

## FÍSICA TZ2 zona horaria 2

(Región África, Europa y Oriente Medio y región Asia-Pacífico del IB)

### Bandas de calificación de la asignatura

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 14	15 - 26	27 - 38	39 - 48	49 - 58	59 - 69	70 - 100

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 13	14 - 24	25 - 35	36 - 45	46 - 57	58 - 67	68 - 100

### Evaluación interna del Nivel Superior y del Nivel Medio

#### Bandas de calificación del componente

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 8	9 - 16	17 - 22	23 - 27	28 - 33	34 - 38	39 - 48

### Ámbito y adecuación del trabajo entregado

La transición hacia la estructura revisada de El fue muy buena. La mayoría de los colegios entendieron los requerimientos. Los profesores siguieron mostrando una mejora en los trabajos de laboratorio seleccionados para cada criterio. Los problemas surgieron, sin embargo, cuando los profesores consignaron en el diseño dos variables claramente definidas, o evaluaron el diseño en la determinación de una cantidad concreta, tal y como la gravedad. El criterio de designación estriba en investigar una función o relación entre dos variables.

Los estudiantes necesitan tomar decisiones y estudiantes distintos podrían llevar a cabo investigaciones ligeramente diferentes, ante la misma propuesta del profesor. Aunque ya no se exigen hipótesis en la planificación de una investigación, algunos profesores las solicitan de los estudiantes. Debe advertirse que la evaluación no está dirigida hacia la hipótesis. Sin

embargo, en CE puede plantearse una interpretación física y allí deberían aparecer las hipótesis, pero no son requeridas.

El criterio Obtención y Procesamiento de Datos se hizo bien. Ocasionalmente, los profesores concedieron la totalidad de los puntos aunque estaban ausentes unidades e incertidumbres, y, naturalmente, se piden. En OPD se espera que los estudiantes procesen los datos usando gráficas. Los profesores necesitan plantear investigaciones que resulten apropiadas para los criterios.

La mayoría de los colegios ofrecieron un programa práctico diverso, con investigaciones que iban desde baja tecnología al uso de equipos sofisticados. La mayoría de los colegios cubrieron un amplio rango de temas, pero algunas más de las deseables no estipularon experiencias prácticas sobre las opciones estudiadas. Los profesores han tenido presente que algunas investigaciones sobre temas que no aparecen en el temario, pueden resultar apropiadas para el aprendizaje de destrezas experimentales. La mayoría de los colegios completaron el requerimiento de horas. Sin embargo, hubo algunos casos sospechosos en los que (por ejemplo) un colegio adjudicó 4 horas del tiempo de EI a un pequeño experimento sobre gravedad, y otro colegio que adjudicó 5 horas a una investigación sobre la ley de Hooke. A menudo, los moderadores cuestionan tales adjudicaciones.

OPD y CE resultan normalmente inapropiadas para la evaluación cuando los candidatos trabajan con simulaciones tales como la desintegración radiactiva, usando datos, o la ley de Snell, usando un modelo computacional. Estos son ejercicios válidos para el aprendizaje, pero no resultan apropiados para la evaluación de CE.

## Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

### Diseño

La mayoría de los colegios están asignando temas apropiados para el diseño. La clave para llevar a cabo un criterio de diseño correcto es la propuesta del profesor. Esta debe conducir al estudiante hacia una pregunta de investigación, haciendo que el candidato piense en ella. Las variables necesitan de definiciones operacionales. Si una candidata dice que va a medir el tamaño de un cráter, entonces necesita explicar lo que entiende por tamaño. ¿Es la anchura medida desde los bordes superiores, la profundidad medida desde el nivel de la superficie, o qué es exactamente? Los estudiantes necesitan comprender claramente los términos *variable independiente*, *variable dependiente* y *variable controlada*.

En la mayoría de los casos, se indican correctamente las variables controladas, pero hay veces en que los estudiantes especificar más. Decir tan sólo "Mediré el periodo de un péndulo" no es suficiente. Para lograr un *completo* se espera más atención a los detalles. De manera similar, *datos suficientes* requiere de una apreciación del alcance y el rango de los valores, así como de mediciones repetidas. La mayoría de los estudiantes han indicado estos aspectos. Ocasionalmente, los profesores puntúan excesivamente este aspecto y han de recordar que los moderadores sólo conocen lo que está escrito en los informes de los estudiantes.

### Obtención y Procesamiento de Datos

Este criterio tiende a proporcionar a los estudiantes las mayores calificaciones. Lo que se espera está explicado en detalle en los descriptores de EI. Los profesores han de tener presente que lo que se espera respecto del tratamiento de errores, incertidumbres y gradientes de gráficas, aparece detallado en la Guía del Programa de Física. Hubo sólo unos pocos casos en que los estudiantes indicaron lo que representaban gráficamente. Los profesores han de leer en la Guía de Física las clarificaciones de lo que se espera de los estudiantes en OPD. Unos pocos estudiantes dibujaron las gráficas a mano alzada. El BI espera que los estudiantes utilicen papel milimetrado o, preferiblemente, software gráfico.

Un *completo* en OPD, aspecto 3, requiere que los estudiantes presenten apropiadamente los datos procesados (sin errores u omisiones). La clarificación en la Guía indica que una gráfica relevante tendrá escalas apropiadas, ejes con unidades, puntos de datos correctamente trazados, una línea de mejor ajuste, y que las barras de error y los gradientes máximo y mínimo se han de utilizar para determinar la incertidumbre del gradiente. La sección 1.2 del programa indica en detalle lo que se espera. Los estudiantes pueden utilizar métodos más sofisticados de análisis de errores, tal como la desviación estándar y otros métodos estadísticos, pero la Guía explica el nivel mínimo en la apreciación del error y la incertidumbre.

Al evaluar OPD, se espera que los estudiantes construyan gráficas. Sin embargo, puede haber excepciones, cuando el criterio OPD resulta apropiado para evaluar pero no resulta apropiada una gráfica. Por ejemplo, tal vez los estudiantes estén utilizando fotografías con tomas a espacios prefijados de una luna de Júpiter y reuniendo datos para determinar la constante de gravitación,  $G$ . Habría datos brutos y procesados, e incertidumbres brutas y procesadas. El valor final de  $G$  podría tener un rango de incertidumbre (y debería compararse con el valor aceptado) y, sin embargo, que ningún gráfico resultara relevante. Tal investigación podría obtener un *completo* en el aspecto 3 de OPD.

Podrían darse otros ejemplos de evaluación de OPD sin gráficas. En tales casos, el moderador debe evaluar el tipo de investigación y determinar si un estudiante de secundaria podría y debería construir la gráfica. Si una gráfica hubiera resultado relevante y no se ha trazado, entonces no se puede conceder un *completo* en el aspecto 3 de OPD.

Por ejemplo, en un sencillo experimento con un péndulo, para determinar  $g$ , un estudiante puede haber procesado los datos y encontrado un valor medio para la gravedad. Sin una gráfica, podría no haberse descubierto un error sistemático (quizás una medida equivocada de la longitud del péndulo). En un experimento sobre la ley de Boyle, el espacio muerto en la presión de calibración podría no haberse descubierto sin representar gráficamente los datos. O, cuando se mide la velocidad del sonido con un tubo de extremo abierto, sólo una gráfica apropiada revela el efecto de los bordes. En todos estos casos, el moderador podría no aceptar un *completo* para el aspecto 3 de OPD, sin una gráfica.

Finalmente, hay un tipo de experimento que puede o no ser apropiado para trazar gráficas. En un experimento para determinar el calor específico del agua, un estudiante puede procesar los datos e incertidumbres correctamente y, a continuación, calcular un valor numérico para  $c$ . Sin embargo, puede ser relevante trazar una gráfica en este experimento debido a un posible error experimental en el proceso de calentamiento. Una gráfica de temperatura frente al tiempo (para una fuente de energía eléctrica constante) podría revelar

un crecimiento no lineal de la temperatura con el tiempo y descubrir, por tanto, un importante error experimental. En este caso, una gráfica es relevante y, por tanto, se requiere en el trabajo para obtener un completo en el aspecto 3 de OPD.

Cuando se evalúa la investigación de un estudiante tanto en Diseño como en OPD, entonces se requiere con más certeza una gráfica. Ello es debido a que en Diseño los estudiantes deberían buscar una función o relación entre dos variables. Dichas variables deberán representarse gráficamente de manera apropiada.

La conclusión de las anteriores observaciones es que en la mayoría de las investigaciones, se espera una gráfica. Se aconseja que cuando los profesores evalúen OPD, las gráficas deberían estar involucradas. Sin embargo, hay excepciones. El moderador necesita determinar si la intención de lo establecido en el programa de física sobre el análisis de errores se ha alcanzado sin una gráfica, o no, y si la investigación del estudiante debería, o no, involucrar una gráfica.

### Conclusión y Evaluación

Alcanzar un nivel 3 en el aspecto 1 de CE requiere que los estudiantes justifiquen su interpretación razonable de los datos. Ir más allá de un *parcial* requiere a veces algo más que resumir una gráfica. Quizás se necesite alguna teoría física, o al menos alguna interpretación o significado físico. Los estudiantes deberían preguntarse ellos mismos lo que significa el gradiente de una gráfica, lo que significa un desplazamiento sistemático en la gráfica y lo que significa la dispersión de puntos dato. El aspecto 1 es, probablemente, el más difícil de la EI para lograr un *completo*. Los estudiantes confunden, a menudo, los términos “lineal” y “proporcional”, cuando hablan de la línea trazada en una gráfica.

## Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos

- Los profesores deberían asegurarse de que todo el trabajo de evaluación resulta apropiado para evaluar los criterios relevantes. Esto puede sonar obvio, pero hay numerosos casos en que los estudiantes pierden puntos porque el profesor ha evaluado tareas inapropiadas. Se recuerda que sólo es necesario evaluar una fracción de todas las horas asignadas en el formulario 4/PSOW.
- Aunque solo se utilizan las dos calificaciones más altas por criterio para establecer el grado del estudiante en EI, los estudiantes necesitan cierto número de oportunidades de evaluación de sus trabajos con objeto de mejorar y alcanzar su mejor nivel. Algunos colegio están calificando sólo dos de los trabajos y eso resulta injusto para el estudiante.
- Se recuerda a los profesores que utilicen sólo la versión más reciente del formulario 4/PSOW (la que dispone de espacios para las calificaciones del moderador y del moderador supervisor), e incluyan la portada 4/EI. La calificación del criterio AP se establece con el proyecto del grupo 4, pero no se requiere evidencia del proyecto para la moderación. Se recuerda enviar sólo las muestras de trabajo experimental que han de ser moderadas. Algunos colegios envían portafolios completos. Finalmente, los estudiantes y los profesores deben poner fecha y firmar en el formulario 4/PSOW.

- Hay amplia evidencia de la utilización de las TIC. El BI anima esta práctica. La mayoría de los estudiantes utilizan un procesador de texto para sus informes de laboratorio y muchos colegios emplean software gráfico. Los demás requerimientos TIC se están cumpliendo.
- Se recuerda a los profesores que los materiales de ayuda al profesor (MAP) están disponibles en las páginas de Física del Centro Pedagógico en Línea (CPL). Véase Evaluación, Evaluación Interna y, a continuación, MAP. El material disponible cubre temas de diseño, errores e incertidumbres, TM, e incluye 10 muestras de trabajo experimental de estudiantes que se ha calificado, con comentarios del moderador.
- Está permitido que los profesores respondan las preguntas de los estudiantes cuando éstos hacen el trabajo experimental y cuando escriben sus informes. Sin embargo, los profesores no deben corregir borradores de un informe de laboratorio, y deberían responder sólo a preguntas directas de los estudiantes sobre las posibilidades de investigar (y no responder preguntas directamente). Al evaluar el trabajo de los estudiantes utilizando los criterios de evaluación, los profesores deberían calificar y anotar sólo la versión final. Para más detalles, véase la sección "Orientación y autoría original" de la Guía de Física.
- Cuando se vaya a evaluar el trabajo, es esencial que el trabajo de cada estudiante sea suyo propio. No puede haber un conjunto de datos comunes, o resultados idénticos si el trabajo debe evaluarse.

### Otros comentarios

En esta sección se recogen los consejos que se dan a los moderadores de física para la EI. En términos generales, los moderadores mantienen normalmente las calificaciones de los profesores y, ocasionalmente, las aumentan o disminuyen. Si los profesores han aplicado los criterios para tareas apropiadas, con buena fe, entonces el sistema de moderación deberá apoyarlos. Los moderadores no están para aplicar sus propias convicciones como profesores sobre teoría y práctica, sino para asegurar que los colegios están utilizando los criterios dentro de márgenes aceptables de los descriptores oficiales. En otras palabras, los moderadores **buscan los errores sistemáticos que van más allá del error aleatorio en la aplicación de los aspectos de los criterios**. A los moderadores se les dan los siguientes consejos.

### Cuándo reducen las calificaciones los moderadores

#### Diseño

El moderador reducirá la calificación cuando el profesor indica la pregunta de investigación y/o las variables independiente **y** controlada. El profesor puede proporcionar al estudiante la variable dependiente (siempre que haya una variedad de variables independientes a identificar por el estudiante). Resulta aceptable dar al estudiante un objetivo general de la investigación, si los estudiantes han modificado significativamente la propuesta o pregunta del profesor (e.g. haciéndola más precisa, definiendo las variables). El moderador reducirá la calificación cuando se proporciona un guión que siguen sin modificación los estudiantes, o si **todos** los estudiantes están utilizando métodos idénticos. Las prácticas estándar de laboratorio no son apropiadas para evaluar el Diseño.

### Obtención y Procesamiento de Datos

El moderador reducirá la calificación cuando se entrega una tabla fotocopiada con encabezamiento y unidades que los estudiantes rellenan. Si el estudiante no ha registrado las incertidumbres de algún dato cuantitativo, el máximo que puede conceder el moderador en el primer aspecto es “parcial”. Si el estudiante ha sido *repetidamente inconsistente* en el uso de cifras significativas, al registrar los datos, entonces lo máximo que puede conceder el moderador en el segundo aspecto es “parcial”. En física, los datos son siempre cuantitativos. Dibujar las líneas de campo alrededor de un imán no forma parte de OPD.

El moderador reducirá la calificación cuando se haya proporcionado un gráfico con los ejes rotulados (o se ha informado a los estudiantes sobre las variables a representar), o los estudiantes han seguido un cuestionario estructurado para llevar a cabo el procesamiento de los datos. Para evaluar el aspecto 3 de OPD, se espera que los estudiantes construyan gráficas. Para lograr “completo”, los puntos datos de la gráfica deben incluir barras de incertidumbre, y debe calcularse la incertidumbre del gradiente de la línea de mejor ajuste. El procedimiento habitual es el de los gradientes mínimo y máximo, utilizando el primero y el último de los puntos dato.

### Conclusión y Evaluación

Si el profesor propone a los estudiantes preguntas estructuradas para provocar la discusión, conclusión y crítica, entonces, dependiendo de cómo estén enfocadas las preguntas del profesor y de la calidad de las respuestas de los estudiantes, el máximo alcanzable en cada aspecto que se haya guiado el estudiante es *parcial*. El moderador juzga simple y llanamente las aportaciones de los estudiantes. La diferencia entre un parcial y un completo para el aspecto 1 de CE involucra la justificación e interpretación de los resultados experimentales. Se trata de una tarea difícil y puede involucrar teoría física.

### Cuándo no reducen las calificaciones los moderadores

En los siguientes casos, el moderador mantiene la postura de los profesores, pues son quienes saben qué puede esperar de sus estudiantes.

### Diseño

El moderador no reducirá la calificación cuando se han identificado claramente las variables independientes y controladas del proceso, pero no se han dado en lista aparte (se califica el informe como un todo y no hay obligación de redactarlo usando los aspectos como encabezamientos). Los moderadores no reducirán la calificación cuando haya una lista de variables, y se advierta claramente en el procedimiento cuál es la independiente y cuáles están controladas.

El moderador no reducirá la calificación cuando para una tarea concreta se indican procedimientos similares, pero no idénticos palabra a palabra. El moderador hará un comentario en el impreso 4/IAF sobre lo inapropiado de la tarea. Los moderadores no califican solamente por la relación de materiales, sino que lo hacen también por su clara identificación en el procedimiento seguido. Se recuerda que los moderadores consideran el informe como un todo. Los moderadores no insisten en que la precisión +/- de los aparatos se indique en la relación de aparatos. Ello nunca se ha especificado así a los profesores, aparte de que la idea de registrar las incertidumbres se considera en OPD. Los moderadores

nunca reducen la calificación de un profesor si no se relacionan los artículos habituales tales como gafas de seguridad o batas de laboratorio. Algunos profesores consideran vital enumerar cada uno de ellos, pero otros los consideran parte integral de todo trabajo de laboratorio y asumen su uso. En este punto, los moderadores apoyan la decisión de los profesores.

### **Obtención y Procesamiento de Datos**

Si el estudiante ha sido inconsistente con las cifras significativas para el caso de un punto dato u omite las unidades en el encabezamiento de una columna, en un ejercicio completo de obtención de datos, posiblemente con varias tablas de datos, entonces el moderador no reduce la calificación por este error mínimo. Si el moderador advierte que el estudiante ha demostrado que les ha prestado atención a estos aspectos y ha cometido un error por descuido, entonces el moderador, aún así, puede respaldar la máxima calificación según la regla de que “completo no significa perfecto”. Este es un principio importante puesto que a menudo los buenos estudiantes que responden completamente a una tarea extensa resultan injustamente penalizados, con más frecuencia que los estudiantes que abordan el ejercicio de manera simplista. El estudiante no verá reducida su calificación si no incluye alguna(s) observación(es) cualitativa(s) y el moderador considera que de ninguna forma podría haber sido obviamente relevante. El moderador no reducirá la calificación si no hay título en una tabla, cuando resulte obvio a qué se refieren los datos contenidos en ella. A menudo, los estudiantes llevan a cabo todo el trabajo duro de OPD, pero no titulan las tablas, y el profesor les reduce la calificación. Con la excepción de investigaciones extensas, normalmente resulta evidente a qué se refiere la tabla.

Lo que se espera en el tratamiento de errores e incertidumbres en física se describe en la Guía y en el MAP. La evaluación de los estudiantes tanto de nivel medio como de nivel superior se atiene al mismo programa de contenidos y al mismo estándar de rendimiento. Se espera que todos los datos brutos incluyan unidades e incertidumbres. La última cifra de cualquier escala, o la última cifra significativa de cualquier medición, constituyen una indicación de la incertidumbre mínima. Los estudiantes pueden hacer indicaciones sobre la precisión que indica el fabricante, pero no es exigible. Cuando se procesen los datos brutos, es necesario procesar también las incertidumbres (véase la Guía, sección 1.2.11 del programa).

Los estudiantes pueden hacer estimaciones sobre las medidas compuestas ( $\pm$  la mitad del rango) y realizar conjeturas razonables sobre las incertidumbres en el método de medida. Si las incertidumbres son suficientemente pequeñas como para ser ignoradas, los candidatos deberán informar de ese hecho.

Los gradientes mínimo y máximo deberían trazarse sobre los gráficos, utilizando barras de incertidumbre (usando el primero y el último de los puntos-dato), únicamente en el caso de una variable. Este método simplificado resulta poco claro cuando las dos variables representadas tienen barras de incertidumbre. Cuando las gráficas no son lineales, se espera otro tipo de análisis de la incertidumbre.

Si claramente los estudiantes han intentado considerar o propagar las incertidumbres, los moderadores apoyarán lo concedido por el profesor, aún si consideraran que el estudiante podría haber hecho un esfuerzo más complejo. Si se muestra la propagación en parte del experimento, entonces puede alcanzarse la totalidad de los puntos aún si el análisis de

errores no se ha llevado a cabo en todos sus detalles (siempre que el estudiante haya mostrado una estimación de la incertidumbre podrá obtener un *completo*). Los moderadores **no sancionan** a un profesor o a un alumno si el procedimiento no coincide con el que se enseña i.e. las incertidumbres de una balanza de precisión de un solo platillo se han dado como  $\pm 0,01g$ , cuando se puede pensar que si se considera la tara del pesaje debería duplicarse. La moderación no es el momento, ni el lugar adecuado, para establecer el protocolo que resulte apoyado por el BI.

### Conclusión y Evaluación

A menudo, los moderadores aplican el principio de completo no significa perfecto. Por ejemplo, si el estudiante ha identificado las fuentes más relevantes de error sistemático, el moderador puede apoyar lo concedido por el profesor, aun si le es posible identificar alguna fuente adicional. Los moderadores son algo más críticos en relación con el tercer aspecto que con las modificaciones asociadas a las citadas fuentes de error. Si el moderador advierte que una tarea resultó demasiado sencilla como para representar verdaderamente el espíritu del criterio, hace el oportuno comentario en el 4/IAF respecto a lo inadecuado de la tarea, dando completa justificación de las medidas que deben tomarse al respecto, pero el moderador no necesariamente reduce la calificación del estudiante. En consecuencia, los estudiantes pueden obtener altas calificaciones en OPD con un breve trabajo en base a datos limitados, pero si los estudiantes han cumplido con los requerimientos de los aspectos dentro de ese pequeño rango, el moderador mantendrá las calificaciones del profesor.

El aspecto más desafiante de CE es diferenciar entre parcial y completo en el aspecto 1: "Enuncia una conclusión y la justifica, basándose en una interpretación razonable de los datos." Una justificación puede consistir en un análisis matemático de los resultados, que incluya una crítica de los límites del rango de datos; pero debe ser también un análisis que incluya alguna interpretación o teoría física, incluso una hipótesis (aunque no se exigen hipótesis). Es difícil lograr un completo en CE (aspecto 1) porque se requieren comentarios serios y reflexivos, algo que va más allá de "los datos revelan una relación lineal y proporcional". Véase el último párrafo de los comentarios previos sobre Conclusión y Evaluación.

## Comentarios generales sobre las pruebas escritas

Las pruebas de elección múltiple del BI se diseñan para proponer, esencialmente, preguntas que prueben el conocimiento de hechos, conceptos y terminología, y sus aplicaciones. Estos Objetivos de Evaluación se especifican en la Guía. Debe advertirse que las preguntas de elección múltiple permiten poner a prueba definiciones y leyes sin recordarlas totalmente, pero requieren comprensión de los conceptos subyacentes.

Aunque las preguntas puedan involucrar cálculos sencillos, los cálculos pueden evaluarse más apropiadamente en las preguntas de las Pruebas 2 y 3. Por ello, no se necesitan ni permiten calculadoras para la Prueba 1.

A veces, en las Pruebas 2 y 3, se pide a los candidatos que escriban un corto párrafo para poder evaluar su comprensión de los temas. Basándose en múltiples respuestas, está claro que se ha preparado a los candidatos para dar definiciones y realizar cálculos, pero se

muestra poca comprensión de la física subyacente. Es esta falta de comprensión la que impide a los candidatos obtener grados mayores

Debe animarse a los candidatos para que den definiciones precisas de las magnitudes físicas. No son aceptables las definiciones expresadas total o parcialmente en términos de unidades.

## Prueba 1 del Nivel Superior y del Nivel Medio

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 10	11 - 14	15 - 18	19 - 22	23 - 25	26 - 29	30 - 40

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 16	17 - 20	21 - 23	24 - 30

### Comentarios generales

Algunas preguntas son comunes a las pruebas de NM y NS, y las preguntas adicionales en el NS permiten abarcar más a fondo el programa de estudios.

Sólo un pequeño porcentaje de la totalidad de profesores de todos los Centros que participaron en el examen enviaron los impresos G2. Por ejemplo, en el NM, hubo 81 respuestas de 380 Centros. En consecuencia, es difícil evaluar la opinión general ya que quienes enviaron los formularios G2 pudieran ser sólo aquellos que se sintieron más afectados por la Prueba. Las respuestas indicaban que las pruebas de mayo de 2009 fueron, en general, bien acogidas. La inmensa mayoría de los profesores que comentaron la Prueba consideraba que contenía preguntas de un nivel apropiado. Sin embargo, una minoría significativa pensaba que ambas Pruebas exigían un poco más que el año anterior. Tales cambios en las exigencias pueden tenerse en cuenta al establecer las bandas de calificación. Con pocas excepciones, los profesores consideraron que las Pruebas cubrían el programa de modo satisfactorio o bueno

Al comentar sobre la cobertura, debería tenerse presente que esta prueba debe juzgarse en conjunción con la Prueba 2. Todos los profesores consideraron que la presentación de las Pruebas era o satisfactoria o, por amplia mayoría, buena. Debe tenerse en mente que la sesión de exámenes de física de mayo de 2009 era la primera que involucraba al nuevo programa.

## Análisis estadístico

El rendimiento global de los candidatos y el correspondiente a las diferentes preguntas se pone de manifiesto en el análisis estadístico de las respuestas. Estos datos se recogen en las tablas que siguen a continuación.

Los números que aparecen en las columnas A-D y en Blanco representan el número de candidatos que eligieron esa opción o que dejaron la pregunta en blanco. La opción correcta (la clave) está indicada por medio de un asterisco (\*). El *índice de dificultad* (quizás mejor llamarlo índice de facilidad) es el porcentaje de candidatos que responden correctamente a la pregunta (la clave). Un índice alto indica, por tanto, que la pregunta es fácil. El *índice de discriminación* es una medida de lo bien que discrimina la pregunta entre candidatos de capacidades diferentes. En general, un índice de discriminación alto indica que una gran proporción de los candidatos mejores identifica correctamente la clave, en comparación con los candidatos peores. Sin embargo, este puede no ser el caso cuando dicho índice es o alto o bajo.

## Prueba 1 del Nivel Superior – análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	291	1051	1120	*1447	10	36.92	0.21
2	273	1436	*1731	474	5	44.17	0.44
3	397	*1975	371	1170	6	50.40	0.45
4	*2157	516	1145	96	5	55.04	0.15
5	*1347	1449	892	229	2	34.37	0.46
6	110	321	*3326	157	5	84.87	0.24
7	1855	*1731	176	153	4	44.17	0.47
8	844	*1661	420	970	24	42.38	0.34
9	123	26	*3564	203	3	90.94	0.16
10	145	*1896	1529	343	6	48.38	0.30
11	197	1482	*1936	299	5	49.40	0.45
12	190	*2999	467	261	2	76.52	0.27
13	*2869	446	329	269	6	73.21	0.41
14	838	*1347	*1092	632	10	62.24	0.32
15	*2277	1005	137	499	1	58.10	0.38
16	1321	307	372	*1912	7	48.79	0.36
17	367	771	*1886	886	9	48.12	0.24
18	*2057	701	812	330	19	52.49	0.51
19	500	669	*2090	649	11	53.33	0.35
20	95	601	*2918	302	3	74.46	0.46
21	106	421	*2994	389	9	76.40	0.42
22	569	*2672	168	502	8	68.18	0.37
23	54	*1758	2006	95	6	44.86	0.39
24	1431	*983	99	1388	18	25.08	0.29
25	442	850	*1999	607	21	51.01	0.34
26	*2449	121	1082	261	6	62.49	0.34
27	246	499	541	*2627	6	67.03	0.50
28	947	772	476	*1701	23	43.40	0.44
29	1544	274	282	*1815	4	46.31	0.30
30	*1236	807	1004	852	20	31.54	0.34

31	*1132	546	*1554	677	10	68.54	0.25
32	1356	266	286	*2003	8	51.11	0.37
33	*1644	1887	240	146	2	41.95	0.35
34	270	709	844	*2074	22	52.92	0.36
35	379	548	384	*2580	28	65.83	0.55
36	77	52	*3653	133	4	93.21	0.10
37	639	*2846	316	110	8	72.62	0.38
38	303	*1340	990	1267	19	34.19	0.25
39	*2832	158	782	130	17	72.26	0.30
40	731	441	727	*2014	6	51.39	0.38

Número de candidatos: 3919

### Prueba 1 del Nivel Medio – análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	295	1029	971	*1300	18	35.98	0.26
2	*2128	137	441	904	3	58.90	0.52
3	545	1711	*1047	306	4	28.98	0.37
4	399	*2011	473	725	5	55.66	0.35
5	78	294	*2661	576	4	73.65	0.42
6	410	*1390	474	1330	9	38.47	0.31
7	2213	675	*379	345	1	10.49	0.11
8	*1832	660	1012	101	8	50.71	0.18
9	499	178	1210	*1718	8	47.55	0.25
10	170	102	*2869	471	1	79.41	0.36
11	*2117	740	370	372	14	58.59	0.50
12	224	*2721	424	242	2	75.31	0.22
13	1541	*1276	564	219	13	35.32	0.48
14	920	*871	*1147	662	13	55.85	0.27
15	*1086	*1751	617	156	3	78.52	0.29
16	*1747	366	1314	179	7	48.35	0.40
17	579	530	348	*2151	5	59.54	0.51
18	186	591	*2336	491	9	64.66	0.51
19	463	287	*2638	216	9	73.01	0.39
20	647	*2100	278	582	6	58.12	0.37
21	*1556	891	469	687	10	43.07	0.41
22	592	514	*1775	721	11	49.13	0.54
23	1405	495	326	*1378	9	38.14	0.36
24	448	561	499	*2097	8	58.04	0.55
25	156	659	*2491	294	13	68.95	0.38
26	307	*2099	954	242	11	58.10	0.38
27	322	464	411	*2407	9	66.62	0.22
28	347	931	730	*1580	25	43.73	0.40
29	725	741	436	*1692	19	46.83	0.63
30	682	*2278	511	123	19	63.05	0.40

Número de candidatos: 3613

## Comentarios sobre el análisis

### **Dificultad**

El índice de dificultad varió entre el 25% en NS y el 11% en NM (preguntas relativamente “difíciles”), y el 93% en NS y el 79% en NM (preguntas relativamente “fáciles”). La mayoría de las preguntas estaban en el rango entre el 30% y el 70%. Así pues, las pruebas dieron una amplia oportunidad a todos los candidatos para lograr algunos puntos y, al mismo tiempo, proporcionaron una buena distribución de las puntuaciones.

### **Discriminación**

Todas las preguntas presentaron un valor positivo para el índice de discriminación. Idealmente, el índice debería ser, aproximadamente, mayor que 0,2. Esto se alcanzó en la inmensa mayoría de las preguntas. Sin embargo, un índice de discriminación bajo puede no ser el resultado de una pregunta poco fiable. Podría indicar un error conceptual compartido por los candidatos o ser una pregunta con un índice de dificultad alto. En ambos niveles, el 40% de los coeficientes de discriminación oscilaban en torno a 0,40.

### **Respuesta “en blanco”**

En ambas pruebas, el número de respuestas en blanco tendía a aumentar hacia el final. Ello puede indicar que los candidatos no tuvieron suficiente tiempo para completar sus respuestas, a pesar de la ausencia de comentarios de los profesores a este respecto. Aún así, esto no explica las respuestas “en blanco” al principio de las Pruebas. Se debe recordar a los candidatos que las respuestas incorrectas no están penalizadas. Por lo tanto, si se desconoce la respuesta correcta, debería hacerse una conjetura razonable. En general, algunos de los “distractores” serán susceptibles de eliminación, reduciendo así lo que ha de conjeturarse.

## Puntos fuertes y débiles de los alumnos al abordar las distintas preguntas

El rendimiento de los candidatos en cada una de las preguntas se indica en las tablas estadísticas anteriores, junto con los valores de los índices. Para la mayoría de las preguntas, esta información proporciona suficiente realimentación cuando se considera una pregunta determinada. Por lo tanto, únicamente se harán comentarios sobre preguntas seleccionadas, i.e. aquellas que ilustran un tema particular o en las que se haya identificado un problema.

### **NM y NS Preguntas comunes**

#### **NM P1 y NS P1**

Algunos profesores indicaron sus reservas respecto a esta pregunta, que involucraba memorización pura. El programa indica que puede esperarse tales preguntas. La respuesta correcta presenta un número para la masa del universo claramente diferente de los otros distractores y representativo del límite inferior de los valores actualmente aceptados.

**NM P6 y NS P3**

Una pregunta altamente discriminatoria. El diagrama resultó útil para comprender la situación física, aunque el uso de la conjunción “después” fuera preferible al uso de la conjunción “cuando”.

**NM P14 y NS P14**

La interpretación de la expresión “El índice de refracción del medio 2 respecto del medio 1 es” podría haber presentado alguna dificultad a los estudiantes para los que el inglés no es su lengua materna. En consecuencia, se aceptaron las respuestas B y C.

**NM P23 y NS P32**

Es bueno recordar que el proceso de fusión está caracterizado por la presencia de neutrones y núcleos de masas comparables a las de los productos de la reacción.

**NS Preguntas****P7**

Una pregunta muy discriminatoria. La respuesta A fue la más elegida y muchos estudiantes desconocían un aspecto característico del campo eléctrico, como es el de que el trabajo realizado por el campo eléctrico es independiente del camino seguido en el campo. Ese era el aspecto crucial de la pregunta.

**P10**

Cuando se utiliza la expresión “proporcional a”, se entiende que se refiere a “directamente proporcional a”. De lo contrario, debe especificarse en la pregunta.

**P17**

Este tema está considerado en la sección 11.4.3 del programa.

**P31**

La intencionada respuesta A es aceptable. Sin embargo, debido a la diversidad de diseños de reactores nucleares, también se aceptó la respuesta C.

**P33**

Esta es una pregunta sobre un concepto tradicional que constituye un reto. Una mayoría de estudiantes eligieron la respuesta B en vez de la A. La pregunta está formulada de modo que lo que es importante es la física, no el álgebra (signo). Un buen coeficiente de discriminación.

**NM Preguntas****P7**

Un coeficiente de dificultad muy alto y, como consecuencia, un bajo coeficiente de discriminación. La pregunta exige una aplicación estricta de la tercera ley de Newton. Un gran número de estudiantes se distrajeron con otros parámetros, especialmente con la

tensión del cable. La tensión del cable no es, hablando estrictamente, la reacción de la lámpara a la acción,  $W$ , de la Tierra sobre la lámpara.  $W$  es la acción de la Tierra sobre la lámpara, así que la reacción de la lámpara ( $-W$ ) debe actuar sobre la Tierra.

### P15

Esta (retadora) pregunta trataba sobre la naturaleza de una onda (aquí un pulso), tal como se explica a partir del MAS. Tiene un significativo coeficiente de discriminación negativo y un alto coeficiente de dificultad. Debido a la ambigüedad en la posición del punto P (la respuesta A requiere que el punto P esté más bajo a la izquierda sobre el segmento del pulso), se aceptaron las respuestas A y B. La versión publicada de esta pregunta mostrará la velocidad en vez de la aceleración del enunciado, siendo B la respuesta relevante.

### P27

El efecto fotoeléctrico no está estrictamente en el programa del NM (7.1.4). Sin embargo, la descripción del mecanismo básico de la célula *fotovoltaica* tendría que incluir el nombre del proceso.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Los candidatos deberían abordar todos los ítems. Si no están seguros de cuál es la respuesta correcta, entonces siempre podrían elegir la opción que, para ellos, resulta ser la más probable. Debería recalcarse que una respuesta incorrecta no da lugar a la reducción de un punto.

El enunciado debe leerse cuidadosamente. Da la impresión de que algunos candidatos no leen el enunciado completo, sino que, habiendo determinado el significado general, pasan a las opciones de respuesta. Las preguntas de opción múltiple son tan cortas como resulta posible. En consecuencia, toda palabra es significativa e importante.

Tras decidir la respuesta correcta, los candidatos deberían comprobar que las demás opciones no son viables.

Considerando que los exámenes de física de mayo de 2009 cubrían un nuevo programa, los resultados obtenidos para la Prueba 1 son muy esperanzadores.

## Prueba 2 del Nivel Superior

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 10	11 - 20	21 - 31	32 - 41	42 - 50	51 - 60	61 - 95

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
----------------------------	---	---	---	---	---	---	---

**Puntuaciones:**      0 - 4      5 - 9      10 - 14      15 - 19      20 - 25      26 - 30      31 - 50

En la primera presentación del nuevo programa, fue especialmente importante un cuidadoso escrutinio de los formularios G2. Como es usual, solo un pequeño porcentaje de centros cumplieron el formulario, aunque en NS más de la mitad de los centros consideraron que los estándares fueron similares a los del año anterior, lo que aumentó hasta el 75% en el NM. Alrededor del 30% pensó que las pruebas de NS fueron un poco más difíciles (16% para NM), y alrededor del 10% de ambos niveles, que fueron más fáciles que hasta ahora. Las estadísticas no lo confirman, aunque en NM la puntuación media aumentó en 0,5 en comparación con mayo de 2008 y en NS lo hizo en 5 puntos, volviendo a los niveles de mayo de 2007. La inmensa mayoría consideró que la cobertura del programa, la claridad de la redacción y la presentación de ambas pruebas fueron o satisfactorias o buenas.

## Comentarios generales

Muchos candidatos encontraron difícil rendir bien en las Pruebas, a pesar de que se consideraba que había abundantes puntos accesibles a aquellos que pudieran tener dificultades con los aspectos más conceptuales del curso. Como se identificó el pasado año, los candidatos pierden a menudo puntos como consecuencia de definiciones carentes de precisión o expresadas en lenguaje no científico. De hecho, la precisión fue un problema a lo largo de todas las Pruebas. Por ejemplo, como en el último año, un número significativo de candidatos perdió algunos puntos relativamente fáciles como consecuencia de líneas de mejor ajuste inaceptables en la pregunta (A1) de análisis de datos. Debería recalcar a los estudiantes que “línea de mejor ajuste” no significa necesariamente línea recta. Hay muchos otros tipos de línea. Los candidatos no siempre parecen tener presente la estructura de las puntuaciones.

## Áreas del programa y del examen que resultaron difíciles para los alumnos

El equipo de examinadores detectó las siguientes áreas:

- Las razones por las que las relaciones pueden considerarse de proporcionalidad directa
- La comprensión del término píxel
- La definición de resistencia
- La necesidad de explicar claramente los pasos de un cálculo
- Establecer las hipótesis de la teoría cinética de un gas ideal
- Explicación de las condiciones requeridas para el movimiento armónico simple
- Una comprensión clara del significado de la resolución, en la teoría de la difracción (NS)
- La Física del cambio climático
- Comprender el término “estimar”

## Áreas del programa y del examen en que los alumnos demostraron estar bien preparados

Fue agradable ver que se ponían de manifiesto las siguientes destrezas:

- Manipulación simbólica para proporcionar una relación o fórmula dada
- Uso de los diagramas de Sankey
- Cálculos con la ley de los gases y los diagramas  $pV$  para un gas

## Puntos fuertes y débiles de los alumnos al abordar las distintas preguntas

Hubo muchas preguntas comunes para NM y NS. Los comentarios que siguen están ordenados según aparecen las preguntas en el NS.

### Sección A

#### A1 [NS y NM] Pregunta sobre análisis de datos

##### Comentario general

Algunos formularios G2 indicaban que el requerimiento de tomar logaritmos de una función potencial e indicar el tratamiento gráfico necesario para deducir el valor del exponente, en el caso de candidatos del NS, estaba más allá del programa.

El punto de vista de los examinadores es, claramente, que esta destreza analítica es algo que cabe esperar de los candidatos de NS y los centros deben esperar en el futuro que, de cuando en cuando, se propongan preguntas que requieran de la utilización del análisis logarítmico.

El contexto para esta pregunta fue sencillo.

- a) Fue bien respondida y casi todos los candidatos dibujaron curvas apropiadas que se situaban dentro de los límites de error.
- b) Esto no se hizo bien. Se reconoció la naturaleza no lineal de los datos como causa de la no proporcionalidad para intervalos de tiempos grandes. Pocos fueron capaces de indicar que hasta 120 s, aunque los datos se situaban sobre una línea recta, ésta no pasaba por el origen y, por tanto, la relación no era de proporcionalidad *directa*.
- c) Aunque muchos candidatos comprendieron en qué se basaba el método, a menudo se perdió un punto porque la línea trazada estaba dibujada tan pobremente que situaba la respuesta fuera de los límites de error decididos por los examinadores.
- d) Los examinadores esperaban encontrar pendientes calculadas a partir de líneas extrapoladas para los primeros instantes. De hecho, la mayoría de los candidatos utilizó triángulos sólo para los primeros 100 s y perdió puntos porque este enfoque era inadecuado.
- e) Se respondió bien.
- f) [solo NS]

- (i) A pesar de los comentarios en los formularios G2, muchos candidatos de todos los niveles de capacidad lograron tomar logaritmos en ambos lados de la ecuación y utilizarlos para indicar la gráfica apropiada que se tenía que dibujar.
  - (ii) De nuevo, muchos fueron capaces de relacionar del gradiente de la gráfica logarítmica con el exponente en la ley potencial.
- g) NS y (f) NM: La gráfica esquematizada era, sobre todo, pobre aunque solvente. Pocos se molestaron en relacionar claramente la gráfica con la presentada antes en el enunciado, de modo que el gradiente inicial y los valores finales fueron, en el mejor de los casos, aproximados.

### A2 [NS y NM] Resistencia eléctrica

- a) (i) Hubo pocas definiciones claras de Resistencia eléctrica. Muchos recurrieron a expresiones coloquiales: “voltaje sobre corriente” fue particularmente corriente. Debería animarse a los candidatos a definir los símbolos que se usen y a exponer claramente las ecuaciones.
- (ii) Sólo los candidatos más flojos fueron incapaces de determinar la resistencia de la bobina de calentamiento.
- (iii) Era una pregunta “demuestre que” y se esperaban explicaciones completas, que incluyeran la reordenación de la ecuación del cuadernillo de datos. Los candidatos no pueden esperar máxima puntuación con reordenaciones negligentes o poco cuidadosas.

Muchos candidatos obtuvieron la puntuación máxima.

### A3 [NS y NM] Campos de fuerza

- a) Muchos fueron capaces de conectar la idea de campo de fuerza a una región del espacio, pero pocos indicaron el efecto del campo, i.e. una fuerza sobre una masa o una carga, etc., situada en la región.
- b) Se identificaron bien los tipos de campo, y los candidatos de NS obtuvieron generalmente 2 puntos sobre 3 y los de NM 3 puntos sobre 5.

### A4 [HL] y B3 parte 1 [NM] Energía de las olas

- a) La mayoría obtuvo un punto sobre dos. Los candidatos escribieron sobre la conversión de energía cinética de la onda en cinética en el eje u otra parte móvil del convertidor, o se centraron en la conversión de cinética a eléctrica. Los candidatos necesitan que se les anime a mirar de un modo holístico las preguntas de este tipo.
- b) Ambas preguntas: la “demuestre que” y la “deduzca” se respondieron pobremente. Estaba claro que muchos candidatos buscaron a tientas una respuesta con muy poca idea de lo que venía a continuación. El nivel de presentación de las respuestas fue excepcionalmente pobre. Los candidatos no pueden esperar una máxima puntuación salvo que presenten cada paso de su argumento.
  - (i) Resultó inusual encontrar una indicación clara de que el centro de masas de la onda se situaba en A y no en 2A. También se prescindió del factor  $\frac{1}{2}$  que involucraba a  $\lambda$ .

- (ii) La mayoría describió pobremente la relación entre el tiempo de llegada de una onda y el número de ondas que llegan por segundo.
- c) Esta pregunta requería de una estimación de la velocidad de la onda. Una pregunta que involucre el término “estimar” requiere, a menudo, que el candidato estime una o más variables. Muchos candidatos, sencillamente, lo ignoraron y dejaron la velocidad de la onda como un símbolo más; con este enfoque se pueden obtener algunos puntos, pero no la máxima puntuación.
- d) Muchos candidatos se dieron cuenta de que el burdo modelo de la onda cuadrada de la pregunta significa que el volumen estimado de la onda es demasiado grande. Bastantes prosiguieron indicando que ello era una subestimación de la potencia de la onda y perdieron un punto de los dos posibles.

### **A5 [solo HL] Dispositivos CCD**

- a) Las indicaciones del significado del término píxel fueron demasiado imprecisas y no se referían los CCD, como se indicaba en la pregunta.
- b) Aunque la mayoría de los candidatos tenían una idea razonable del mecanismo de funcionamiento en el píxel cuando los fotones inciden en él, las explicaciones fueron incompletas y, usualmente, omitidos uno o más pasos del proceso.
- c) Muchos fueron capaces de indicar que se requería la posición del píxel; otras respuestas correctas eran también posibles.
- d) Hay muchas ventajas del CCD en comparación con una película fotográfica y los candidatos fueron perfectamente capaces de indicarlas.

## **Sección B**

### **B1**

#### **Parte 1 [NS y NM] Bala desde un arma**

- a) Menos de la mitad de los candidatos fueron capaces de relacionar la fuerza variable con una aceleración variable, pero muchos más indicaron que la ecuación de la cinemática sólo se aplicaba en condiciones de aceleración constante.
- b) (i) Una vez que los candidatos llegaron a la idea de que se requería una fuerza media para los 2 ms finales del gráfico, tuvieron menos problemas. Los enfoques en otras direcciones fueron mucho menos exitosos.  
  
(ii) Poco menos de la mitad de los candidatos se dio cuenta de que el área bajo la gráfica era igual al cambio en el momento y, así, esta pregunta se respondió pobremente.
- c) (i) El conocimiento del cambio en el momento debería conducir directamente al cambio en la velocidad de la bala, pero ello sucedió raramente y los candidatos entraron en círculos viciosos y no lograron puntuación alguna con sus cálculos confusos e imprecisos.  
  
(ii) Como en el apartado anterior, la mayoría de los candidatos no pudo hacer frente a la física comparativamente sencilla involucrada y demasiados intentaron usar el

enfoque *fuerza x velocidad* pero llegaron a confundirse por la necesidad de contar de un valor medio para ambas magnitudes.

- d) Hubo muchos enunciados estándar de la tercera ley de Newton, pero la mayoría de las explicaciones sólo logró obtener la mitad de los puntos restantes. Fue raro ver la pareja acción-reacción claramente identificada y las restantes explicaciones fueron generalmente pobres y divagadoras.

### **B1 Parte 2 [solo NS] Movimiento de una partícula cargada**

- a) Muchos comprendieron la base de los cálculos, pero demasiado a menudo los cálculos fueron equivocados por omisión de los factores 2 y 4 en la carga y la masa de la partícula.
- b) (i) A menudo, el módulo del campo eléctrico se calculó correctamente, salvo errores en la potencia de diez; las unidades fueron, con frecuencia, incorrectas.
- (ii) De nuevo, la aceleración se calculó bien salvo la omisión de los factores 2 y 4, como se observó en el apartado (a). Los candidatos no son penalizados dos veces por los mismos errores.
- c) (i) Muchos realizaron exitosamente este sencillo cálculo.
- (ii) Muchos tenían una idea clara de lo que necesitaban hacer y alrededor de la mitad de los candidatos llevaron adelante los cálculos y deducciones sin error. Alguno, tras haber calculado correctamente la distancia involucrada, dedujo el resultado opuesto por no haber pensado correctamente el problema.

### **B1 Parte 2 [solo NM] Combustibles fósiles**

- a) (i) La mayoría pudo indicar el significado del término “combustible”.
- (ii) a (b) coinciden con B2 Parte 2 [NS]

## **B2**

### **B2 Parte 1 [solo NS] Gases ideales**

- a) (i) No se expresaron claramente las hipótesis. Muchos candidatos indicaron el carácter elástico de los choques, olvidando que eso ya se mencionaba en el enunciado de la pregunta. Esta pedía “otras hipótesis” y ello debería haber proporcionado una pista.
- (ii) Los 3 puntos adjudicados deberían haber indicado a los candidatos que se pedía algo más que una discusión sobre energías interna y potencial. Fueron muy raras las discusiones de los requerimientos para utilizar la energía cinética media.
- b) Una gran proporción de candidatos hizo correctamente los cálculos de los apartados (i) – (iii).
- c) (i) Muchos candidatos dibujaron correctamente la gráfica p-V después de hacer un claro y cuidadoso análisis, y comprendiendo los cambios en el gas. Algunos candidatos omitieron dar alguna pista sobre el sentido en que se recorría el ciclo y fueron penalizados.

(ii) La rotulación de los cambios durante los cuales el gas trabaja sobre los alrededores no fue tan buena, con respuestas múltiples o ambiguas.

(iii) Muchos comprendían que el área bajo la curva da cuenta del trabajo realizado en un proceso concreto; pero, a menudo, fue muy poco claro cuál área pensaban los candidatos que era importante en este caso particular. Tal ambigüedad condujo a no conceder un punto.

### **B2 Parte 2 [NS] B1 Parte 2 [NM] Combustibles fósiles**

- (a) Sólo se aceptaron combustibles no derivados. Así, los examinadores no consideraron el diesel como un combustible fósil.
- (b) Las explicaciones de por qué los combustibles fósiles se dicen no renovables fueron pobres. La clave está en que el ritmo de consumo de esos combustibles es (alocadamente) mayor que el ritmo de su formación. Así pues, los combustibles se agotarán. Enunciados como “no pueden usarse de nuevo” son evidentes y no merecen puntuación alguna.
- (c) El trabajo sobre el diagrama de Sankey debería haber sido mejor, a pesar de que muchos obtuvieron la puntuación máxima. Los candidatos son reacios a revelar exactamente cómo determinan el rendimiento y los examinadores tiene que recurrir a analizar el diagrama dibujado para buscar alguna evidencia de que los candidatos lo han usado. Una vez más, los candidatos necesitan hacer más obvios sus métodos de trabajo.
- (d) Muchos encontraron difícil determinar tres razones para el continuo uso extendido de los combustibles fósiles. La norma fue dos, con una repetida. Algunos candidatos dieron tan poco detalle en sus respuestas que no se les concedió ningún punto. “Costes de transporte” es difícil de puntuar, salvo que se indiquen más detalles.

### **B2 Parte 2 [solo NM] Procesos nucleares**

- a) y (b) son las mismas que B4 Parte 1 [NS] (a) y (c)
- c) Muchos candidatos mostraron que la partícula alfa toca al núcleo de oro antes de retroceder.
- d) (i) La mayoría conocía el nombre del proceso.  
(ii) Muchos candidatos fueron capaces de manipular tanto las potencias de diez como la ecuación requerida, para llegar a una respuesta correcta.  
(iii) Se hizo pobremente y muchos no tenían clara la idea sobre el método o la conversión pedida en este cálculo.

## **B3**

### **B3 Parte 1 [NS] y B2 Parte 1 [NM] Movimiento armónico simple**

- a) A menudo, los candidatos fueron capaces de indicar la proporcionalidad directa entre la aceleración y el desplazamiento, y la diferencia de sentido entre ellos dos como se requiere para que el movimiento sea armónico simple. Sin embargo, solo alrededor de la mitad fue capaz de relacionar dichos requerimientos con la gráfica.

- b) Alrededor de la mitad fue capaz de convencer a los examinadores (era de nuevo una “demuestre que”) que podían deducir las respuestas. Todos hicieron una presentación pobre y los pasos de la demostración no se ordenaron lógicamente.
- c) (i) A menudo, los candidatos identificaron la dirección y sentido de la propagación de la energía con la del movimiento del medio. Fue raro ver un enunciado de lo que es realmente la onda, en términos de oscilación del medio.  
(ii) Frecuentemente los cálculos fueron correctos.

### **B3 Parte 2 [solo NS] Difracción de la luz**

- a) (i) Las descripciones fueron incompletas. Se indicó correctamente el hecho de que la luz se extienda, pero no la dimensión apropiada de la abertura difractora.  
(ii) En la pregunta, la rendija era demasiado ancha. Los examinadores no pedían un ancho consistente del máximo central, sino que calificaron los máximos secundarios en función de la altura relativa y la posición de los mínimos.  
(iii) Muchos candidatos sacaron adelante los cálculos, especialmente en la primera parte donde necesitaban calcular el ángulo para el primer mínimo. Después se deslizó este factor de error 2, conduciendo a que muchos lograran solo algunos puntos.
- b) (i) Casi la mitad de los candidatos describió correctamente la utilización del término “resuelto”.  
(ii) El resumen de la razón para la no resolución de dos faros situados a gran distancia se hizo pobremente. Muchos candidatos no lograron indicar, ni siquiera, el efecto dominante en este proceso de difracción. Estaba claro que muchos no lo entendieron.

### **B4**

#### **B4 Parte 1 [NS] B2 Parte 2 [NM] Procesos nucleares**

- a) A menudo se completó la reacción nuclear correctamente.
- b) **[solo NS]**
  - (i) Muchos pudieron hacer frente al cálculo de la semivida pero, ocasionalmente, se cometieron errores con las potencias de diez.
  - (ii) Por otro lado, muchos candidatos comenzaron los cálculos de la emisión, pero no pudieron llevarlos a término, de modo que los examinadores concedieron por sí mismos puntos sólo por las partes iniciales del cálculo completo.
- c) **NM (b)**
  - (i) Sólo alrededor de un tercio de los candidatos respondió correctamente a la sencilla indicación del ángulo de desviación. Hubo un fallo generalizado al trazar la dirección final de la partícula alfa frente a la prolongación de la dirección original. Demasiado a menudo, los candidatos recurrieron a señalar un ángulo entre la dirección original y la de la trayectoria en un punto en el que la partícula presentaba más desviación respecto de la original.

(ii) Alrededor de la mitad de los candidatos se dio cuenta de que el isótopo de oro sustituyente tenía la misma carga y que, por tanto, no habría cambio en la desviación.

d) **[solo NS]**

Este cálculo se hizo pobremente, sin casi comprensión de cómo empezar.

**B4 Parte 2 [NS] / B3 Parte 2 [NM] Albedo**

- a) La Física de la absorción infrarroja se describió pobremente. Los procesos subyacentes de resonancia y estados de energía vibracional de las moléculas del gas no se valoraron suficientemente.
- b) Hubo falta de claridad sobre el proceso atmosférico concreto.
- c) Generalmente, se respondió bien.
- d) (i) Los candidatos fueron vagos respecto a la dirección en la que la energía es reflejada y absorbida.  
(ii) Fueron raros los enunciados sobre el significado del albedo como una relación. Demasiado a menudo, los candidatos saltaron a la conclusión de que “el albedo disminuye”, sin explicar claramente cómo los cambios en la energía reflejada conducían a ello.
- e) Muchos candidatos fueron capaces de enfrentarse adecuadamente a este sencillo cálculo.
- f) Las razones citadas fueron débiles y normalmente enfocadas a la naturaleza de la estimación numérica del apartado (e)

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Una vez más, el problema más común ha sido la falta de precisión de las respuestas escritas, especialmente las que requerían de una explicación. Fueron pocos los argumentos que se deducían lógicamente siguiendo etapas relevantes. Debería animarse a los candidatos a ser capaces de definir los términos que utilicen y a definir los símbolos que estén usando. Los candidatos no son aún sensibles al significado del verbo de acción con que se inicia una pregunta; “explique” necesita una respuesta más detallada que “indique”. Los candidatos necesitan estar dispuestos a proporcionar una o más variables en aquellos cálculos en los que aparezca el término “estime” como verbo de acción.

El equipo de examinadores recomienda trabajar con pruebas de años anteriores (y con los esquemas de corrección asociados) para obtener una buena preparación para el examen. Ello no sólo hará que los candidatos se familiaricen con el formato de los exámenes, sino también les hará posible desarrollar una apreciación de los niveles de detalle requerido y de las destrezas que se evalúan. También debe animarse a los candidatos a escribir claro y legible, evitar el uso del lápiz y tener siempre una regla con ellos durante el examen.

## Prueba 3 del Nivel Superior y del Nivel Medio

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 5	6 - 11	12 - 19	20 - 25	26 - 31	32 - 37	38 - 60

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 3	4 - 6	7 - 10	11 - 14	15 - 19	20 - 23	24 - 40

### Comentarios generales

La mayoría de los candidatos pareció encontrar la Prueba accesible y hubo varios casos de buena comprensión de los contenidos. No hubo evidencia de que a los candidatos les faltara tiempo para completar su trabajo.

La información proporcionada por los profesores en los formularios G2 para NM y NS está resumida a continuación y se basa en un número mayor de formularios que el año pasado.

#### Nivel Medio

- Una gran mayoría de centros (90%) encontró la prueba con un estándar similar al año pasado, un 7% la encontró mucho más difícil (nadie la encontró un poco más difícil) y un 3% mucho más fácil (nadie la encontró un poco más fácil). Aunque formarse una opinión sea, en verdad, más difícil, ya que esta es la primera sesión de exámenes del nuevo programa, las comparaciones pueden haber sido significativas pues las opciones más populares han permanecido muy similares.
- Un aplastante 96% encontró apropiado el nivel de dificultad y sólo un 4% consideró la prueba mucho más difícil.
- La recepción de la prueba respecto a la cobertura del programa se reflejó en los siguientes datos favorables: el 64% la juzgó buena y el 34% satisfactoria, con sólo el 2% pobre. Todos estuvieron de acuerdo en que la claridad de la redacción era apropiada (73% buena y 27% satisfactoria) y aprobaban la presentación del examen (82% buena, 18% satisfactoria).
- Hubo una desigual elección de opciones, siendo las más populares la A (Visión y fenómenos ondulatorios), la E (Astrofísica) y la G (Ondas electromagnéticas). Pocos centros optaron por la B (Física cuántica y física nuclear) o la D (Relatividad y física de partículas), y muy pocos incluyeron en su elección la opción C (Tecnología digital) o la F (Comunicaciones).

#### Nivel Superior

- El 63% de los centros encontró la Prueba de NS con un estándar similar al del último año. Sin embargo, un significativo 35% la encontró un poco más difícil, y un 2%

mucho más difícil. A pesar de esta comparación, una gran mayoría (87%) juzgó apropiado el nivel de dificultad y un 13% lo encontró más difícil.

- En términos de cobertura del programa, claridad de la redacción y presentación, nadie consideró pobre la prueba. El 70% encontró que lo cubría bien y el resto satisfactorio. El 67% consideró buena la claridad de la redacción y el restante 33% satisfactoria; el 87% juzgó buena la presentación y el restante 13% satisfactoria.
- Hubo un nítido corte entre la elección de opciones. Un gran número de centros eligió las diferentes combinaciones de las Opciones E (Astrofísica), G (Ondas electromagnéticas) y H (Relatividad), siendo F (comunicaciones), I (Física médica) y J (Física de partículas) las opciones más desfavorecidas por los centros, elegidas en proporciones similares por solo unos pocos colegios.

## Áreas del programa y del examen que resultaron difíciles para los alumnos

Las áreas que el equipo de examinadores identificó como más problemáticas fueron las siguientes:

- Explicación de conceptos de Física de modo que se muestre comprensión (e.g. polarización, hipótesis de De Broglie, capacitancia, postulados de la Relatividad Especial, desplazamiento al rojo gravitatorio, patrones de interferencia, coeficiente de atenuación.)
- Ondas estacionarias y modos de vibración
- Dibujo de conclusiones consistentes a partir de un conjunto dado de evidencias mencionadas, como en los modelos de Universo.
- Aplicación de la ley de Hubble para estimar la edad del Universo.
- El mecanismo de modulación de amplitud.
- El uso de diagramas de bloques para describir la transmisión de señales.
- Resolución de problemas que involucren circuitos que incorporen amplificadores operacionales.
- Una explicación sencilla para dar cuenta del color azul del cielo.
- La aplicación de conceptos clave en relatividad para especificar situaciones.
- Proporcionar suficiente profundidad y detalle en preguntas en las que se concede más de un punto. Esto resultó particularmente cierto en aquellas preguntas que involucraban los verbos de acción “explique”, “resuma” y “describa”

## Áreas del programa y del examen en que los alumnos demostraron estar bien preparados

Repetidamente, los candidatos mostraron una buena técnica en la resolución de problemas a lo largo de la prueba. Aunque eso no fue acompañado necesariamente por una comprensión consecuente, deben reconocerse las destrezas matemáticas para aplicar fórmulas y alcanzar respuestas correctas.

## Puntos fuertes y débiles de los alumnos al abordar las distintas preguntas

### Solo NM

#### Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios

##### A1 El ojo y la visión

Esta pregunta presentó resultados diversos; desde candidatos que obtuvieron fácilmente la máxima puntuación, hasta otros que erraron en (b) dando argumentos irrelevantes y, aún, intentando justificar el razonamiento de Jim. Fue sorprendente comprobar que un alto porcentaje de respuestas olvidaron responder amarillo en (a), aún cuando el programa pregunta por la mezcla de colores.

##### A2 Ondas estacionarias

Se observaron mejores resultados para (b) y (c), que requerían de respuestas numéricas, que para (a). Una gran proporción de candidatos no fue capaz de dibujar el desplazamiento de la cuerda correctamente y, en consecuencia, también tuvieron problemas en (c) para relacionar la longitud de onda con la longitud, que era  $4L$ . Aunque habría sido más preciso mencionar específicamente que la cuerda en  $t=0$  se encuentra en su máximo desplazamiento, no pareció que fuera esta la razón para los problemas que tuvieron los candidatos, pues los esquemas erróneos se relacionaban, muy a menudo, con otros armónicos distintos del fundamental (primero).

##### A3 Efecto Doppler

Aún cuando algunos candidatos tuvieron problemas para comprender el planteamiento, ésta fue la pregunta mejor respondida de esta opción. Hubo muchos errores puntuales en las respuestas y quienes comprendieron la situación, también salieron adelante en las matemáticas. Como de costumbre, unos pocos malinterpretaron la ecuación Doppler.

##### A4 Polarización

Los candidatos tuvieron problemas al establecer claramente el significado de luz no polarizada. Usualmente, parecían saberlo pero eran incapaces de usar un lenguaje científico apropiado. Muchos respondieron correctamente a la intensidad transmitida en (c), pero no tuvieron tanto éxito al explicar la razón. Muy pocos mostraron estar familiarizados con el uso de la polarización en la determinación de la concentración de ciertas disoluciones (azucaradas).

#### Opción B – Física cuántica y física nuclear

##### B1 Efecto fotoeléctrico

Se trata de una pregunta clásica y fundamental que pareció discriminar bien; algunos candidatos no obtuvieron puntuación alguna y otros la máxima posible. Algunos estudiantes no leyeron la pregunta con suficiente atención y representaron la clásica gráfica de la energía cinética máxima frente a la frecuencia. En (b), hubo un buen número de respuestas bien

hechas, en eV, y algunos estudiantes eligieron tomar un camino más largo, transformando los valores en julios.

### **B2 Naturaleza ondulatoria y estados de energía cuánticos**

Los candidatos lograron mucho más éxito en las preguntas numéricas (b) y (c) que describiendo con lenguaje preciso la hipótesis de De Broglie. Muchos de los enunciados escritos eran vagos. Este análisis debería llamar la atención de los profesores, ya que parece indicar qué tipo de destrezas se desarrollan y elaboran más a lo largo de los cursos. En general, los estudiantes necesitan abordar más frecuentemente el hecho de definir, indicar y describir, y hacerlo con el lenguaje apropiado.

### **B3 Física nuclear y desintegración radiactiva**

Como parece ser el patrón común en muchas preguntas, la mayoría de los candidatos respondieron correctamente las preguntas numéricas, pero no así las definiciones. Aunque aquellos que fueron más lejos definiendo correctamente la constante de desintegración, abordaron, normalmente con éxito, los apartados (b)(i) y (ii).

## **Opción C – Tecnología digital**

### **C1 almacenamiento de datos**

Usualmente, se respondieron muy bien los apartados (a) y (b) (i) de la pregunta, y hubo algunas respuestas erróneas o no hubo respuesta en el apartado (b) (ii), pues algunos candidatos parecían no estar familiarizados con la manera en que la información digital se almacena en un disco compacto. La mayoría de los candidatos hizo una sugerencia correcta en el apartado (c), omitiendo normalmente el hecho de que la razón que lo conecta con los temas medioambientales es la enorme producción de CDs (y/o DVDs).

### **C2 Capacitancia y dispositivos acoplados por carga (CCD)**

Muchos candidatos parecían conocer lo que es la capacitancia, aún cuando algunos no lograron puntuar, ya que tendían a presentar respuestas descriptivas. Estaban familiarizados con el mecanismo por el que la luz produce una diferencia de potencial a lo largo de los píxeles, aunque lo que redactaban era usualmente poco claro. La mayoría de los candidatos fue capaz de manejarse en los cálculos de (c), alcanzando la respuesta esperada de 0,065 mV.

### **C3 Amplificadores operacionales**

Muy pocos candidatos demostraron realmente que estaban familiarizados con esta parte del programa. Aunque algunos candidatos fueron capaces de lograr la máxima puntuación en (a), mostrando conocimientos básicos sobre los amplificadores operacionales, muy pocos, si es que hubo alguno, fueron capaces de puntuar en (b), mostrando normalmente su poca habilidad en resolver problemas que involucran a circuitos que incorporan amplificadores operacionales.

## Opción D – Relatividad y Física de partículas

### D1 Simultaneidad y medida de longitudes

En el apartado (a), fue algo común encontrar respuestas incompletas, sin hacer referencia a la velocidad de la luz en el vacío. El apartado (b) resultó innecesariamente complicado en la versión inglesa por la desafortunada inclusión del término “appear”. Ello pareció confundir a los estudiantes que intentaban centrarse en la distancia de las lámparas a Bárbara, muchas veces con argumentos inconsistentes. La versión editada de la prueba indicará algo diferente, para enfocarlo sobre el tema de la simultaneidad, preguntando “por qué las lámparas no se encienden a la vez, según Bárbara”.

El apartado (c) se respondió correcta y consistentemente, sin signos de perjuicios en (c) (iii) por la inusual elección de los ejes, pues los candidatos o bien obtuvieron la máxima puntuación o interpretaron claramente que se trataba de una gráfica diferente, dibujando curvas que se aproximaban asintóticamente a c.

### D2 Interacciones fundamentales y partículas elementales

Frecuentemente, se respondió bien a esta pregunta, y los candidatos lograron muchos puntos y mostraron conocimientos sólidos. Muchos candidatos olvidaron citar al fotón entre las partículas de intercambio en la interacción electro-débil, probablemente debido a una lectura rápida del enunciado. Aunque los candidatos tuvieron inconveniente y sólo unos pocos lograron obtener la respuesta correcta  $\approx 4 \times 10^{-27}$  s en (c), muchos otros se dieron cuenta y proporcionaron argumentos correctos para la razón por la que las partículas de intercambio son partículas elementales, y se refirieron al principio de exclusión de Pauli cuando explicaron por qué los quarks tienen un color asociado con ellos.

## NM y HL combinados

## Opción E – Astrofísica

### E1 Estrellas

La mayoría de los candidatos eran conscientes de las características de una supergigante roja, aún cuando la falta de un lenguaje preciso minimizó en ocasiones la puntuación, e.g. cuando se referían a estrellas grandes, sin citar una magnitud física concreta. Muchos puntuaron en lo relativo a constelaciones indicando la clave característica de formar un patrón (reconocible) en el cielo.

Aunque las preguntas tipo “demuestre que” parecen fomentar intentos incorrectos de resolución, una gran proporción de candidatos presentaron correctamente la distancia a Antares después de haber mostrado una correcta comprensión de los conceptos de magnitud aparente y magnitud absoluta. En (b) (iii) se aceptaron tanto la paralaje espectroscópica como la estelar, pero unos pocos candidatos no especificaron ninguna. El apartado (c) se resolvió también correctamente y muchos candidatos lograron la totalidad de los puntos, trabajando seguros con la relación de la luminosidad.

**E1 [solo NS]**

Desafortunadamente, este apartado de la pregunta se enfocó sobre una estrella que, al no formar parte de la secuencia principal, no es posible usar con ella la relación masa-luminosidad del cuadernillo de datos. Animados por el rango dado en el enunciado, obtenido de tal relación, los candidatos la utilizaron consistentemente para deducirla, y tal planteamiento obviamente fue aceptado. Como Antares no es una estrella de la secuencia principal, se la reemplazará en la edición final de la prueba. Se aceptó tanto estrella de neutrones como agujero negro como posibilidades para su probable estado de evolución final.

**E2 Modelos de universo**

Muchos candidatos estaban familiarizados con los modelos y respondieron muy confiados a la pregunta. Algunos candidatos estructuraron sus respuestas de manera lógica para obtener la puntuación máxima. En algunos casos, la falta de cohesión del argumento condujo a obtener pocos puntos e.g. después de mencionar inicialmente “infinito y uniforme”, dichas propiedades no se incluyeron en el argumento de una manera lógica.

**E3 [solo NS] Ley de Hubble**

De nuevo, los candidatos tuvieron más éxito estimando que sugiriendo. En (a), muchos no indicaron claramente que las dificultades surgen para las galaxias muy lejanas o cuando su velocidad de recesión es grande. En (b), unos pocos no se dieron cuenta de la necesidad de utilizar el valor mínimo del rango indicado.

**Opción F – Comunicaciones****F1 Comunicación por radio**

Un número pequeño de candidatos eligió esta opción. Aquellos que eran suficientemente competentes pudieron explicar la diferencia entre la onda portadora y de señal, y entre modulación de amplitud y de frecuencia. Sin embargo, fueron muy pocos los que estimaron correctamente que el cociente de frecuencias estaría entre 12 y 13, o que esquematizaron la forma de la onda señal, como se esperaba, y hubo algunos intentos erróneos dibujando sólo una onda desde valores positivo hasta los negativos, y poniendo de manifiesto malentendidos respecto a la modulación.

Las ventajas o inconvenientes de la modulación de amplitud sobre la de frecuencia se respondieron con más confianza.

**F2 Transmisión de señales**

Las respuestas sobre transmisión de señales fueron muy flojas. Muchos candidatos pensaron que los componentes X e Y eran ADC (convertidores analógico-digital), en vez de convertidores paralelo-serie / serie-paralelo, y por tanto erraron la pregunta, siendo muy pocos los que mostraron familiaridad en (b) con el concepto de multiplexación por división de tiempo. Sin embargo, como parece ser el patrón a lo largo de la prueba, los candidatos tuvieron más éxito al resolver problemas matemáticos, quizás ayudados por el hecho de que estaban más familiarizados con el concepto de atenuación, normalmente bien explicado en las respuestas.

**F3 [solo NS] [NM C3] Amplificadores operacionales**

Los candidatos que eligieron esta opción no han tenido, claramente, suficientes oportunidades de resolver problemas que involucrasen circuitos que incorporen amplificadores operacionales. Aunque la mayoría sabía qué son y respondió exitosamente a (a), incluyendo el cálculo correcto de de un amplificador inversor (indicando, sin embargo, muy a menudo, e incorrectamente, la respuesta en  $\Omega$ ), casi ningún candidato pudo resolver el circuito usando un amplificador operacional como disparador de Schmitt no inversor.

**F4 [solo NS] Sistemas de telefonía móvil**

Los candidatos estaban normalmente familiarizados con esta sección y el claro impacto de este tema entre los adolescentes se constató por el rango de las respuestas muy imaginativas a (c), que usualmente se aceptaron (como, e.g. un candidato propuso el tema de usar teléfonos móviles para chatear sobre exámenes internacionales de física y otro discutió muy explícitamente el control de los padres).

**Opción G – Ondas electromagnéticas****G1 Naturaleza de las ondas electromagnéticas**

Sorprendentemente, alrededor de la mitad de los candidatos tuvo serios problemas para dar una explicación sencilla (como específicamente pide el programa) para el azul del cielo. La misma mitad usualmente dio respuestas muy incorrectas sobre el negro del cielo diurno de la Luna, aunque la otra mitad respondió correctamente en términos de la carencia de atmósfera.

**G2 Interferencia y láseres**

Los candidatos estaban, en general, familiarizados con el concepto de interferencia, aunque algunos no consideraron el verbo de acción de la pregunta y no lo explicaron claramente, i.e. no dieron cuenta detallada de las causas, razones o mecanismos. Sin embargo, una proporción significativa de candidatos se refirió correctamente a la emisión estimulada y a la inversión de población, e identificó correctamente la coherencia en (b) (ii). No se consideró significativo el grado de sofisticación de la pregunta (c) y, normalmente, el contenido de las respuestas de los candidatos lo reflejó, ya que muchos lo enfocaron acertadamente en base a la reflexión de la luz. El apartado (d) se respondió correctamente, como fue el caso a lo largo de la prueba con la resolución de problemas, aún cuando en algún caso los candidatos solo obtuvieran puntuaciones parciales por medio de e.c.f., cuando no constataban que la distancia entre máximos era de 500 nm.

**G3 Instrumentos ópticos**

Fue la pregunta que más puntuó de la opción. Consistentemente, los candidatos conocían la amplificación lineal, aunque unos cuantos no se refirieran a una magnitud específica cuando indicaban la proporción (mencionando sólo imagen frente a objeto). El apartado (b) se respondió correctamente, aunque unos pocos no leyeron que el término “magnitud” estaba indicado en (b) (ii). Los candidatos dieron diferentes respuestas para indicar lo que es la aberración esférica y sugerir cómo reducirla.

**G4 [solo NS] Interferencia de película delgada**

Los candidatos estaban familiarizados con este tema, pero muchos olvidaron tener en cuenta el cambio de fase, por lo que concluyeron que el color debería ser rojo en vez de azul, u olvidaron tener en cuenta la diferencia de camino para mostrar que solo una longitud de onda de las diferentes posibilidades para  $m$ , producía un valor dentro del espectro visible, por lo que lograron una puntuación parcial.

**G5 [solo NS] Rayos X**

Los candidatos estaban familiarizados con el aparato generador de rayos X, aunque rotular no parecía ser un hábito consistentemente adquirido. Fueron menos precisos al explicar el origen de los espectros característicos y lograr los 3 puntos, yendo desde la extracción de electrones de las capas internas, electrones de alta energía ocupando los huecos dejados y la consiguiente emisión de un fotón con energía igual a la diferencia.

**Solo NS****Opción H – Relatividad****H1 [NM D1] Simultaneidad y medida de longitudes**

En el apartado (a), fue algo común encontrar respuestas incompletas, sin hacer referencia a la velocidad de la luz en el vacío. El apartado (b) resultó innecesariamente complicado por la desafortunada inclusión del término “appear”. Ello pareció confundir a los estudiantes que intentaban centrarse en la distancia de las lámparas a Bárbara, muchas veces con argumentos inconsistentes. La versión editada de la prueba indicará algo diferente, para enfocarlo sobre el tema de la simultaneidad, preguntando “por qué las lámparas no se encienden a la vez, según Bárbara”.

El apartado (c) se respondió correcta y consistentemente, sin signos de perjuicios en (c) (iii) por la inusual elección de los ejes, pues los candidatos o bien obtuvieron la máxima puntuación o interpretaron claramente que se trataba de una gráfica diferente, dibujando curvas que se aproximaban asintóticamente a  $c$ , como eventualmente se preguntaba en H2. En el apartado (d), los estudiantes parecían mantener que la idea de simetría era la clave para identificar la clásica paradoja, y muchos candidatos lograron obtener la totalidad de los puntos.

**H2 Consecuencias de la relatividad especial**

Aunque se habían volteado los ejes para ser consistentes con el enunciado, los candidatos no parecieron encontrarse en desventaja y fueron capaces de obtener todos los puntos por una gráfica razonable, lineal al principio, que no pasaba por el origen y que tendía asintóticamente a  $c$ . Algunos candidatos no obtuvieron el primer punto porque el principio de la gráfica o pasaba por el origen, o estaba demasiado cercano a él como para diferenciarlo. En (c), se constataron unas cuantas buenas deducciones/aplicaciones. Muchos realmente desconocían el significado de la ecuación de transformación de velocidades y se liaron con los símbolos y los valores numéricos, ¡y que sea lo que Dios quiera! Unos cuantos trabajaron hacia atrás, partiendo de la velocidad relativa de aproximación indicada y suponiendo que la velocidad del antiprotón era igual, para alcanzar la velocidad original del protón, y se les concedieron todos los puntos.

### **H3 Desplazamiento gravitatorio hacia el rojo y agujeros negros**

Muy pocos candidatos fueron precisos al describir el concepto de desplazamiento gravitatorio hacia el rojo. Tuvieron más éxito respecto al espacio tiempo o a los agujeros negros. Desafortunadamente, se indicó un valor incorrecto de 14 s en la prueba original y, por tanto, se aceptó tanto la respuesta correcta de 12 s como la del enfoque incorrecto de usar  $2R$  como distancia al agujero negro, que conducía a 14 s.

### **Opción I – Física médica**

#### **I1 Audición**

Los pocos candidatos que acometieron esta opción conocían bien el mecanismo de audición. Aún cuando no tuvieron éxito en (b), a la vista de la capacidad de explicar con una redacción precisa, usualmente lograron puntos al referirse a la impedancia correspondiente a (c) o al calcular la potencia generada por el sonido en el tímpano.

#### **I2 Rayos X y técnicas de imágenes por ultrasonidos**

Se presentaron definiciones pobres para el coeficiente de atenuación, muchas de ellas cualitativas/descriptivas, en vez de proponer definiciones operacionales. El apartado (b) presentó resultados mezclados, y algunos candidatos no eran capaces de trabajar con funciones exponenciales. El apartado (c) presentó buenos resultados. En (d), la omisión del factor  $10^3$  para la densidad del tejido blando humano no desanimó a los candidatos, que fueron capaces de calcular la impedancia acústica y establecer la diferencia.

#### **I3 Radioisótopos**

Los candidatos encontraron muchas dificultades y tuvieron mucho mejor resultado en (b), no siempre completo. Esta sección necesita de una clara comprensión de las definiciones de términos aparentemente similares (involucrando a la semivida en ambos casos).

### **Opción J – Física de partículas**

#### **J1 Interacciones fundamentales y partículas elementales**

Frecuentemente, se respondió bien a esta pregunta, y los candidatos lograron muchos puntos y mostraron conocimientos sólidos. Muchos candidatos olvidaron citar al fotón entre las partículas de intercambio en la interacción electro-débil, probablemente debido a una lectura rápida del enunciado. Aunque los candidatos tuvieron inconveniente y sólo unos pocos lograron obtener la respuesta correcta  $\approx 4 \times 10^{-27}$  s en (c), muchos otros se dieron cuenta y proporcionaron argumentos correctos para la razón por la que las partículas de intercambio son partículas elementales y se refirieron al principio de exclusión de Pauli cuando explicaron por qué los quarks tienen un color asociado con ellos.

#### **J2 Aceleradores de partículas**

Los candidatos que abordaron esta opción parecían ser capaces de darse cuenta de las sutilezas de un ciclotrón y puntuaron muy alto en esta pregunta. Lograron localizar correctamente los imanes y su polaridad, pero tuvieron más problemas para mostrar que es en el espacio entre las “D”s donde se aplica la diferencia de potencial alterna. En (d), el

esquema de calificación permitió respuestas basadas en el ciclotrón ordinario, donde la frecuencia era la misma, o para un sincrociclotrón, en donde la frecuencia disminuía.

### **J3 Electrones y positrones**

Los candidatos estaban familiarizados con el modelo estándar y, a menudo, puntuaron alto, aún cuando se vieron pocas respuestas a (c) que alcanzaran el valor esperado de  $10^{10}$  K.

## **Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos**

Las recomendaciones del equipo de examinadores incluyen las siguientes ideas:

- Los candidatos deberían tener más oportunidades a lo largo del curso para practicar con problemas tipo examen, y tendrían que ser alertados sobre la importancia de escribir frecuentemente las definiciones de modo que muestren comprensión.
- Se debe proporcionar a los candidatos la lista de verbos de acción, tal y como aparece en el programa, y ayudarles con ellos. Resulta claro que muchos candidatos no reconocen la diferencia entre, por ejemplo, indicar y explicar una respuesta. Las preguntas tipo “mostrar que” deberían, también, merecer una estrategia con objeto de mostrar exitosamente lo que se pregunta.
- Cuando se utilice un diagrama como complemento a una respuesta, se debe animar a los candidatos a prestar atención a la precisión del diagrama. Esto es particularmente cierto cuando el diagrama es la respuesta requerida y, por tanto, se constituye en la clave para mostrar su comprensión.
- Se debería dedicar tiempo suficiente para cubrir en profundidad las Opciones elegidas. En algunos casos, los candidatos ignoraban una pregunta completa de una opción dada, como si el tema no hubiera sido estudiado en detalle.
- La importancia de leer las preguntas muy, muy atentamente antes de empezar a escribir debería subrayarse en todos los casos.
- Se debería poner más énfasis a las sencillas, pero esenciales, técnicas de examen, como al rotular, al utilizar claves o sino identificar las variables establecidas, al intentar estructurar las respuestas de acuerdo con la pregunta dada y, si es posible, a la adjudicación de puntos.