PRUEBA TEÓRICA DEL EJERCICIO DE TITULADO GRADO SUPERIOR, GRUPO PROFESIONAL A, NIVEL SALARIAL A1, ÁREA DE ACTIVIDAD LABORATORIOS Y ESPECIALIDAD: MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Examen 16 de marzo de 2023

1. Según la ley 31/995 de prevención de riesgos laborales se conoce como riesgo laboral:

a) Enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo
b) Cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo
c) Los procesos, actividades, operaciones, equipos o productos potencialmente peligrosos
d) La posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo

2. El Plan de Prevención de Riesgos laborales será de aplicación a todos los centros de la UCM y afectará a:

a) Todos los trabajadores de plantilla, alumnos, colaboradores sociales y becarios, quedando excluidos los trabajadores de empresas que presten obras o servicios, como las subcontratas.
b) Todos los trabajadores de plantilla y alumnos
c) Todos los trabajadores de plantilla, alumnos, colaboradores sociales y becarios, incluidos los trabajadores de empresas que presten obras o servicios, como las subcontratas.
d) Todos los trabajadores de plantilla, alumnos y trabajadores de empresas que presten obras o servicios, como las subcontratas.

3. El Comité de Seguridad y Salud:

a) Es un órgano de participación obligatorio en todas las empresas.
b) Debe constituirse en las empresas o centros que cuenten con más de 25 trabajadores.
c) Debe constituirse en las empresas o centros que cuenten con más de 100 trabajadores.
d) Debe constituirse en las empresas o centros que cuenten con más de 50 trabajadores.

4. Se entenderá como “equipo de trabajo”:

a) Cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo.
b) Cualquier aparato o instalación utilizada en el trabajo.
c) Cualquier máquina o instrumento utilizado en el trabajo.
d) El destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno varios riesgos.

5. Para optimizar la relación señal-ruido en un espectro de EELS en un borde de absorción determinado, el ángulo de colección se debe ajustar a:

a) Θ_E
b) $2\Theta_E$
c) $3\Theta_E$
d) $4\Theta_E$

Siendo Θ_E el ángulo característico de la distribución lorenziana dada por la dispersión inelástica.

6. Para la sustracción del fondo o background en un espectro de EELS se debe:

a) Utilizar una ventana para el ajuste de entre el 10-30% E_K (siendo E_K del valor del borde de absorción de interés) para limitar el error sistemático
b) Utilizar una ventana para el ajuste de entre el 10-30% E_K (siendo E_K del valor del borde de absorción de interés) para limitar el error estadístico
c) Utilizar una ventana para el ajuste lo más ancha posible para limitar el error sistemático
d) Utilizar una ventana para el ajuste lo más estrecha posible para limitar el error estadístico

7. En la técnica de microscopía electrónica de transmisión de alta resolución:

a) Se pueden obtener imágenes de alta resolución, esto es, la imagen de una red o estructura cristalina, utilizando la interferencia entre las ondas transmitidas.
b) Se toman las imágenes de alta resolución en la condición de foco de Scherzer para optimizar los efectos de la aberración esférica de la lente, especialmente en los microscopios con corrector de aberración esférica.
c) La condición de foco para la toma de imágenes no está limitada por el foco de Scherzer en microscopios con corrector de aberración.
d) La interpretación de las imágenes es independiente del foco (over-focus o under-focus) en el que se trabaja.

8. El cañón de cátodo frío de efecto campo:

a) Extrae electrones de una punta de tungsteno por efecto túnel superando una barrera de potencial (∼15 eV) en la que el emisor se mantiene a temperatura ambiente bajo un campo eléctrico fuerte.
b) Tiene una corriente de emisión mucho más estable que los cañones de efecto campo térmicamente asistidos porque no adsorben tantos gases residuales.
c) Extrae electrones como el cañón de tipo Schottky pero a baja temperatura.
d) Produce una sonda de menor tamaño que otros cañones, aunque es preciso hacer un flash en intervalos de 8 horas para eliminar la contaminación de gases residuales.

9. El "shot noise" es el ruido resultante de la variación estadística inherente del ritmo de llegada de los electrones al detector de EELS. Para reducirlo se debe:

a) Disminuir la corriente y el tiempo de exposición puesto que $shot\ noise = N_E^2$ (siendo N_E el número previsible de electrones detectados)
b) Disminuir la corriente y aumentar el tiempo de exposición puesto que $shot\ noise = N_E^2$ (siendo N_E el número previsible de electrones detectados)
c) Aumentar la corriente y disminuir el tiempo de exposición puesto que $shot\ noise = N_E^{1/2}$ (siendo N_E el número previsible de electrones detectados)
d) Aumentar la corriente y el tiempo de exposición puesto que $shot\ noise = N_E^{1/2}$ (siendo N_E el número previsible de electrones detectados)

10. Seleccione la afirmación incorrecta:

a) La región del espectro de pérdida de energía de 1-50 eV contiene picos que provienen de la dispersión inelástica por los electrones de las capas más exteriores de los átomos.
b) La energía del pico más intenso o plasmón está relacionada con la densidad de estados de electrones de conducción.
c) El espectro de low-loss es característico del material que interacciona con el haz de electrones y puede ser utilizado para identificarlo.
d) Debido al "plural scattering" la forma del espectro de low-loss depende del espesor de la muestra, de modo debería eliminarse esta contribución, por ejemplo, mediante una deconvolución de Fourier log.

11. El llamado límite de información proviene de:

a) El espesor de la muestra bajo estudio en un microscopio TEM o STEM
b) La frecuencia espacial a la cual la función de amortiguación se hace prácticamente cero
c) La longitud de onda en la que la función de transferencia de fase en foco de Scherzer se hace cero
d) La resolución de Scherzer

12. Los correctores de aberración esférica para microscopía TEM o STEM en uso consisten en:

a) Dos hexapolos de polaridad opuesta y lentes de transferencia que conectan dichos hexapolos. El primero produce un valor negativo de Cs, cuya distorsión es compensada por el segundo hexapolo. El valor de Cs negativo se dobla con el segundo hexapolo para compensar la distorsión triangular.
b) Dos hexapolos de polaridad opuesta y lentes de transferencia que conectan dichos hexapolos. El primero produce un valor negativo de Cs, cuya distorsión es compensada por el segundo hexapolo. El valor de Cs negativo se cancela con el segundo hexapolo y compensa la distorsión triangular.
c) Un hexapolo que corrige la aberración esférica producida por la lente condensadora en STEM o lente objetivo en TEM produciendo un valor negativo de Cs para compensarla, así como una distorsión de tipo hexagonal.
d) Un hexapolo que corrige la aberración esférica producida por la lente condensadora en TEM o lente objetivo en STEM produciendo un valor negativo de Cs para compensarla, así como una distorsión de tipo hexagonal.

13. El criterio o límite de Rayleigh revela que:

a) Para aumentar la resolución en modo STEM se debería utilizar un ángulo de convergencia grande y electrones de alta energía.
b) Para aumentar la resolución en modo STEM se debería utilizar un ángulo de convergencia pequeño y electrones de alta energía.
c) Para aumentar la resolución en modo STEM se debería utilizar un ángulo de convergencia pequeño y electrones de baja energía.
d) Para aumentar la resolución en modo STEM se debería utilizar un ángulo de convergencia grande y electrones de baja energía.

14. El daño de tipo "*knock-on"* que se puede producir sobre una muestra bajo el haz de electrones en un TEM es:

a) Un proceso de daño por ionización que se puede mitigar disminuyendo la intensidad de corriente del haz de electrones
b) Un proceso de interacción por dispersión elástica en el que la energía transferida E es proporcional al coseno del ángulo de dispersión θ ($E \propto cos\theta$)
c) Un proceso de daño sobre la muestra que se observa en materiales aislantes (particularmente cerámicas), donde la densidad de electrones libres es muy pequeña previniendo el daño por otros mecanismos
d) Un proceso de interacción por dispersión elástica en el cual los electrones incidentes transfieren energía cinética y momento a los átomos provocando desplazamientos

15. Las aberraciones de Seidel son:

a) Astigmatismo, aberración esférica, coma y aberración cromática
b) Astigmatismo, distorsión, aberración esférica, coma y curvatura de campo
c) Astigmatismo, aberración esférica, coma y aberración parasítica
d) Astigmatismo, distorsión, aberración esférica, coma y aberración cromática

16. El disco de mínima confusión debido a la aberración esférica es

a) La limitación impuesta por dicha aberración esférica (C_S), y su radio (δ) es proporcional al cubo de ésta ($\delta \propto C_S^3$)
b) Dependiente de la energía de los electrones incidentes E_0, siendo su radio (δ) inversamente proporcional a ésta ($\delta \propto 1/ E_0$)
c) El disco que se encuentra en plano focal Gaussiano, donde la muestra se encuentra donde el haz de electrones debería estar enfocado.
d) Dependiente del semi-ángulo de entrada (α) de los electrones a través de una apertura, siendo su radio (δ) proporcional al cubo de éste ($\delta \propto \alpha^3$)

17. Complete la frase: *El disco de mínima confusión debido a la aberración cromática…*

a) Es independiente de la dispersión energética
b) Es dependiente de la energía de los electrones incidentes E_0, siendo su radio (δ) inversamente proporcional a ésta ($\delta \propto 1/E_0$)
c) Aumenta su diámetro (δ) al incrementar el semi-ángulo de entrada (α) de los electrones a través de una apertura.
d) Disminuye utilizando lentes acromáticas

18. La resolución de un microscopio TEM se puede expresar sencillamente de la siguiente forma:

a) $d = AC_S^{1/2}\lambda^{1/4}$ siendo A un factor de las condiciones de iluminación (coherente, parcialmente incoherente o incoherente), C_S el coeficiente de aberración esférica y λ la longitud de onda del electrón
b) $d = AC_S^{1/4}\lambda^{3/4}$ siendo A un factor de las condiciones de iluminación (coherente, parcialmente incoherente o incoherente), C_S el coeficiente de aberración esférica y λ la longitud de onda del electrón
c) $d = AC_S^{3/2}\lambda^{1/4}$ siendo A un factor de las condiciones de iluminación (coherente, parcialmente incoherente o incoherente), C_S el coeficiente de aberración esférica y λ la longitud de onda del electrón
d) $d = AC_S^{1/4}\lambda^{1/2}$ siendo A un factor de las condiciones de iluminación (coherente, parcialmente incoherente o incoherente), C_S el coeficiente de aberración esférica y λ la longitud de onda del electrón

19. La sonda en un microscopio con corrector de aberraciones STEM-EELS es:

a) Diez veces mayor en densidad de corriente que en un microscopio convencional, lo que permite la obtención de espectros con mayor sensibilidad y resolución.
b) Treinta veces mayor en densidad de corriente que en un microscopio convencional, lo que permite la obtención de espectros con mayor sensibilidad y resolución.
c) Mucho más pequeña que en un microscopio convencional, lo que da mayor resolución espacial pero menor sensibilidad en energía.
d) Mucho más pequeña que en un microscopio convencional, lo que da menor resolución espacial pero mayor sensibilidad en energía.

20. El método de corrección de aberraciones de Zemlin-tableau es:

a) un método desarrollado para minimizar el coma axial en microscopía electrónica de aberración corregida
b) un método desarrollado para evaluar las aberraciones axiales geométricas relevantes en microscopía electrónica de aberración corregida
c) un método que hace uso de los cambios característicos de la transferencia de contraste incoherente bajo iluminación inclinada para medir aberraciones en microscopía electrónica de aberración corregida
d) un método que hace uso de los cambios característicos de la transferencia de contraste coherente bajo iluminación inclinada para medir exclusivamente la aberración esférica en microscopía electrónica de aberración corregida

21. Seleccione la afirmación verdadera

a) Los campos creados por una lente hexapolar introducen astigmatismo “Threefold”
b) Los campos creados por una lente hexapolar corrigen el coma
c) Los campos creados por una lente hexapolar focalizan un haz circular en una línea
d) Los campos creados por una lente hexapolar alteran las trayectorias de los electrones paraxiales

22. Seleccione la afirmación correcta:

a) Utilizando un detector y una longitud de cámara cuya combinación dé lugar a ángulos de colección >80-100 mrad, se recoge exclusivamente la señal proveniente del scattering de Mott (Rutherford) para la detección de señal de tipo Annular Bright Field (ABF).
b) Los detectores de Annular Bright Field (ABF) son iguales a los de High Angle Annular Dark Field (HAADF) pero de diámetro inferior.
c) En electrones dispersados por efecto de dispersión de Rutherford la señal es principalmente incoherente, destruyendo la relación de fase.
d) La imagen de contraste de fase o coherente no tiene cambios de inversión de contraste con el cambio de foco.

23. ¿Qué tipo de lentes multipolares se emplean comúnmente para los correctores de aberración esférica?

a) Lentes que combinan dos hexapolos y lentes que combinan cuadrupolos
b) Lentes con un hexapolo y lentes que combinan octupolos
c) Lentes que combinan dos hexapolos y lentes que combinan cuadrupolos y octupolos
d) Lentes con un hexapolo y lentes que combinan cuadrupolos y octupolos

24. ¿Cuál de las siguientes estrategias no limita la aberración esférica?

a) Utilizar lentes electromagnéticas que contengan carga especial o que sean “laminares”
b) Utilizar campos electromangéticos que varíen con el tiempo
c) Utilizar lentes multipolares
d) Utilizar lentes con simetría rotacional

25. La dispersión múltiple hace que:

a) Al aumentar el espesor de la muestra se altere la distribución de intensidad del plano focal imagen debido al intercambio dinámico de la intensidad entre haces difractados por la ley de Bragg. Este efecto también se incrementa con el aumento del número atómico de la muestra bajo estudio.
b) Al aumentar el espesor de la muestra se altere la distribución de intensidad del plano focal imagen debido al intercambio dinámico de la intensidad entre haces difractados por la ley de Bragg. Este efecto no depende del aumento del número atómico de la muestra bajo estudio.
c) Al aumentar el espesor de la muestra se altere la distribución de intensidad del plano focal imagen debido al intercambio dinámico de la intensidad entre haces difractados por la ley de Bragg. Este efecto disminuye con el aumento del número atómico de la muestra bajo estudio.
d) Al disminuir el espesor de la muestra se altere la distribución de intensidad del plano focal imagen debido al intercambio dinámico de la intensidad entre haces difractados por la ley de Bragg. Este efecto no depende del aumento del número atómico de la muestra bajo estudio.

26. La diferencia entre un detector tipo Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS) y una charge-coupled device (CCD) para EELS es:

a) El detector CMOS hace una conversión fotón-electrón pixel a pixel mientras que la CCD hace una conversión carga-voltaje en cada pixel.
b) El detector CMOS hace una conversión fotón-electrón en cada pixel mientras que la CCD hace una conversión carga-voltaje pixel a pixel.
c) El detector CMOS hace una conversión carga-voltaje pixel a pixel mientras que la CCD hace una conversión fotón-electrón en cada pixel.
d) El detector CMOS hace una conversión carga-voltaje en cada pixel mientras que la CCD hace una conversión fotón-electrón pixel a pixel.

27. El efecto del conocido “electron channeling” en la cuantificación de EELS de una muestra cristalina se puede reducir:

a) Inclinando la muestra en eje de zona y buscando una zona más delgada
b) Inclinando la muestra fuera del eje de zona y buscando una zona más delgada
c) Inclinando la muestra en eje de zona y buscando una zona más gruesa que no comprometa el nivel de señal
d) Inclinando la muestra fuera del eje de zona y buscando una zona más gruesa que no comprometa el nivel de señal.

28. La técnica de microscopía electrónica de transmisión filtrada en energía o EFTEM (Energy-filtered transmission electron microscopy)

a) utiliza las propiedades del espectro de pérdida de energía para incrementar el contraste, reducir los efectos de la aberración esférica y crear efectos de contraste únicos en la imagen.
b) permite obtener un mapa cuya señal sea proporcional a la concentración de un elemento mediante el método de las tres ventanas.
c) se realiza en modo STEM.
d) no puede filtrar un rango arbitrario de energía, sino que solo filtra aquellos rangos en los que hay una especie química presente.

29. La técnica de 4D STEM:

a) Es conocida también como Pixelated STEM, Momentum-resolved STEM o STEM-EELS
b) Permite la detección de elementos químicos en la muestra
c) Produce imágenes menos afectadas por la curvatura de la muestra a expensas de la relación señal/ruido
d) Permite la detección de mapas de orientación en la muestra

30. Para recoger espectros EELS en un rango de alta energía debemos:

a) Aumentar el ángulo de colección (aumentando la longitud de cámara) e incrementar la intensidad de corriente
b) Disminuir el ángulo de colección (disminuyendo la longitud de cámara) y mantener la intensidad de corriente
c) Aumentar el ángulo de colección (disminuyendo la longitud de cámara) e incrementar la intensidad de corriente
d) Disminuir el ángulo de colección (aumentando la longitud de cámara) y disminuir la intensidad de corriente

PREGUNTAS DE RESERVA

31. El efecto de “electron channeling” es:

a) Una dependencia de la orientación del cristal con las amplitudes de las ondas de Bloch que no afecta a la intensidad de las capas internas visibles en el espectro de pérdida de energía de electrones.
b) Una interacción que aumenta fuertemente la señal de EELS debido al potencial electrostático de los átomos, ya que las columnas actúan como canales para los electrones y éstos se pueden dispersar dinámicamente aumentando la señal.
c) Un efecto de aumento o disminución de la intensidad de los bordes de ionización de los elementos que se da cuando el cristal está orientado en condición de Bragg.
d) Una interacción de dispersión dinámica de los electrones en las columnas de los átomos que disminuye la intensidad de la señal de los bordes de ionización de los elementos cuando el cristal está fuera de la condición de Bragg.

32. El daño en una muestra por radiólisis:

a) se puede reducir típicamente en un factor 2 usando un portamuestras enfriado con nitrógeno líquido o helio.
b) puede provocar el desplazamiento de los átomos por efecto cadena dentro de una muestra o su eyección a la superficie.
c) surge de la dispersión inelástica de los electrones incidentes, en cuyo caso el grado de daño es proporcional a la energía depositada por unidad de volumen de la muestra.
d) surge de la dispersión elástica de los electrones incidentes y depende de su ángulo de dispersión θ.

33. Seleccione la afirmación incorrecta:

a) El Ronchigram refleja las características de una muestra y de la sonda.
b) El Ronchigram muestra distorsiones debido a los cambios de fase de la sonda en la muestra
c) Ronchigram es ampliamente utilizado para optimizar manualmente la sonda en STEM
d) El Ronchigram es equivalente a las aberraciones geométricas axiales en imagen TEM