no magnéticos, EPR, sistemas biológicos, reología y materiales blandos)

Guía para el examen de admisión. (Noviembre 2016)

Física atómica y teoría cuántica elemental

1. Demuestre que la energía cinética total de dos partículas de masa m_1 y m_2 se puede escribir
   $T = \frac{1}{2}MV_{CM}^2 + \frac{1}{2}\mu V_R^2$
   donde
   $M = m_1 + m_2$, es la masa total,

   $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$, es la masa reducida

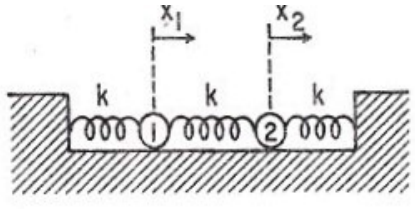
   $\overrightarrow{V_{CM}}$, es la velocidad total del centro de masa

   $\overrightarrow{V_R} = \overrightarrow{V_1} - \overrightarrow{V_2}$, es la velocidad de m_1 relativa a m_2

2. Demuestre que la energía cinética rotacional de un sistema libremente giratorio que consiste en una pesa de masas m_1 y m_2 separadas por una distancia $\vec{R} = \overrightarrow{r_1} - \overrightarrow{r_2}$ es
   $E = \frac{1}{2}Iw^2$
   donde $I = \mu R^2$ es el momento de inercia (μ es la masa reducida) y w es la velocidad angular del sistema.
   (Sugerencia: Separe la energía cinética del movimiento del centro de masa de la energía cinética total, para obtener la energía cinética rotacional.)

3. En un oscilador harmónico simple dos masas puntuales m_1 y m_2 se encuentran conectados por un resorte de forma tal que se cumple con la ley de Hooke.
   fuerza de restauración: $\vec{f} = k(\vec{R} - \overrightarrow{R_e})$
   donde:
   k: constante de fuerza
   R: separación instantánea de las masas
   R_e: separación en el equilibrio
   a) Demuestre que la energía de vibración total puede ser escrita como:
   $E_{vib} = \frac{1}{2}\mu(\dot{\vec{R}})^2 + \frac{1}{2}k\left(\vec{R} - \overrightarrow{R_e}\right)^2$
   donde μ es la masa reducida.
   b) Resuelva la ecuación de Lagrange de movimiento para este sistema y demuestre que la frecuencia natural de vibración es
   $\upsilon = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{\mu}}$

4. Dos partículas con la misma masa están unidas por resortes con igual constante de fuerza, según como se muestra en la figura.



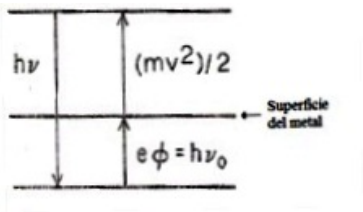
Si se toma el desplazamiento de las masas desde sus posiciones de equilibrio como x_1 y x_2, en la misma dirección, entonces la energía potencial se podría escribir como

$$V = \frac{1}{2}kx_1{}^2 + \frac{1}{2}k(x_1 - x_2)^2 + \frac{1}{2}kx_2{}^2$$

Asumiendo que las partículas se mueven en un plano sin fricción, demuestre que las frecuencias naturales de movimiento de las partículas son

$$v_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \qquad y \qquad v_2 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{3k}{m}}$$

5. La siguiente figura ilustra los rasgos esenciales del experimento del efecto fotoeléctrico.



Un fotón de energía hυ impacta la superficie de un metal. Si la energía del fotón es mayor que la función trabajo eϕ, el electrón puede ser eyectado con una energía cinética máxima de ½mv^2. Un potencial de "repulsión" puede ser usado para medir ½mv^2 encontrando el mínimo voltaje V_o necesario para detener al electrón. Demuestre que la constante de Planck puede ser medida a partir de un gráfico V_o vs υ.

6. Analizando el espectro de emisión del átomo de H entre 1 000 Å y 4 000 Å. ¿Qué líneas se pueden observar en esta región?

7. Estime la separación de los números de onda para*
   a) la transición 2 → 1 en hidrógeno y deuterio (^{2}H).
   b) la transición 2 → 1 en hidrógeno y tritio (^{3}H).

8. De Broglie sugirió que las propiedades ondulatorias se deben asociar tanto a la radiación, como a las partículas. La "longitud de onda de Broglie" se puede expresar como
   $\lambda = \frac{h}{mv}$, p=mv
   donde h es la constante de Planck, m la masa de la partícula y v la velocidad de la partícula (v<< c).
   Evalúe la longitud de onda de
   a) un electrón con energía cinética 1 eV, 100 eV.
   b) un protón con energía cinética 1 eV.
   c) una molécula de UF_6 con energía cinética 1 eV.
   d) una pelota con una velocidad de 100 mph (masa = 0,14 Kg).

Difracción de rayos X (DRX)

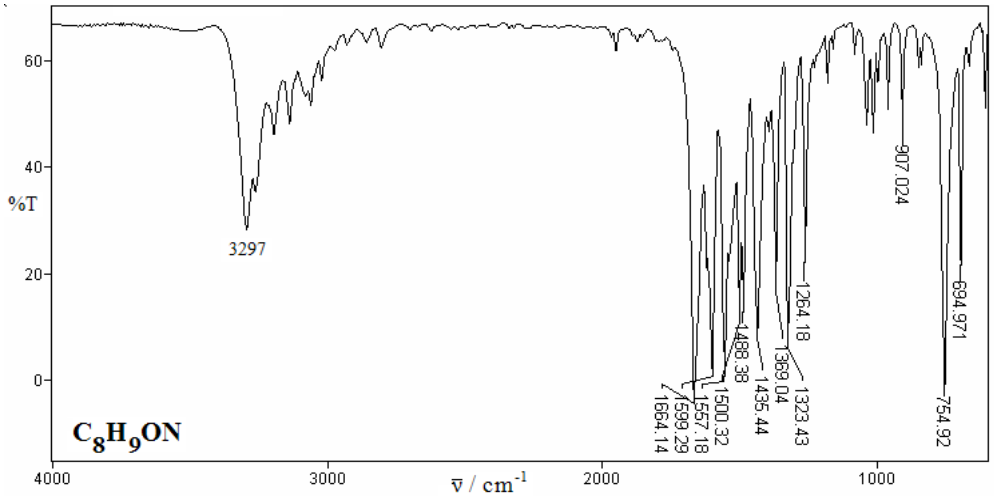
1. Exponga de qué dependen la posición y la intensidad de los picos de difracción de rayos X. Explique la ley de Bragg. Que información puede extraerse de un difractograma de rayos X. Detalle las diferencias entre la difracción y la espectrometría de rayos X.

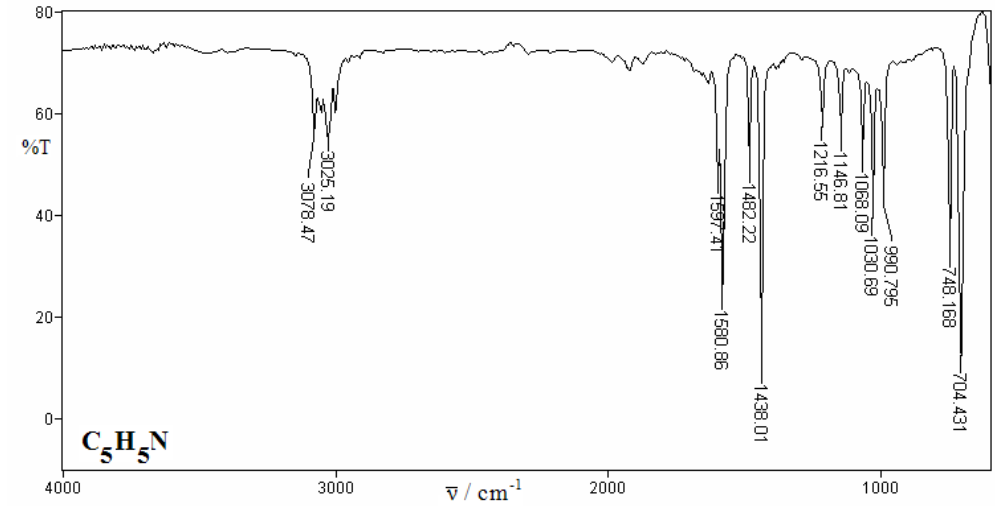
2. Calcule aproximadamente el ensanchamiento B (en 2θ), dado por el efecto del pequeño tamaño de los cristalitos sobre las líneas del patrón de difracción de partículas de diámetro 1000, 500 y 250 Å. Asuma θ=45º y λ=1.54 Å. Para cristalitos de 250 Å, calcule el valor de B, para 2θ = 10, 45 y 80º.

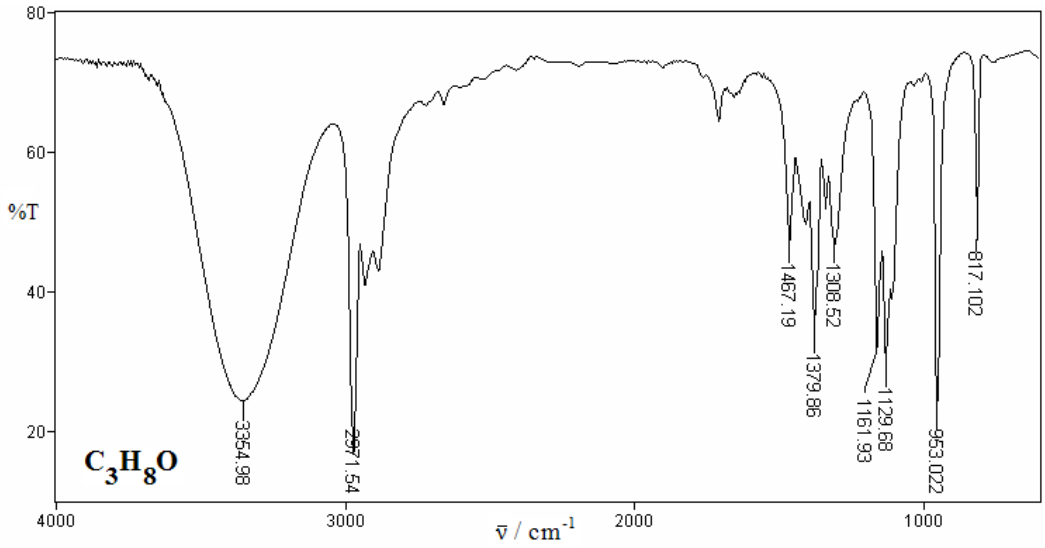
Espectrometría IR

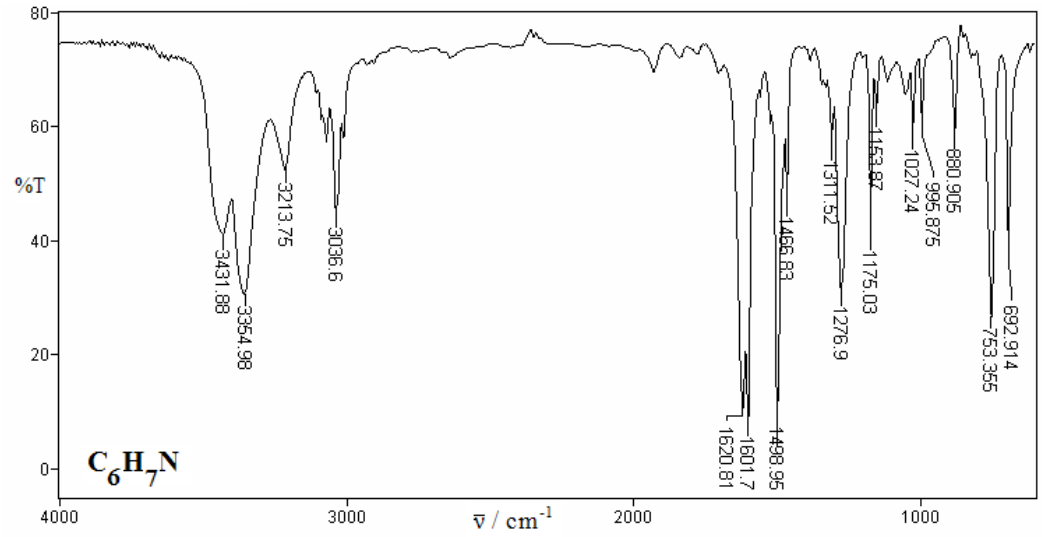
1. Explique el origen de los espectros de IR. Relación entre energía, frecuencia y número de onda. Influencia de la masa y el enlace entre los átomos. Tipos de vibración. Que información puede extraerse de un espectro de IR. Diferencias entre la naturaleza física de los espectros de IR y Raman.

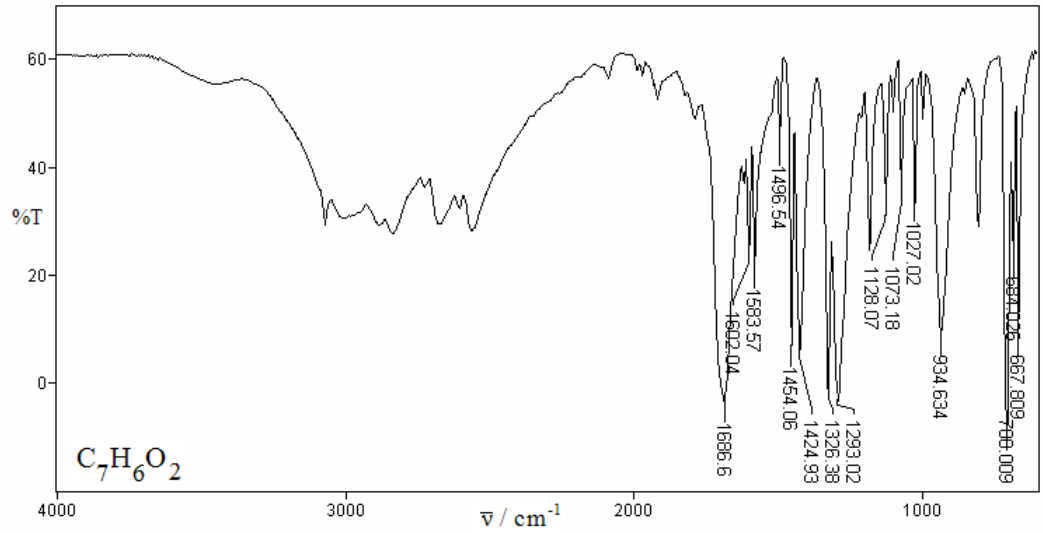
2. A continuación se muestran los espectros FT-IR de compuestos de fórmula global conocida. Seleccione cuatro de los cinco espectros, determine las estructuras de los compuestos correspondientes y asigne las bandas características.






80
60
40
20
%T
3354.98
2971.54
1467.19
1379.86
1308.52
1161.93
1129.68
953.022
817.102
C3H8O
4000
3000
2000
1000
ν̄ / cm-1


80
60
40
20
0
%T
3431.88
3354.98
3213.75
3036.6
1620.81
1601.7
1498.95
1466.83
1311.52
1276.9
1175.03
1153.87
1027.24
995.875
880.905
753.355
692.914
C6H7N
4000
3000
2000
1000
ν̄ / cm-1

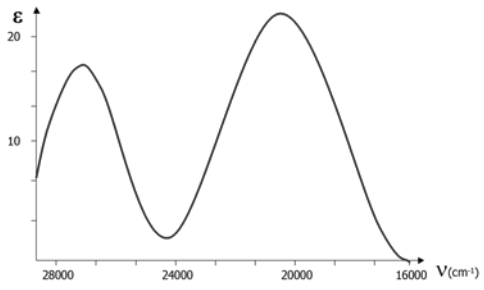

60
40
20
0
%T
1686.6
1602.04
1583.57
1496.54
1454.06
1424.93
1326.38
1293.02
1128.07
1073.18
1027.02
934.634
C7H6O2
4000
3000
2000
1000
ν̄ / cm-1

Química Inorgánica

1. Formule las ecuaciones químicas que representan los procesos que ocurren en la situación descrita a continuación:
   Al añadir gota a gota una disolución de hidróxido de sodio al 30% a una disolución de una sal de cloruro de cromo (III) inicialmente se forma un precipitado verdoso, que se disuelve al continuar la adición de la base, formándose una disolución verde brillante. Al añadir a esta última una disolución de hipoclorito de sodio y calentar suavemente se observa que la disolución cambia a amarillo.

2. Empleando los diagramas de potenciales (adjuntos) en medio ácido y básico de los elementos de la triada del hierro, responda lo siguiente y explique.
   a) ¿Reaccionarán los metales con ácido clorhídrico 1 mol/L? Escriba las ecuaciones correspondientes.
   b) ¿Cuál de los metales será más estable a la oxidación con el oxígeno atmosférico en medio básico? Formule la ecuación correspondiente. $E^o\ O_2/OH^-$ = 0.41 V.
   c) ¿Cuál de los iones $[M(H_2O)_6]^{2+}_{(ac)}$ se oxidará con el oxígeno del aire? Formule.
   $E^o\ O_2/H_2O$ = 1.23 V.
   d) ¿Cuál es el ión M^{3+} más oxidante? ¿Sería estable una disolución acuosa de una sal simple de este ion? Explique y formule en caso necesario. $E^o\ O_2/H_2O$ = 1.23 V.
   Dato:
   F: 96 485.330 C/mol

3. Un complejo es obtenido por interacción de $Co(NO_3)_2$ con amoníaco y NH_4NO_3 bajo corriente de aire. Su composición química es: Co- 16.9 %; NH_3 – 29.4 %. Su espectro VIS es el que aparece abajo. Las bandas principales obtenidas en el espectro IR fueron: 3320 cm^{-1}, 3241 cm^{-1},1628 cm^{-1}, 1403 cm^{-1}, 1352 cm^{-1}, 830 cm^{-1} ,800 cm^{-1}, El compuesto es diamagnético. ¿De qué compuesto se trata? Asigne las bandas características correspondientes al espectro FT-IR.



   Masas moleculares:
   Co: 58.9 g/mol N: 14.01 g/mol O: 16.00 g/mol

4. Un compuesto A de composición Co 24,6 %; NH_3 35.5 %; CO_3^{2-} 25,1 %; Cl^- 14,8 %, se hace reaccionar con una disolución de HCl diluido. Producto de esta reacción se desprende un gas incoloro y se forma un producto B. Si el producto B se hace reaccionar con $NaNO_2$ se obtiene un nuevo producto C. Los tres productos tienen el mismo contenido de NH_3.
   Identifique los productos A, B y C. Represéntelos.
   Defina las principales características espectroscópicas del compuesto A (bandas en el espectro IR).
   Formule las reacciones de obtención de B y C.
   ¿Cuál de los tres es el producto más estable?
   Masas moleculares:
   Co: 58.93 g/ mol N: 14.01 g/mol O: 16.00 g/mol C: 12.01g/mol Cl: 35.45 g/mol

Química Orgánica y Biomoléculas

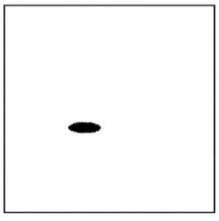
1. Un trisacárido **A** que se encuentra en dos formas anómeras, se hidroliza en medio ácido dando D-manosa, D-glucosa y D-galactosa. La hidrólisis con la maltasa libera un azúcar reductor **B** y un disacárido **C** que forma osazona. Cuando **C** se trata con emulsina produce D-glucosa y D-manosa. La metilación a fondo **A** y posterior hidrólisis del producto produce 3,4,6-tri-O-metil-D-galactosa; 2,5,6-tri-O-metil-D-manosa y 2,3,5,6-tetra-O-metil-D-glucosa. El disacárido **C** por metilación y posterior hidrólisis del producto metilado da: 2,5,6-tri-O-metil-D-manosa y 2,3,5,6-tetra-O-metil-D-glucosa.
   Plantee la estructura de A, B, C y formule todas las reacciones químicas que tienen lugar.

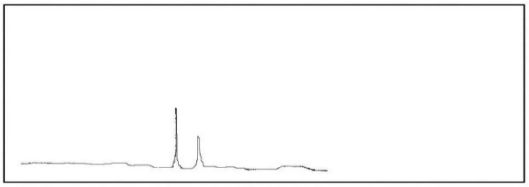
2. Un tetrasacárido A no reductor de FM: $C_{24}H_{40}O_{21}$ da como productos de su hidrólisis ácida: 2 unidades de glucosa, una de galactosa y otra de fructosa. La hidrólisis con la enzima invertasa escinde la molécula del tetrasacárido en 1 mol del trisacárido B y una unidad de fructosa. Idéntico resultado se obtiene empleando la hidrólisis con emulsina. La metilación a fondo e hidrólisis del tetrasacárido A da: 1 mol de 2,3,4,6-tetra-O-metil-D-glucosa; 1 mol de 2,3,4-tri-O-metil-D-glucosa; 1 mol de 2,3,4-tri-O-metil-D-galactosa y 1 mol de 1,3,4,6-tetra-O-metil-D-fructosa.
   a) Represente la estructura de A.
   b) Represente la hidrólisis de A con la invertasa, mediante ecuaciones químicas.

3. La hidrólisis de un tripéptido **A** puede observarse por medio del uso de cromatografía de capa delgada; así se ha podido determinar que el mismo está constituido por tres aminoácidos distintos: glicina, alanina y cisteína. El tratamiento del tripéptido con 2,4-dinitrofluorbenceno produce, después de una hidrólisis, el 2,4-dinitrofenil derivado de la alanina. La hidrólisis enzimática mediante la carboxipeptidasa libera glicina del tripéptido. Cuando el tripéptido se trata con borhidruro de sodio o con hidruro de litio y aluminio, se libera el alcohol correspondiente a la glicina (etanolamina).
   A partir de estos datos represente la fórmula estructural del tripéptido y las reacciones que tienen lugar en cada caso.

4. Un tetrapéptido contiene Val, Gly, Leu y Pro en una secuencia desconocida. Su hidrólisis enzimática con carboxipeptidasa da Leu y un tripéptido. Cuando el tripéptido se trata con isotiocianato de fenilo y por hidrólisis parcial se aisla la fenil hidantoína de la glicina y un dipéptido el que tratado de nuevo con isotiocianato de fenilo seguido de hidrólisis produce la fenil hidantoína de la valina. Deduzca la estructura de tetrapéptido y escriba las reacciones mencionadas en la elucidación estructural.

5. Una proteína recombinante después de purificada mostró una banda única en electroforesis en gel de poliacrilamida corrida con dodecilsulfato de sodio (SDS-PAGE), sin embargo al analizarla por RP-HPLC en una columna C4 se observan dos señales. Con el objetivo de determinar la naturaleza de estos dos contaminantes se realizaron los siguientes experimentos:
   a) Los dos componentes separados en la columna de RP-HPLC se aplicaron, por separado, a un gel de electroforesis y se hizo un Western blot empleando un anticuerpo monoclonal contra la proteína de interés. Ambas proteínas dieron la misma señal.
   b) Ambos compuestos fueron analizados en un secuenciador automático de Edman. Para el compuesto 1 se determinó el extremo N-terminal que coincidió exactamente con el esperado. Para el compuesto 2, no se observó señal alguna en el secuenciador.
   Analice los resultados de estos experimentos y diga qué conclusiones pueden definirse hasta este punto. Mencione una técnica mediante la cual podría conocer la diferencia entre ambas proteínas.





Diagramas de potenciales en medio ácido y básico de los elementos de la triada del hierro

Diagramas de potenciales.

Medio ácido.

$Fe^{3+}(ac)$ +0,77 $Fe^{2+}(ac)$ -0,44 Fe

-0.036

$Co^{3+}(ac)$ +1,82 $Co^{2+}(ac)$ -0,27 Co

NiO_2 +1,78 Ni^{2+} -0,25 Ni

Medio básico.

$FeO(OH)(s)$ -0,56 $Fe(OH)_2(s)$ -0,887 Fe(s)

$CoO(OH)(s)$ +0,14 $Co(OH)_2(s)$ -0,73 Co(s)

$NiO_2(s)$ +0,49 $Ni(OH)_2(s)$ -0,72 Ni(s)