

Primera parte del ejercicio

- 1) Sean \mathbf{a}_1 , \mathbf{a}_2 y \mathbf{a}_3 el conjunto de vectores primitivos de una red directa. El primero de los vectores primitivos de la red recíproca se define como:
 - a) $\mathbf{b}_1 = 2\pi [\mathbf{a}_1 \cdot (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)] / (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)$
 - b) $\mathbf{b}_1 = 2\pi (\mathbf{a}_1 \times \mathbf{a}_2) / [\mathbf{a}_1 \cdot (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)]$
 - c) $\mathbf{b}_1 = 2\pi (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3) / [\mathbf{a}_1 \cdot (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)]$
 - d) $\mathbf{b}_1 = 2\pi (\mathbf{a}_3 \times \mathbf{a}_2) / [\mathbf{a}_1 \cdot (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)]$

- 2) ¿Cuál de las siguientes sentencias es falsa para el grupo espacial P 2/m 2/m 2/m
 - a) Corresponde a una celda ortorrómbica
 - b) Tiene 3 ejes de simetría de orden dos perpendiculares entre sí
 - c) Tiene 3 planos de simetría especular perpendiculares entre sí
 - d) Las reflexiones permitidas deben cumplir la condición: $h + k + l = 2n$

- 3) El grupo espacial de una fase cristalina es Fm-3m. Diga cuál de los siguientes puntos de la red recíproca no pueden aparecer en un diagrama de difracción de electrones por selección de área:
 - a) (100)
 - b) (200)
 - c) (220)
 - d) (113)

- 4) El recorrido libre medio de electrones de 1-20 keV en la materia es:
 - a) Parecido al de los rayos X de 8 keV
 - b) Generalmente mayor que el de los rayos X de 8 keV
 - c) Generalmente menor que el de los rayos X de 8 keV
 - d) Es siempre mayor que el de los rayos X de cualquier energía

- 5)Cuál de las siguientes líneas características de rayos X tiene mayor energía:
 - a) Zr-K_α
 - b) Cu-K_α
 - c) Ca-K_α
 - d) Ge-L

- 6) El espesor típico de una muestra cristalina para un experimento de alta resolución en un TEM es del orden de:
- 0.1 nm
 - 1 nm
 - 50 nm
 - 1000 nm
- 7) La proporción de rayos X característicos producidos en un determinado átomo con respecto a cantidad de electrones Auger:
- Disminuye con el número atómico del elemento
 - Aumenta con el número atómico del elemento
 - Es constante para todos los elementos
 - No sigue ninguna dependencia con el número atómico
- 8) Las lentes condensadoras de un microscopio son:
- Las que forman la imagen de la muestra
 - Las que iluminan la muestra
 - Las que proyectan la imagen de la muestra en la pantalla de observación
 - Las que forman la imagen de la muestra sobre nuestra retina
- 9) En un microscopio electrónico de barrido-transmisión (STEM) la amplificación de la imagen se obtiene:
- Mediante las lentes proyectoras
 - Disminuyendo el tamaño del spot
 - Trabajando en campo oscuro
 - Variando el tamaño de la zona barrida por el haz de electrones
- 10) Un sistema óptico presenta astigmatismo cuando:
- El foco de los rayos que se propagan en planos perpendiculares no coincide
 - El foco de los rayos que se propagan en planos perpendiculares sí coincide
 - El foco de los rayos de distinta longitud de onda no coincide
 - El foco de los rayos de distinta longitud de onda sí coincide
- 11) Una lente presenta aberración esférica cuando:
- Su superficie es elíptica
 - El foco de los rayos que se propagan en planos perpendiculares no coincide
 - El foco de los rayos de distinta longitud de onda no coincide
 - Los rayos que inciden paralelamente al eje óptico son llevados a focos distintos dependiendo de la distancia del rayo incidente al eje óptico



- 12) El detector HAADF (*High Angle Annular Dark Field*) se utiliza en un STEM normalmente para obtener imágenes con:
- Contraste de espesor
 - Contraste de difracción
 - Contraste composicional en Z
 - Condición de haz débil
- 13) En un microscopio electrónico de transmisión moderno de alta resolución, el operador puede corregir las siguientes aberraciones de las lentes:
- Únicamente el astigmatismo
 - Únicamente la aberración cromática
 - Únicamente el coma
 - La aberración esférica y el astigmatismo
- 14) La salida de una bomba de vacío de tipo difusora se conecta generalmente
- A una bomba iónica
 - A una bomba rotatoria
 - A la atmósfera
 - Nunca a otra bomba difusora
- 15) El enfoque de la muestra en un SEM se realiza:
- A los máximos aumentos posibles
 - A los mínimos aumentos posibles
 - A los aumentos a los que se va a registrar la imagen
 - A los aumentos a los que se ha realizado el centrado de la apertura de objetivo
- 16) El cambio de la corriente de sonda en un microscopio electrónico se realiza:
- Variando la distancia de trabajo
 - Variando la apertura de condensador y/o la excitación de la lente condensadora
 - Variando exclusivamente la excitación de la lente condensadora
 - Variando exclusivamente la apertura de condensador
- 17) Disminuir la corriente de sonda en un microscopio electrónico de barrido produce generalmente:
- Un aumento de la señal de rayos X característicos
 - Una mejora de la resolución espacial al disminuir el tamaño del spot
 - Una disminución del ruido de la imagen
 - Un aumento del astigmatismo

- 18) Para obtener contraste composicional en una observación SEM de una muestra pulida qué detector seleccionaría:
- Electrones secundarios
 - Cátodoluminiscencia
 - Electrones retrodispersados
 - Cualquiera de los tres anteriores por igual
- 19) Disminuir la distancia de trabajo en un SEM significa generalmente:
- Disminuir la aberración esférica
 - Aumentar la aberración esférica
 - Disminuir la contaminación de la muestra
 - Disminuir los efectos de carga sobre la muestra
- 20) La resolución de un sistema óptico puede expresarse mediante (λ : longitud de onda; AN: apertura numérica):
- $\lambda \cdot AN^2$
 - $0.61 \cdot \lambda / AN$
 - $\lambda \cdot AN$
 - λ / AN^2
- 21) La resolución de un TEM para muestra suficientemente delgada y una vez corregido el astigmatismo es (λ : longitud de onda; C_s : coeficiente de aberración esférica):
- $\sim 0.91(C_s \cdot \lambda^3)^{1/4}$
 - $\sim C_s^2 \cdot \lambda^3$
 - $\sim 0.91\lambda^{3/4}$
 - $\sim 0.91C_s^{3/4}$
- 22) La resolución espacial de un experimento de difracción de electrones por selección de área en un TEM es del orden de:
- 0.005 μm
 - 0.05 μm
 - 0.5 μm
 - 50 μm
- 23) La resolución espacial de un experimento de difracción de electrones por haz convergente en un TEM es del orden de:
- 0.01 nm
 - 1 nm
 - 100 nm
 - 1000 nm



- 24) La resolución espacial típica de un experimento de microanálisis por rayos X característicos en un SEM es del orden de:
- 0.02 μm
 - 2 μm
 - 20 μm
 - 50 μm
- 25) La resolución espacial típica de un experimento de microanálisis por rayos X característicos en un TEM es del orden de:
- 0.01 nm
 - 1 nm
 - 200 nm
 - 500 nm
- 26) Una imagen en campo oscuro en un TEM se puede obtener:
- Seleccionando con la apertura de contraste un haz difractado
 - Seleccionando con la apertura de contraste el haz transmitido
 - Seleccionando con la apertura de contraste un conjunto de haces que contengan el haz transmitido
 - Seleccionando con la apertura de selección de área un agujero de la muestra
- 27) Observamos en el TEM unas dislocaciones de vector de Burgers \mathbf{b} en condiciones de contraste de difracción caracterizado por el vector \mathbf{g} . El criterio de invisibilidad establece que se pierde el contraste cuando:
- $|\mathbf{g} \times \mathbf{b}| \neq 0$
 - $\mathbf{g} \cdot \mathbf{b} \neq 0$
 - $\mathbf{g} \cdot \mathbf{b} = 0$
 - $|\mathbf{g} \times \mathbf{b}| = 0$.
- 28) En difracción de electrones en haz convergente no se verifica la Ley de Friedel cuando:
- La muestra es muy fina y no se produce scattering dinámico
 - La muestra es muy fina y se produce solamente scattering cinemático
 - La muestra es gruesa y sí se produce scattering dinámico
 - La Ley de Friedel no se verifica nunca en difracción de electrones

- 29) En la construcción de la Esfera de Ewald, para difracción de electrones de 200 keV con un cristal cúbico de parámetro de red 2 Å:
- El radio de la esfera es mucho mayor que la distancia entre los puntos de la red recíproca
 - El radio de la esfera es menor que la distancia entre los puntos de la red recíproca
 - El radio de la esfera es aproximadamente igual que la distancia entre los puntos de la red recíproca
 - La intersección entre la esfera y la red recíproca determina las reflexiones prohibidas
- 30) La condición de Laue establece que:
- Se produce interferencia constructiva cuando el cambio en el vector de ondas no es un vector de la red directa
 - Se produce interferencia constructiva cuando el cambio en el vector de ondas sí es un vector de la red recíproca
 - Se produce interferencia constructiva cuando el cambio en el vector de ondas no es un vector de la red recíproca
 - Se produce interferencia constructiva cuando el cambio en el vector de ondas es un vector de la red directa
- 31) La intensidad de un pico de difracción para un cierto vector de ondas, I_K , es proporcional a:
- La parte real al cuadrado del factor de estructura
 - El módulo del factor de estructura
 - El cuadrado del módulo del factor de estructura
 - Ninguna de las anteriores
- 32) La apertura de contraste de un TEM se sitúa en:
- El plano imagen de la lente objetivo
 - El plano focal de la lente objetivo
 - El plano focal de la lente condensadora
 - El plano imagen de la lente condensadora
- 33) La apertura de selección de área de un TEM se sitúa en:
- El plano imagen de la lente objetivo
 - El plano focal de la lente objetivo
 - El plano focal de la lente condensadora
 - El plano imagen de la lente condensadora

- 34) Necesito obtener un diagrama de difracción de electrones en el que se observen efectos dinámicos. Lo que hago es:
- Trabajar en una zona muy fina de la muestra, para que los discos de difracción tengan brillo uniforme
 - Trabajar en una zona de la muestra un poquito gruesa, para que los discos de difracción no tengan brillo uniforme, pero que permita el paso de electrones
 - Seleccionar una apertura de condensador grande, para tener solapamiento de los discos de difracción
 - Seleccionar una apertura de condensador pequeña, para no tener solapamiento de los discos de difracción
- 35) Un diagrama de difracción de Kossel-Möllenstedt en difracción de electrones es:
- Un diagrama de difracción de electrones en haz convergente en el que los discos no se solapan
 - Un diagrama de difracción de electrones en haz convergente en el que los discos sí se solapan
 - Un diagrama de selección de área de una muestra orientada a lo largo de un eje ternario
 - Un diagrama de selección de área de una muestra no orientada según un eje cristalográfico
- 36) Un diagrama de difracción de Kossel en difracción de electrones es:
- Un diagrama de difracción de electrones en haz convergente en el que los discos no se solapan
 - Un diagrama de difracción de electrones en haz convergente en el que los discos sí se solapan
 - Un diagrama de selección de área de una muestra orientada a lo largo de un eje ternario
 - Un diagrama de selección de área de una muestra no orientada según un eje cristalográfico
- 37) Obtenemos un diagrama de difracción de electrones por selección de área en un TEM con eje de zona es $[U\ V\ W]$. Las reflexiones observadas (hkl) deben verificar:
- $U \cdot h + V \cdot k + W \cdot l = 0$
 - $U \cdot h + V \cdot k + W \cdot l \neq 0$
 - $U \cdot h + V \cdot k + W \cdot l > 0$
 - $U \cdot h + V \cdot k + W \cdot l < 0$

- 38) Obtenemos un diagrama de difracción de electrones por selección de área de una zona extensa de un material policristalino no texturado. El área seleccionada abarca muchos cristales. El tipo de figuras de difracción que obtendremos será:
- Como los de monocristales, pero las intensidades de reflexiones opuestas (hkl y $-h-k-l$) no serían iguales
 - Un continuo sin apenas contraste
 - Anillos de difracción concéntricos
 - Ninguna de las anteriores
- 39) Un diagrama de Kikuchi en el TEM lo obtenemos al realizar difracción de electrones en haz convergente sobre:
- Zonas muy delgadas de la muestra que muestren sólo efectos cinemáticos
 - Zonas gruesas que no permitan el paso de electrones
 - Zonas suficientemente gruesas para que se produzcan efectos dinámicos
 - Ninguna de las anteriores
- 40) Para obtener una imagen TEM de un material nanoporoso cristalino, se centra la apertura de contraste simétricamente alrededor de la reflexión 000. Los poros aparecen:
- Claros
 - Oscuros
 - El nivel de brillo depende del tamaño del poro
 - El nivel de brillo depende de la inclinación de la muestra
- 41) Para obtener una imagen TEM de un material nanoporoso cristalino, se centra la apertura de contraste simétricamente alrededor de la reflexión hkl , excluyendo la reflexión 000. Los poros aparecen:
- Claros
 - Oscuros
 - El nivel de brillo depende del tamaño del poro
 - El nivel de brillo depende de la inclinación de la muestra
- 42) En una imagen HAADF de un material nanoporoso, los poros aparecen:
- Claros
 - Oscuros
 - El nivel de brillo depende del tamaño del poro
 - El nivel de brillo depende de la inclinación de la muestra



- 43) El pico de plasmón en un espectro EELS se sitúa normalmente:
- En la zona de altas pérdidas (“*high-loss*”)
 - En la zona de bajas pérdidas (“*low-loss*”)
 - A la derecha del O-K “*edge*”
 - Siempre 30.45 eV a la derecha del pico “*zero-loss*”
- 44) El fondo de una zona limitada de un espectro de EELS puede ajustarse con la siguiente función (I: intensidad en el canal de energía E, A y r contantes):
- $I=A \cdot E^{+r}$
 - $I=A \cdot E^{-r}$
 - $I=A \cdot \text{Log}(E^r)$
 - $I=A \cdot \text{Cos}(r \cdot E)$
- 45) De las siguientes afirmaciones sobre el pico de plasmón de un espectro EELS, diga cuál es la correcta:
- Domina en los materiales con estructuras de electrones libres
 - Se encuentra presente, en mayor o menor medida, en los espectros todos los materiales
 - Es, normalmente, el pico más importante del espectro después del pico de “*zero-loss*”
 - Todas las afirmaciones anteriores son correctas
- 46) La resolución espacial de un mapa composicional EELS obtenido en un microscopio electrónico de transmisión con corrector de aberración esférica en la lente condensadora es:
- Del orden de 0.01 Å
 - Del orden de 1 Å
 - Del orden de 100 Å
 - Del orden de 1000 Å
- 47) Seleccione el ángulo de inclinación de la muestra para un experimento convencional de EBSD:
- 2°
 - 7°
 - 70°
 - 90°

- 48) La separación entre las dos líneas que constituyen una banda de un EBSP es:
- a) Directamente proporcional al espaciado atómico de los planos que originan esa banda
 - b) Inversamente proporcional al espaciado atómico de los planos que originan esa banda
 - c) Independiente del espaciado atómico de los planos que originan esa banda
 - d) Tiene una dependencia cuadrática con el espaciado atómico de los planos que originan esa banda
- 49) Un diagrama de Kikuchi en un experimento de EBDS llevado a cabo en un SEM da información sobre:
- a) La estructura cristalina del material exclusivamente
 - b) La orientación cristalográfica del material exclusivamente
 - c) La estructura cristalina y la orientación cristalográfica del material
 - d) El grupo espacial exclusivamente
- 50) La catódoluminiscencia consiste en:
- a) La emisión de luz por la muestra al ser bombardeada por electrones
 - b) La emisión de electrones al recibir fotones
 - c) La degradación del cátodo del microscopio por efecto del tiempo de trabajo
 - d) La emisión de electrones Auger

Preguntas de reserva

- 51) Las correcciones ZAF en un microanálisis cuantitativo por rayos X característicos en un SEM son las encargadas de tener en cuenta:
- a) La orientación cristalográfica de la muestra y la eficiencia del detector de rayos X
 - b) La eficiencia del detector de rayos X y el espesor de la muestra
 - c) El número atómico promedio de la muestra, la auto-absorción de los rayos X en la muestra y la fluorescencia de rayos X
 - d) La energía de los electrones exclusivamente
- 52) El método de Cliff-Lorimer se utiliza normalmente para:
- a) Cuantificar espectros de EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) en el SEM
 - b) Cuantificar espectros de EDS en el TEM
 - c) Estimar el espesor de las muestras observadas en el TEM
 - d) Determinar el vector de Burgers de una dislocación



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

NAZIOARTEKO
BIKAIN TASUN
CAMPUSA
CAMPUS DE
EXCELENCIA
INTERNACIONAL

**Bolsa de trabajo de Personal Técnico Superior
SGIker (Microscopía de Materiales y Superficies)**

Convocada por resolución de la Gerente de 15 de
abril de 2016.

Fecha de la prueba escrita: 16 de septiembre de
2016

- 53) La espectroscopia EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) verifica que:
- Tiene mejor resolución espacial en el SEM que en el TEM
 - Tiene mejor resolución espacial en el TEM que en el SEM
 - Tiene la misma resolución espacial en el SEM que en el TEM
 - Ninguna de las afirmaciones anteriores es absolutamente correcta. Depende del espesor de la muestra y de la energía de los electrones incidentes, no de en qué tipo de microscopio se realice
- 54) Desea realizar un microanálisis en el SEM de una zona muy superficial de la muestra que presenta síntomas de corrosión. Indique que técnica analítica seleccionaría:
- Espectroscopia de Rayos X característicos (EDS)
 - Molería la muestra y haría difracción de rayos X
 - EELS
 - Espectroscopia de electrones Auger
- 55)Cuál de las siguientes resinas es más adecuada para realizar inclusiones en un microscopio electrónico por su baja presión de vapor:
- Poliéster
 - Acrílica
 - Epoxídica
 - Baquelita