

FÍSICA

Bandas de calificación de la asignatura

Nivel superior

Nota final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 16	17 - 29	30 - 41	42 - 51	52 - 60	61 - 70	71 - 100

Nivel medio

Nota final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 14	15 - 27	28 - 38	39 - 48	49 - 57	58 - 67	68 - 100

Evaluación interna

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

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

Nivel medio

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

Comentarios específicos sobre Noviembre 2009

Algunos profesores permiten que los estudiantes utilicen dos variables independientes en el diseño de sus investigaciones. Los profesores deberían evitar que eso suceda. Véase la página 19 de la sección "Orientación y autoría original" de la Guía de Física

Algunos colegios aún presentan evidencia de sus proyectos del grupo 4. Ya no se solicita una evidencia; solo una calificación de AP y la fecha y el tiempo empleado en el proyecto consignados en el 4/PSOW.

Algunos profesores evalúan CE en investigaciones estándar de aula, por lo que resulta difícil para los estudiantes encontrar debilidades y sugerir mejoras. Por ejemplo, la ley de Ohm

para un resistor, o el péndulo simple, son investigaciones de aula demasiado bien conocidas como para que los estudiantes logren el máximo en CE.

Algunos estudiantes transforman sus investigaciones de EI en un proyecto de investigación, en ocasiones similar a una mini-monografía. Las evidencias de teoría tomada del libro de texto y la información de Internet tienden a hacer inapropiada la evaluación de las investigaciones sobre Diseño. Cuando al alumno se le proporciona la teoría y una ecuación, a menudo resulta inapropiado diseñar una investigación y evaluarla. Por ejemplo, varios estudiantes investigaron la relación entre la resistencia de un alambre y su longitud después de estudiar circuitos en serie y en paralelo. Tal investigación deja poco espacio para una verdadera investigación de final abierto.

Muchos profesores demandan de sus alumnos una hipótesis en su evaluación del diseño. Aunque no resulta inapropiado, solicitar una hipótesis restringe, a menudo, el tema de la investigación. Una verdadera investigación de final abierto puede ser aquella en la que el estudiante no tenga idea del resultado. Este tipo de investigación es, también, lo suficientemente abierta como para ser evaluada en CE y los estudiantes pueden dar de sí al máximo. No es, desde luego, imposible sugerir una hipótesis en el aspecto 1 de CE. No se han descartado las hipótesis de la física, se trata sólo de que resulta demasiado restrictivo cuando se evalúa el trabajo del alumno. No se penaliza a los estudiantes por ello, sino que se sugiere que, aunque en un amplio rango de investigaciones resulte posible una hipótesis, no es exigible en el trabajo a evaluar.

Muchos colegios evalúan todos los criterios en una investigación. Esto funciona bien y proporciona muchas oportunidades a los estudiantes para dar de sí al máximo. Algunos colegios, sin embargo, sólo evalúan completamente dos prácticas, cuando los estudiantes deberían tener tres o cuatro oportunidades (trabajo calificado) para cada criterio a lo largo de los dos años de curso.

Un número elevado de estudiantes dibujaron gráficas a mano. Esto no se penaliza, pero el BI anima a usar las TIC; utilizando software gráfico, los estudiantes pueden explorar fácilmente una variedad de relaciones funcionales entre sus datos.

La mayoría de los profesores calificó de manera consistente y apropiada. Algunos de los mejores estudiantes fueron calificados severamente por sus profesores y, en tales casos, el moderador aumentó su calificación. En otros casos, los profesores fueron demasiado indulgentes al calificar y los moderadores redujeron ligeramente las calificaciones. En la mayoría de los casos, la calificación de los profesores fue apropiada, consistente y de un nivel correcto, en cuyo caso la moderación no tuvo repercusión.

Desafortunadamente, hubo alguna moderación a la baja debida a que el profesor evaluó inapropiadamente las investigaciones. Esto es injusto con los estudiantes. Por favor, lea su impreso de realimentación para saber si alguna de sus investigaciones resultó inapropiada.

Ámbito y adecuación del trabajo entregado

La transición hacia la estructura revisada de EI 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 diseño consiste en investigar una función o relación entre dos variables.

Los estudiantes necesitan tomar decisiones: 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 algunos casos, los profesores podrían calificar OPD aunque no se dibujen gráficas. 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 algunos 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 experimento mental 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. Experimentos de libro de texto con equipos estándar de aula, normalmente 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 evaluaron correctamente las variables controladas, pero hay veces en que los estudiantes necesitan 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, pero 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 dato correctamente trazados, una línea de mejor ajuste y que las barras de error, y los gradientes máximo y mínimo, se utilicen 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 (que 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 resultase relevante y no se hubiera 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 deben 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 por sí mismos lo que significa el gradiente de una gráfica, lo que significa (si lo hay) un desplazamiento sistemático en la gráfica y lo que significa la dispersión de los 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 colegios 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 calificadas de trabajo experimental de estudiantes, 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 responderlas 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 con buena fe los criterios para tareas apropiadas, 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 primer 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 esperarse 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, en un ejercicio completo de obtención de datos, posiblemente con varias tablas de datos, el estudiante ha sido inconsistente con las cifras significativas para el caso de un punto-dato

u omita las unidades en el encabezamiento de una columna, 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 estimar las incertidumbres en 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 los estudiantes han intentado claramente 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, aunque el análisis de errores no se haya 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, aún 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

Nota final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 10	11 - 15	16 - 21	22 - 25	26 - 28	29 - 32	33 - 40

Nivel medio

Nota final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 7	8 - 10	11 - 14	15 - 16	17 - 19	20 - 21	22 - 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. Tan solo 8 colegios respondieron en los dos niveles, NS y NM. En consecuencia, es difícil evaluar la opinión general, ya que quienes enviaron los formularios G2 pudieran ser probablemente aquellos que se sintieron más afectados por la Prueba. Las respuestas indicaban que las pruebas de noviembre de 2009 fueron bien acogidas. La mayoría de los profesores que comentaron la Prueba consideraba que contenía preguntas de un nivel apropiado. Con solo una excepción, los profesores consideraron que las Pruebas cubrían el programa de modo satisfactorio o bueno, con una redacción y presentación clara.

Debería enfatizarse que la Sesión de Evaluación de exámenes comienza siempre considerando los impresos G2. Ello alerta a los examinadores de posibles problemas con las pruebas y les proporciona una indicación de las pruebas en comparación con las de años anteriores. Resulta decepcionante que muchos colegios no envíen dichos impresos como un aspecto más del curso.

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	19	271*	193	264	5	36,04	0,30
2	140	11	586*	14	1	77,93	0,25
3	50	245	39	417*	1	55,45	0,39
4	192	116	148	294*	2	39,10	0,33
5	388*	233	22	107	2	51,60	0,56
6	41	685*	1	23	2	91,09	0,17
7	275*	56	93	325	3	36,57	0,31
8	28	642*	58	22	2	85,37	0,24
9	371*	113	177	88	3	49,34	0,24
10	25	156	510*	59	2	67,82	0,45
11	649*	38	30	33	2	86,30	0,29
12	47	619*	36	49	1	82,31	0,28
13	609*	42	83	17	1	80,98	0,38
14	38	44	521*	148	1	69,28	0,27
15	144	286*	232	86	4	38,03	0,29
16	24	75	511*	141	1	67,95	0,48
17	24	68	82	577*	1	76,73	0,32
18	105	14	552*	79	2	73,40	0,46
19	356*	250	46	97	3	47,34	0,59
20	279*	173	153	146	1	37,10	0,44
21	21	5	177*	548	1	23,54	0,26
22	196	419*	85	50	2	55,72	0,60
23	15	37	185	514*	1	68,35	0,59
24	81	58	513*	99	1	68,22	0,30
25	163	155	103	329*	2	43,75	0,47
26	62	49	540*	99	2	71,81	0,26
27	32	14	682*	23	1	90,69	0,22
28	69	537*	119	24	3	71,41	0,56
29	54	17	49	631*	1	83,91	0,23
30	625*	20	75	31	1	83,11	0,38
31	96	101	525*	26	4	69,81	0,46
32	418*	104	105	120	5	55,59	0,58
33	350*	206	157	37	2	46,54	0,66
34	39	436*	89	187	1	57,98	0,53
35	49	86	142	472*	3	62,77	0,66
36	182	85	63	420*	2	55,85	0,79
37	243	132	318*	55	4	42,29	0,40
38	50	653*	12	36	1	86,84	0,25
39	103	575*	63	8	3	76,46	0,41
40	342*	36	47	324	3	45,48	0,62

Número de candidatos: 752

Prueba 1 del Nivel Medio análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	40	202*	244	278	1	26,41	0,31
2	34	578*	129	23	1	75,56	0,36
3	144*	84	407	130		18,82	0,18
4	196	18	519*	30	2	67,84	0,31
5	232	157	160	214*	2	27,97	0,34
6	414*	125	58	166	2	54,12	0,42
7	76	624*	22	43		81,57	0,29
8	106	128	249*	280	2	32,55	0,33
9	25	684*	26	28	2	89,41	0,23
10	37	167	461*	98	2	60,26	0,43
11	585*	75	60	45		76,47	0,44
12	38	306	55	366*		47,84	0,53
13	63	65	454*	183		59,35	0,56
14	43	94	101	527*		68,89	0,35
15	101	32	535*	97		69,93	0,26
16	120	194	168	270*	13	35,29	0,54
17	233	321*	124	87		41,96	0,52
18	229	161	128	247*		32,29	0,47
19	33	82	249	393*	8	51,37	0,75
20	601*	93	33	38		78,56	0,37
21	245*	208	94	217	1	32,03	0,33
22	40	33	644*	48		84,18	0,35
23	49	480*	179	55	2	62,75	0,53
24	15	81	166	503*		65,75	0,37
25	64	274*	141	284	2	35,82	0,40
26	114	607*	22	21	1	79,35	0,30
27	80	109	183	377*	16	49,28	0,65
28	55	595*	25	87	3	77,78	0,30
29	258	96	74	331*	6	43,27	0,70
30	323	64	336*	29	13	43,92	0,40

Número de candidatos: 765

Comentarios sobre el análisis

Dificultad

El índice de dificultad varió entre el 24% en NS y el 19% en NM (preguntas relativamente “difíciles”), y el 91% en NS y el 89% 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 mayor que 0,2, aproximadamente. 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 50% de los coeficientes de discriminación oscilaban en torno a 0,40.

Respuesta “en blanco”

En la Prueba de NM, 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, como ocurrió en el NS. 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.

Comentarios sobre preguntas seleccionadas

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 Pregunta 5 y NS Pregunta 4

En ambos niveles, un número considerable de candidatos se inclinaron, equivocadamente, por A, sugiriendo que habían utilizado la descomposición de fuerzas en componentes directamente sobre el diagrama de fuerzas. Esta práctica solo conduce a confusión.

NS Preguntas

Pregunta 7

La mayoría de los estudiantes eligió, incorrectamente, D. Si el término “gradiente de potencial” hubiera sido equiparado automáticamente en la mente de los estudiantes con el de “intensidad de campo”, su naturaleza vectorial habría estado más clara.

Preguntas 14 y 15.

Las respuestas a ambas preguntas pusieron de manifiesto que a los estudiantes no se les ha introducido cuidadosamente en la física de las ondas longitudinales, ni en el significado de su gráfica típica de *desplazamiento-distancia*.

Pregunta 19

Los estudiantes necesitaban darse cuenta de usar el factor 1,22 para lentes circulares.

Pregunta 20

Fue una pregunta difícil, poniéndose en evidencia que muchos estudiantes hicieron conjeturas. Los estudiantes deben ser capaces de describir el *plano de polarización* de una

onda luminosa y relacionarlo con la reflexión, así como con el efecto de disoluciones ópticamente activas.

Pregunta 21

La inmensa mayoría de los estudiantes eligió, incorrectamente, la respuesta D. La energía cinética ganada es igual a la energía potencial perdida. Además, la energía cinética solo puede ser positiva, así que, sea q negativa o positiva, la única respuesta que puede ser correcta es la C.

Pregunta 30

El diagrama no estaba dibujado estrictamente a escala, pero ello no confundió a la mayoría de los estudiantes.

Pregunta 37

La pregunta se refería al aumento relativo en el volumen, un número sin unidades. El distractor A daba el aumento absoluto en el volumen.

NM Preguntas

Pregunta 3

Se trataba de un rompecabezas que pocos estudiantes fueron capaces de responder correctamente. En su esencia está una comprensión clara del concepto de *aceleración*. Como las dos bolas tienen la misma aceleración, tendrán una diferencia constante entre sus velocidades, lo que significa que la distancia entre ellas aumenta con el tiempo.

Pregunta 8

La mayoría de los estudiantes comprendió que el gradiente de la gráfica se refería a la fuerza, pero no fue más allá, dejando sin identificar la dirección y sentido de la fuerza. El gradiente es negativo, lo que significa que está en la dirección del momento de la pelota y en sentido opuesto. Por tanto, solo se puede referir a la fuerza ejercida por el muro sobre la pelota.

Pregunta 12

Resultó decepcionante ver el gran número de estudiantes que elegían, incorrectamente, la respuesta B. Ello podría sugerir que estaban aplicando la fórmula sin considerar la situación. Como $n > 1$, y $\theta_4 > \theta_1$, la respuesta correcta debe ser la D. Puede ser aconsejable para enseñar la Ley de Snell referirse a los ángulos "grande" y "pequeño" en vez de a los ángulos de incidencia y refracción.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Los candidatos deberían abordar todos los ítems. Si no estuvieran seguros de cuál es la respuesta correcta, siempre podrían elegir la opción que, para ellos, resulta ser la más probable. Debería recalcar 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. En particular, los estudiantes se confunden frecuentemente con preguntas que involucran sentidos o posibles respuestas con signo + o -. Éstas necesitan pensarse cuidadosamente si se dan ambas alternativas.

Los estudiantes deberían desarrollar el hábito de mirar las unidades de las respuestas, cuando resulte apropiado. Ello conduce, con frecuencia, a la eliminación de respuestas incorrectas.

Las áreas del programa que se respondieron más pobremente fueron los diagramas de fuerzas y los circuitos eléctricos.

En general, los resultados estuvieron en la línea de los años anteriores e indicaron que los estudiantes se encuentran cómodos con el nuevo programa.

Prueba 2 del Nivel Superior y del Nivel Medio

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

Nota final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 12	13 - 24	25 - 32	33 - 42	43 - 52	53 - 62	63 - 95

Nivel medio

Nota final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 6	7 - 12	13 - 17	18 - 22	23 - 26	27 - 31	32 - 50

Esta ha sido la primera presentación del nuevo programa en una sesión de noviembre y se llevó a cabo un cuidadoso escrutinio de los formularios G2. Fue una lástima que solo 9 centros de NS (7 de NM), sobre un total de 150 que presentaban candidatos, enviaran los impresos de realimentación de los que una gran mayoría habría servido de ayuda. Sin embargo la aplastante mayoría consideró que las pruebas eran de un nivel apropiado y ningún centro sugirió que hubiera surgido ninguna dificultad. Todos los centros consideraron que la cobertura del programa, la claridad de la redacción y la presentación de ambas pruebas eran satisfactorias o buenas. La media de las calificaciones subió alrededor de 5 puntos, en comparación con la de noviembre de 2008, y la desviación estándar permaneció casi igual. En general, la subida afectó a los candidatos medios, y a los candidatos más débiles o más fuertes, alejados de la media, les fue como en años anteriores.

Comentarios generales

Muchos estudiantes fueron capaces de concentrarse bien en aquellas pruebas que se mostraron asequibles, tanto en las de las secciones obligatorias como en las optativas. Los candidatos deberían tener más en cuenta la estructura de puntuaciones cuando elaboren sus

respuestas. Existen algunas evidencias de que los candidatos no planifican previa y razonablemente qué preguntas opcionales responder; más candidatos de lo que es habitual iniciaron preguntas opcionales solo para abandonarlas poco después.

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

El equipo de examinadores detectó las siguientes áreas:

- Incapacidad de responder a preguntas del tipo “demuestre que”, presentando los argumentos de una manera lógica
- Escasa calidad de los diagramas de Sankey
- Discusión de cuestiones sociales y medioambientales
- Hipótesis de De Broglie
- Pérdidas de energía en una transmisión eléctrica de ca
- En la difracción, relación entre la anchura de la rendija y la apariencia del patrón
- Equilibrio térmico
- Identificación de los cambios de energía en procesos con gases
- Teoría eléctrica

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:

- Mecánica
- Movimiento armónico simple
- Conversiones de energía en las áreas del tema 8

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

El contexto de esta pregunta era fácil y estaba preparado con el nivel adecuado para NM y NS.

- a) Casi todos los candidatos fueron capaces de completar correctamente las barras de error.
- b) Se respondió pobremente; tenía consignados dos puntos, pero pocos candidatos se molestaron el conseguir más de uno. Quienes discutieron el aspecto rectilíneo de la

proporcionalidad raramente mencionaron el tema de las barras de error y de la necesidad de que la línea pasara por ellas. Los candidatos que consideraron que la línea recta debía pasar por el origen salieron mejor parados.

- c) En (i), fueron usuales los errores en las potencias de diez (mal leídas desde los ejes de la gráfica). Alrededor de dos tercios de los candidatos fueron capaces de manipular los errores porcentuales en (ii) para llegar a la respuesta correcta.
- d) Se respondió comparativamente de forma pobre, fueron comunes los errores en las potencias de diez aún para aquellos que habían leído correctamente (c)(i). Muchos tomaron, simplemente, puntos sobre la línea (aceptable) o puntos-dato reales (no aceptable) fuera de la línea. Muchos candidatos no indicaron una unidad para su respuesta.

A2 [NS y NM] Transmisión de energía térmica

- a) (i) Se definió correctamente la capacidad térmica, con la excepción de quienes la confundieron con el calor específico.
 - (ii) El equilibrio térmico fue pobremente resumido. Muchos sugirieron, simplemente, que la temperatura del cobre y la de la llama eran la misma; los examinadores desearían ver un tratamiento en el que el ritmo dinámico de flujo de energía entre ambos cuerpos fuera el mismo.
- b) (i) Muchos candidatos lograron la totalidad de los puntos, pero otros estropearon sus soluciones por la incapacidad de enfrentarse a las conversiones (de hecho innecesarias) de Kelvin a Celsius y por las penalizaciones por cifras significativas.
 - (ii) Se respondió pobremente. Muchos constataron simplemente “pérdidas hacia los alrededores” como explicación para la mayor temperatura del cobre respecto de la estimada. Los examinadores consideran que esa era una respuesta estándar y que los candidatos deberían haber considerado más cuidadosamente el traslado del cobre o la energía perdida posiblemente desde el vaso.

A3 [NS y NM] Campos gravitatorio y eléctrico

- a) Mientras que muchos fueron capaces de *identificar* los símbolos, demasiados escribieron simplemente los símbolos convencionales que aparecen en los libros de texto y en el cuadernillo de datos. Éstos no lograron la totalidad de los puntos. Así mismo, el propio significado de *s* no estaba, a menudo, claro y hubo candidatos que escribieron simplemente “distancia”. Los examinadores necesitan saber qué distancia se considera. El cálculo del cociente solo se realizó razonablemente bien y algunos candidatos fueron incapaces de identificar las constantes físicas correctas a sustituir, con muchos errores en las potencias de diez o en la aritmética.

A4 [NS] Difracción

- a) (i) Los patrones de intensidad de la difracción se dibujaron, a menudo, de un modo rudimentario, con proporciones incorrectas en la intensidad (máximos secundarios demasiado altos) y con escaso miramiento para las anchuras relativas de los máximos de intensidad. Los candidatos necesitan prestar más atención a un esquema que vale un máximo de 3 puntos.

- (ii) Se respondió pobremente a los efectos de la reducción en la anchura de la rendija. Demasiados pensaron que reduciendo la anchura de la rendija aumentaría la energía que llegaría al receptor. Se confundieron las ideas sobre la relación entre la apertura y el despliegue de los máximos, y los candidatos no fueron capaces de dotar de significado físico a las relaciones que encontraron en el cuadernillo de datos.
- b) Mientras la mayoría podía explicar que el alimento se cocinaría uniformemente como resultado de su rotación en el microondas, pocos pudieron relacionar el comportamiento de los nodos y los vientres de las ondas estacionarias con un calentamiento eficaz de la comida.

A5 [solo NS] Fuerzas

- a) Aunque muchos adoptaron el enfoque correcto (y sencillo) para calcular el peso de la bola, hubo demasiados errores con las cifras significativas.
- b) (i) Los mejores candidatos constataron que este apartado de la pregunta necesitaba para su evaluación de un enfoque a través de la conservación de la energía. Otros utilizaron una ecuación inadecuada del movimiento, pues la aceleración no es constante en este caso.
 - (ii) Alrededor de la mitad de los candidatos se dio cuenta de que, en este caso, era necesario calcular la fuerza centrípeta y *añadirla* al peso conocido para calcular la tensión total.
- c) (i) Demasiados indicaron que la magnitud del área representada bajo la gráfica fuerza-tiempo era el “momento lineal”, en vez del “cambio en el momento lineal”.
 - (ii) La determinación de la fuerza máxima de la bola sobre el muro fue pobre. Hubo muchos fallos por incluir el factor 2 para tener en cuenta el área del triángulo. Muchos intentaron abordarlo, sin éxito, a partir de $F=ma$.

Sección B

B1

Pregunta completa [NS] Generación de energía eléctrica y calentamiento global y Parte 1 [NM] Central eléctrica de almacenamiento-bombeo

- a) (i) Muchos candidatos obtuvieron fácilmente tres puntos.
 - (ii) Muchos lograron obtener la solución correcta. Había muchas formas de llegar a ella.
- b) (i) Muchos candidatos pudieron calcular el rendimiento global.
 - (ii) Al contrario que en los exámenes de mayo de 2009, los diagramas de Sankey se hicieron pobremente. Algunos candidatos pusieron claramente de manifiesto que no comprendían lo que se pide en un tal diagrama (rotulación clara, pérdidas de energía mostradas en el orden correcto, anchura de los sectores proporcionales a las entradas/salidas de energía, etc.). Otros diagramas se dibujaron, también, pobremente, a mano alzada y sin atención, lo que los examinadores desapruban

para lograr la totalidad de los puntos. Resultó un área particularmente pobre de la prueba, aún para los candidatos más capaces.

c) **No NM**

(i) Las explicaciones fueron pobres e incompletas. Alguno no fue más allá de una simple cita de la ley de Faraday.

(ii) Este sencillo cálculo fue bien realizado.

(iii) Casi todos los candidatos olvidaron que la bobina tiene dos caras y, en consecuencia, omitieron el factor 2 en la respuesta final, obteniendo solo algún punto.

d) **NM (c)**

(i) Las discusiones sobre pérdidas de energía en las líneas de transmisión fueron fragmentarias. Los detalles fueron raros y, normalmente, solo el enunciado de que el voltaje es alto. Otros candidatos discutieron simplemente la física de la línea de transmisión y la necesidad de materiales de baja resistividad o (curiosamente) de una cubierta aislante sobre la línea.

e) **No NM**

(i) Se erraron los cálculos debido a la incapacidad de transformar km en m, al objeto de usar los valores de densidad (o viceversa).

(ii) Estos problemas con potencias de diez arrastradas al apartado siguiente, dan lugar a muchos errores de acarreo.

B1 Parte 2 [solo NM] Fuerza y energía

a) (i) Casi todos se dieron cuenta de que la fuerza neta que actúa sobre el ciclista es cero.

(ii) Esta pregunta se respondió malamente. Hubo una comprensión pequeña o nula de las fuerzas que actúan y aún menos idea de que la longitud del vector debería ser proporcional a la intensidad de la fuerza. Estas ideas básicas impregnan la totalidad de la física y, claramente, son mal comprendidas por muchos.

(iii) La mayoría pareció ganar uno de los dos puntos. Resultó raro ver explicaciones claras tanto de la naturaleza como de la intensidad de las fuerzas que actúan en horizontal.

b) Muchos llevaron a cabo exitosamente este sencillísimo cálculo.

c) (i) y (ii) se hicieron bien.

(iii) Las explicaciones fueron pobres y muchos candidatos se centraron sobre el carácter no uniforme de la fuerza, o sobre la naturaleza de la propia fuerza.

B2

B2 Parte 1 [solo NS] B3 Parte 1 [solo NM] Fisión y fusión nucleares

a) (i) Resultó positivo ver que muchos candidatos tienen una buena comprensión del significado de la energía de enlace.

(ii) Casi todos los candidatos identificaron el máximo de la curva como la posición del más estable.

- (iii) Fue muy simple: los candidatos necesitaban indicar qué energía de enlace *por nucleón* era máxima, pero la mayoría discutió solo la energía de enlace y no puntuó.
- b) (i) Muchos candidatos que insistieron en el cálculo se las arreglaron para llegar a una conclusión válida.
- (ii) De nuevo, la mayoría pudo establecer que en la fisión se emitían dos neutrones.
- (iii) Los candidatos más flojos pasaron apuros y no fueron capaces de utilizar $E=mc^2$ con soltura alguna. Otros fallos en los candidatos más capaces fueron errores aritméticos o, sorprendentemente, al calcular el cuadrado de c .
- (iv) La mayoría de los candidatos obtuvieron algún punto que se les otorgó por dibujar con precisión los procesos de fisión. Las descripciones escritas fueron confusas y no se centraron en la reacción particular a que hacía referencia la pregunta.
- c) Las discusiones sobre los beneficios sociales y para el medio ambiente fallaron al presentar física real o física gravemente errónea. Parecía como si los candidatos comenzaran, de repente, a perder toda su comprensión una vez que empezaban a escribir en líneas generales.

B2 Parte 2 NS Dispositivos acoplados por carga

- a) En general, la condición de resolución de un CCD se expresó bien.
- b) (i) Los mejores candidatos fueron capaces de demostrar convincentemente la longitud del píxel. Sin embargo, habida cuenta de que era una pregunta del tipo “demuestre que”, fueron muy pobres las explicaciones sobre la física y las matemáticas involucradas.
- (ii) No se hizo bien el cálculo de la diferencia de potencial a través de un píxel. Hubo un error de concepto sobre el verdadero significado del rendimiento cuántico y algunos candidatos no pudieron dar con la relación entre la carga almacenada, la diferencia de potencial y la capacitancia.
- (iii) La mayoría fue capaz de comprender la conexión entre espaciado de píxeles y resolución.
- c) Entre los candidatos que plantearon sus discusiones en términos de almacenamiento de datos, muchos no lo lograron y, en consecuencia, perdieron puntos. Hubo una extendida y errónea creencia de que la película tenía una resolución peor que la de un medio digital; el estado presente de la tecnología no lo permite para uso doméstico.

B3

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

- a) A menudo, los candidatos más débiles no fueron capaces de indicar las condiciones requeridas para un movimiento armónico simple.
- b) (i) La mayoría fue capaz de indicar la amplitud de la vibración.
- (ii) Las gráficas se dibujaron adecuadamente, pero hubo una tendencia a cambiar el periodo a lo largo del eje de tiempos y los examinadores redujeron la nota. En este nivel, los esquemas deben ser más precisos.

- (iii) Hubo un claro fallo generalizado al identificar el periodo temporal. A menudo, los candidatos rotulaban solo un punto del eje, presuponiendo el origen y sin rotularlo correctamente. Las mejores resoluciones presentaban una doble flecha mostrando muy claramente el periodo temporal. Las indicaciones sobre la amplitud fueron mucho mejores, pero aún así algunos identificaron como amplitud la distancia entre pico y pico.
- c) (i) Demasiados candidatos intentaron utilizar las ecuaciones del movimiento o la ecuación $c=f\lambda$ para determinar la rapidez lineal.
- (ii) De nuevo, se utilizaron ecuaciones inadecuadas para determinar la aceleración de la punta del diapasón.
- d) **[solo NS]** Muchos hicieron bien el esquema de la aceleración frente al tiempo, pero predeciblemente algunos dibujaron la línea desfasada 180° .
- e) **[solo NS]** (i) El movimiento amortiguado se describió bien, usualmente en términos de una amplitud decreciente. Obviamente, no puntuaron las descripciones en términos de desplazamiento decreciente.
- (ii) Con frecuencia se citaron, correctamente, la resistencia del aire o la emisión de sonido como razones del amortiguamiento.

B3 Parte 2 [solo NS] Termodinámica

- a) La identificación de símbolos fue, en general, muy pobre. Pocos candidatos obtuvieron los tres puntos, y raramente se estableció una relación consistente entre Q y W (en términos de energía ganada por el gas y trabajo realizado por el gas). (i) La mayoría se dio cuenta de que el volumen permanecía constante en el proceso.
- (ii) La explicación fue muy pobre. Raramente se constató que el gas tenía que realizar un trabajo contra la atmósfera. Resultó raro que los candidatos reconocieran la relación entre la temperatura y la energía cinética media.
- (iii) Los cálculos de estas magnitudes se hicieron, en general, bien.

B4

B4 Parte 1 [NS] B2 Parte 2 [NM] Circuitos eléctricos

- a) Muchos candidatos obtuvieron 2 o 3 de los 4 puntos posibles. Entre los fallos se encontraban la perenne falta de habilidad para dibujar circuitos divisores de potencial y una falta de conocimiento de la relación física entre un voltímetro y la diferencia de potencial del componente que se está midiendo.
- b) Alrededor de la mitad de los candidatos dibujó la gráfica como una línea recta que pasaba por el origen, en vez de mostrar el cambio en las propiedades al aumentar la temperatura del filamento.
- c) La mayoría fue capaz de calcular la corriente en la bombilla.
- d) Alrededor de la mitad de los candidatos pudo calcular el radio solicitado del filamento, utilizando apropiadamente la ecuación de la resistividad.
- e) Las explicaciones tanto de los cálculos como de las razones que respaldaban si las bombillas en paralelo lucirían normalmente, fueron en general pobres. Muchos candidatos no pudieron hacer frente al hecho de que las bombillas estuvieran en

paralelo. Los examinadores tuvieron verdadera dificultad en comprender los procesos de pensamiento que intentaban expresar los candidatos. Los candidatos deben tener claro tanto la física de la situación como el modo en que se está utilizando.

B4 Parte 2 [NS]

- a) (i) Parecía haber una falta generalizada de conocimiento o comprensión de los detalles del experimento de Davisson y Germer. Las descripciones del fenómeno observado fueron pobres y faltas de detalle.

(ii) Alrededor de una cuarta parte de los candidatos que eligieron esta opción fueron capaces de abordar este cálculo; ello fue muy decepcionante. La mayoría ni siquiera pudo comenzar.
- b) Muchas explicaciones fallaron en el enfoque de la pregunta y plantearon divagaciones sobre la hipótesis de De Broglie, pero no llegaron a relacionarla con el modelo concreto de la pregunta.

B3 Parte 2 [NM]

- a) (i) La mayoría de los candidatos no distinguieron entre efecto invernadero y su intensificación. Así pues, las descripciones fueron generales y no estaban enfocadas hacia la física de la intensificación.

(ii) La pregunta pedía a los candidatos que consideraran otros efectos aparte de los asociados al calentamiento global intensificado. Muchos no comprendieron la distinción y describieron los efectos provocados por las actividades humanas en vez de aquellos que suceden de manera natural.
- b) (i) Se erraron los cálculos debido a la incapacidad de transformar km en m, al objeto de usar los valores de densidad (o viceversa).

(ii) Estos problemas con potencias de diez arrastradas al apartado siguiente, dan lugar a muchos errores de acarreo.
- c) Aunque es posible que algunos no comprendieran el significado de capa de hielo oceánica, las explicaciones y las afirmaciones sobre el efecto de la fusión de la capa fueron pobres y sin fundamento. Claramente, los candidatos no comprendieron los factores importantes en este efecto.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Se constató una falta de precisión en las respuestas escritas, especialmente en aquellas que requerían de una explicación. Fueron pocos los argumentos que mostraron una progresión lógica. Debería animarse a los candidatos a ser capaces de definir los términos que utilicen y a definir los símbolos que estén usando. El verbo de acción es de gran importancia para los candidatos en sus respuestas a una pregunta; parece que ignoran los matices. En particular, al abordar una pregunta tipo “demuestre que”, debe animárseles a presentar su trabajo de modo lógico y claro. Una sencilla cita de la respuesta (normalmente dada en no importa dónde) junto con una mezcla de álgebra y números no permite obtener la puntuación máxima.

Prueba 3 del Nivel Superior y del Nivel Medio

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

Nota final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 26	27 - 30	31 - 35	36 - 60

Nivel medio

Nota final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 3	4 - 7	8 - 12	13 - 16	17 - 19	20 - 23	24 - 40

Comentarios generales

A muchos candidatos les resultó complicado obtener una buena nota en esta prueba, a pesar de que había puntos accesibles para aquellos candidatos que encontraran dificultades con los aspectos más conceptuales de las Opciones.

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. Debería tenerse presente que dicho resumen está basado en un muy pequeño número de respuestas. En vista de ello, la conclusión es que la mayoría de los colegios estaban satisfechos con las pruebas.

Nivel medio

- La mayoría de centros (90%) encontró la prueba con un estándar similar al año pasado. Claramente, ésta valoración es más difícil de hacer que en años anteriores, ya que es la primera sesión de exámenes de noviembre con el nuevo programa.
- Todos los centros consideraron apropiado el nivel de dificultad.
- En términos de cobertura del programa, el 56% la juzgó buena y el 44% satisfactoria. Todos estuvieron de acuerdo en que la claridad de la redacción era apropiada (67% buena y 33% satisfactoria), y aprobaron la presentación del examen (67% buena, 33% satisfactoria).
- Hubo una desigual elección de opciones, siendo las más populares la A (Visión y fenómenos ondulatorios), la B (Física cuántica y física nuclear), la E (Astrofísica) y la G (Ondas electromagnéticas). Pocos centros optaron por la C (Tecnología digital), la D (Relatividad y física de partículas) o la F (Comunicaciones).

Nivel superior

De nuevo, debería tenerse presente que hubo muy pocos impresos G2 respondidos, menos que en el NM.

- El 33% de los centros encontró la Prueba de NS con un estándar similar al del último año, un 17% la encontró un poco más difícil, y un 33% mucho más difícil. A pesar de

esta comparación, una gran mayoría del 87% juzgó apropiado el nivel de dificultad y solo un 14% lo encontró demasiado difícil.

- En términos de cobertura del programa, claridad de la redacción y presentación, nadie consideró pobre la prueba. El 57% encontró que lo cubría bien y que la claridad de la redacción era buena, y el resto la juzgó satisfactoria.
- Hubo un nítido corte en la elección de opciones. Un número significativo de centros eligió las diferentes combinaciones de las Opciones E (Astrofísica), G (Ondas electromagnéticas), H (Relatividad) e I (Física médica). Las Opciones F (comunicaciones) y J (Física de partículas) fueron elegidas en proporciones similares por solo unos pocos centros.

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, evidencia de niveles atómicos de energía, simultaneidad, paradoja de Olber y aberración cromática.)
- Cálculos que involucren cocientes.
- Radiación de fondo cósmico de microondas.
- Radio de Schwarzschild y espacio-tiempo
- Amplificadores operacionales.
- Red de difracción.
- Momento y energía relativistas.
- Proporcionar suficiente profundidad y detalle en las preguntas en que se concede más de un punto. Esto resultó particularmente cierto en aquellas preguntas que involucraban los verbos de acción “explique”, “resuma” y “describa”
- Falta de precisión en las definiciones y uso correcto de la terminología científica.

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

La mayoría de los candidatos fueron capaces de completar exitosamente los cálculos más sencillos.

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

Solo NM

Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios

A1 El ojo humano

En general, esta pregunta se respondió bien. Sin embargo, las respuestas a los apartados (a)(ii) y (b) carecían del detalle suficiente para lograr la totalidad de los puntos. Por ejemplo, omitiendo el detalle de que los bastones y conos convierten la luz en señales eléctricas o de que la acomodación involucra, en realidad, el enfocado de la imagen.

A2 Efecto Doppler

Un error muy común fue no tomar nota del aumento en el espaciado y/o dibujar todo a la derecha de la línea C.

A3 Resolución óptica

A menudo, los candidatos calcularon correctamente el ángulo y por tanto perdieron puntos. Las respuestas a (b) mostraron, con frecuencia, la falta de precisión antes mencionada e.g. “utilizar lentes más grandes”.

A4 Filtros polarizadores y fuentes

No se respondió bien. Muchos candidatos se encontraron completamente confusos en (a), y en (b) o tenían conocimiento de la polarimetría o no lo tenían.

Opción B – Física cuántica y física nuclear

B1 Física cuántica y electrones.

(a) (i) Usualmente, se respondió bien, pero muchos candidatos no tuvieron en cuenta el verbo de acción “explicar” en (ii) y solo indicaron que no hay cambio.

En (b)(i) estaba claro que muchos candidatos habían visto este tipo de resolución anteriormente y fueron capaces de llevar a cabo correctamente los cálculos. Otros intentaron usar $c = f\lambda$. En el apartado (ii), muchos candidatos dieron cuenta de la dispersión de electrones por cristales.

La parte (c) no se hizo bien. Como se ha dicho antes, los candidatos tienen dificultad con las respuestas largas y no se les da bien escribir explicaciones científicas. Algunos candidatos omitieron completamente la cuestión (i) y solo hablaron del átomo de hidrógeno. En (ii), a menudo se hizo en realidad una pequeña referencia a los espectros de líneas.

B2 Desintegración radiactiva

Con frecuencia, se respondió bien. Sin embargo, el cálculo hizo fracasar a un número significativo de candidatos. Un error frecuente fue multiplicar la actividad inicial por la constante de desintegración, al usar la ecuación de la actividad.

Opción C – Tecnología digital**C1 Almacenamiento de información en un CD**

Usualmente, se respondió muy bien a los apartados (a) y (b) de esta pregunta, pero casi siempre se respondió pobremente al apartado (c). Muy pocos candidatos demostraron estar verdaderamente familiarizados con esta sección del programa, no mostrando corrientemente destreza alguna en la resolución de problemas que involucren circuitos que incorporen amplificadores operacionales.

C2 Dispositivos acoplados por carga (CCD)

Muchos candidatos parecían saber qué es la capacitancia, aún cuando algunos no lograron necesariamente puntuar dada su tendencia a presentar respuestas descriptivas. Varios candidatos fueron capaces de realizar exitosamente los cálculos en (b), pero muchos de ellos perdieron puntos en (ii).

Opción D – Relatividad y física de partículas**D1 Relatividad especial**

La mayoría de los candidatos comprendieron lo qué significaba un sistema de referencia inercial, pero mientras que la mayoría se dio cuenta de que Aibhe medía la longitud propia, la razón (incorrecta) dada con frecuencia al por qué, fue que ella se encontraba en un sistema de referencia en reposo.

Los dos cálculos fueron, a menudo, correctos pero (d) se respondió pobremente. Los candidatos no comprenden bien el concepto de simultaneidad. La mayoría de las respuestas parecían indicar que los candidatos no eran conscientes de que el tiempo en el que ocurre un suceso se mide con un reloj en reposo en el lugar donde ese suceso tiene lugar. Además, no parecían darse cuenta de que los sucesos ocurren en todos los sistemas de referencia. Otro error conceptual fue que, de algún modo, la simultaneidad tiene a veces que ver con los observadores que ven la luz procedente de los sucesos. La situación en esta pregunta se complicaba algo por el hecho de que Aibhe no estaba en el punto medio entre los insectos. No obstante, si los relojes situados en los lugares donde se posaban los insectos marcaban tiempos idénticos al posarse éstos, entonces no importa dónde se encuentra Aibhe respecto de ellos, pues siempre será capaz de calcular que los relojes marcaban tiempos idénticos. Aunque Euan estaría de acuerdo con que los sucesos son simultáneos para ella, eso no sería igual para él, debido al movimiento relativo y a la dilatación del tiempo. Claramente, todo lo que cabía esperar de las respuestas con un verbo de acción “resuma”, es que los candidatos comprendieran lo que significa el tiempo de un suceso y, basándose en los postulados de la relatividad, qué efecto tiene el movimiento relativo entre los observadores sobre los tiempos registrados.

D2 Fermiones y bosones

Aparte de una o dos buenas respuestas a los apartados (a) y (b), los pocos candidatos que abordaron esta opción mostraron una pequeña o nula comprensión de los temas tratados en las preguntas.

NM y NS conjuntas

Opción E – Astrofísica

E1 Becrux y variables cefeidas

Un número significativo de candidatos no se dio cuenta de que la escala de magnitud aparente es una escala relativa, que se aplica a observadores en la Tierra. Sin embargo, el concepto de magnitud absoluta resultó bien conocido.

Sobre los cálculos en (b), en general, (i) se hizo mejor que (ii). Como en años anteriores, las proporciones en (ii) constituyeron un problema para muchos candidatos. Tanto en (i) como en (ii), varios candidatos asumieron la respuesta e hicieron el problema a la inversa, lo que es un método aceptable.

Aunque en el esquema de corrección se concedía un margen para la región de las variables cefeidas, muchas de las posiciones que se marcaron eran muy inexactas. La razón de la variación en su luminosidad resultó, en general, bien conocida, pero pocos se dieron cuenta de que se necesita medir tanto el brillo aparente como el periodo para calcular las distancias galácticas.

E1 [solo NS]

Bastantes candidatos tuvieron dificultad al manipular el exponente en (c), pero los destinos de ambas estrellas se conocían bien.

Los caminos evolutivos que se dibujaron para Becrux eran, a menudo, un tanto extraños, omitiéndose completamente la región de las supergigantes rojas.

E2 Cosmología

Aunque la pregunta de (a) solicitaba una explicación cuantitativa de la paradoja de Olber, un número significativo de candidatos abordaron una explicación cualitativa. El máximo atribuido para esto en el esquema de corrección era de 2 puntos.

E2 [solo NM]

Aunque muchos candidatos se dieron cuenta de que la resolución de la paradoja radicaba en el hecho de que la teoría del Big Bang predice un universo en expansión, finito y no uniforme, algunos solo indicaron que el universo está expansionándose sin ningún otro detalle.

E2 [solo NS]

Con frecuencia, las respuestas a (b)(i) carecían de precisión, por lo que no puntuaron bien. La idea de un universo con una temperatura inicialmente alta no fue, a menudo, mencionada. Algunos candidatos solo dieron una descripción del FCM, por lo que no respondieron a la pregunta.

El error fundamental en el cálculo de (ii) fue utilizar un valor equivocado para la longitud de onda. También, y como siempre, las unidades originaron serios problemas a los candidatos.

Opción F – Comunicaciones**F1 Modulación**

Los conceptos de AM y FM parecían ser bien conocidos, excepto en los cálculos de (d) que raramente se hicieron correctamente y, a menudo, no se abordaron.

F2 Señales digitales

Los cálculos sobre la transferencia de datos, en (a)(i), no se hicieron bien a pesar de que se daba la respuesta.

Las respuestas correctas a (a)(ii) que no consideraron el instante $t = 0$ como instante de comienzo obtuvieron la totalidad de la puntuación. A menudo, no se comprendió que aumentar la frecuencia de muestreo significaba que se medirían pequeños aumentos en el voltaje.

El problema en (c) se respondió, con frecuencia, completamente bien, pero varios candidatos lo dejaron sin responder.

F2 [solo NS] [NM C3]

La pregunta sobre amplificadores operacionales casi siempre se respondió pobremente. Muy pocos candidatos demostraron estar verdaderamente familiarizados con esta sección del programa, no mostrando normalmente destreza alguna en la resolución de problemas que involucren circuitos que incorporen amplificadores operacionales.

F3 [solo NS] Sistemas de telefonía móvil

Usualmente, los candidatos estaban muy familiarizados con los aspectos morales y medioambientales que se derivan del uso de los teléfonos móviles. Hubo una gama de respuestas muy imaginativas, en particular respecto a los aspectos morales e.g. acoso, y copiar en los exámenes.

Opción G – Ondas electromagnéticas**G1 Espectro electromagnético**

Sorprendentemente, pocos candidatos lograron los tres puntos de esta pregunta. Muy a menudo uno de los apartados se respondió incorrectamente y más a menudo fue el que se indicara un orden de magnitud equivocado para la frecuencia de los rayos gama.

En (b)(ii), muchos candidatos constataron los riesgos para la salud de los rayos gama, pero un error conceptual muy común fue atribuirlo a que los rayos eran radiactivos.

G2 Aberración cromática y lentes

A menudo el apartado (a) se respondió correctamente, pero a veces los focos se colocaron invertidos. La explicación de la aberración cromática en (b), a menudo fue pobre y sin hacer referencia a la imagen. La mayoría de los candidatos solo indicaron con palabras lo que habían dibujado en (a).

Usualmente, el apartado (c) se respondió correctamente, así como los cálculos en (d).

G3 Interferencia de dos fuentes

El apartado (a) se respondió a menudo bien, excepción hecha de (iii) en donde las respuestas imprecisas descontaron puntos. Por ejemplo, no es suficiente decir que el patrón se haría más intenso y/o más agudo. Lo que se pide es una referencia al máximo principal.

El problema sobre la red de difracción de (b) no se hizo, generalmente, bien. Muchos candidatos no lo abordaron o comenzaron a partir de la fórmula de la doble rendija. Un error común en aquellos que utilizaron la fórmula de la red de difracción fue omitir el máximo central y/o tener en cuenta que los máximos se forman a ambos lados del máximo central.

G4 [solo NS] Interferencia en películas delgadas

Muchos candidatos parecían no estar familiarizados con este tema. Aquellos candidatos que parecían conocer el tema cometieron el error de olvidar el factor $\frac{1}{2}$ en el problema de (b), logrando solo uno de los dos puntos posibles.

G5 [solo NS] Rayos X

A menudo se respondió bien, pero algunos candidatos confundieron la producción de electrones con el efecto fotoeléctrico. El diagrama presentado podría haber sido más preciso, pero no hay evidencia de que ello perjudicara a los candidatos. Algunos candidatos olvidaron, también, convertir julios en eV, en (b), pero aún así, lograron que su respuesta fuera 0,050 nm, ¡el valor indicado en la pregunta!

Solo NS**Opción H – Relatividad****H1 [NM D1] Relatividad especial**

La mayoría de los candidatos comprendieron lo qué significaba un sistema de referencia inercial, pero mientras que la mayoría se dio cuenta de que Aibhe medía la longitud propia, la razón (incorrecta) dada con frecuencia al por qué, fue que ella se encontraba en un sistema de referencia en reposo.

Los dos cálculos fueron, a menudo, correctos pero (d) se respondió pobremente. Los candidatos no comprenden bien el concepto de simultaneidad. La mayoría de las respuestas parecían indicar que los candidatos no eran conscientes de que el tiempo en el que ocurre un suceso se mide con un reloj en reposo en el lugar donde ese suceso tiene lugar. Además, no parecían darse cuenta de que los sucesos ocurren en todos los sistemas de referencia. Otro error conceptual fue que, de algún modo, la simultaneidad tiene a veces que ver con los observadores que ven la luz procedente de los sucesos. La situación en esta pregunta se complicaba algo por el hecho de que Aibhe no estaba en el punto medio entre los insectos. No obstante, si los relojes situados en los lugares donde se posaban los insectos marcaban tiempos idénticos al posarse éstos, entonces no importa dónde se encuentra Aibhe respecto de ellos, pues siempre será capaz de calcular que los relojes marcaban tiempos idénticos. Aunque Euan estaría de acuerdo con que los sucesos son simultáneos para ella, eso no sería igual para él, debido al movimiento relativo y a la dilatación del tiempo. Claramente, todo lo que cabía esperar de las respuestas con un verbo de acción “resuma”, es que los candidatos comprendieran lo que significa el tiempo de un suceso y, basándose en los postulados de la relatividad, qué efecto tiene el movimiento relativo entre los observadores sobre los tiempos registrados.

[solo NS]

En (e), un error de concepto muy común fue que el tiempo transcurre más lento para los muones porque se están moviendo muy rápido. Pocas respuestas hacían referencia al tiempo propio o a la longitud propia y, a menudo, no se identificó el sistema de referencia relevante ya fuera el de los muones o el del observador en Tierra. Una vez dicho lo anterior, hay que reconocer que varios candidatos demostraron una comprensión clara de la situación.

H2 Energía y momento relativistas

Muchos candidatos respondieron correctamente al apartado (a), pero muy frecuentemente fue el único apartado de la pregunta que se respondió bien, junto con algunas respuestas correctas a (b)(i). Como en preguntas similares de exámenes anteriores, resulta claro que, los candidatos tienen dificultades en arreglárselas con las unidades expresadas en eV y con las potencias de c.

H3 Espacio-tiempo y agujeros negros

Las respuestas a (a) y (b) fueron, a menudo, imprecisas, e.g. “el espacio-tiempo consta de tres dimensiones espaciales y una dimensión temporal”. En (b), raramente se definió el radio verdadero y, a veces, solo se escribió “el punto donde incluso se escapa el cono de luz”, dada a menudo como respuesta. Usualmente, el apartado (c) se respondió bien.

Opción I – Física médica**I1 Audición**

En (a), a menudo se omitió una referencia al aumento en la fuerza. Las respuestas a (b)(i) tendieron a tratar el verbo de acción “sugiera” como “indique”, e.g. “la respuesta del oído es logarítmica”. El resto de la pregunta, normalmente se hizo bien.

I2 Rayos X y luz láser

En (a), algunas gráficas omitieron el primer punto. Las respuestas a (b)(i) ni siquiera hicieron referencia al espesor hemirreductor, a pesar de que la pregunta lo solicitaba específicamente. Los candidatos que calcularon correctamente el cociente entre carga e intensidad obtuvieron la totalidad de los puntos. El concepto de oximetría de pulsos era completamente desconocido para los candidatos de algunos centros.

I3 Radioisótopos

A menudo, los apartados (a) y (b) se respondieron bien, pero (c) originó muchas dificultades a los candidatos. Pocos reconocieron que después de 4 días queda $\frac{1}{4}$ de la muestra y que la actividad física ha disminuido a la mitad en ese tiempo. Muchos candidatos eligieron el camino (aceptable) de calcular la semivida efectiva, pero a menudo esto fue todo lo que lograron.

Opción J – Física de partículas**J1 [NM D2] Fermiones y bosones**

Aparte de una o dos buenas respuestas a los apartados (a) y (b), los pocos candidatos que abordaron la pregunta mostraron una pequeña o nula comprensión de los temas planteados en ella.

J2 Aceleradores de partículas

Usualmente, los apartados (a) y (b) fueron los que mejor se respondieron de la pregunta. Pocos candidatos sabían la razón del por qué los protones acelerados deben tener alta energía para crear otras partículas, en los choques con otros protones. Nadie estaba familiarizado con las ventajas e inconvenientes de la producción de partículas a partir de los choques con protones y antiprotones moviéndose en sentidos opuestos.

J3 Quarks

Pocos candidatos mostraron alguna familiaridad con los conceptos planteados en esta pregunta.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Las recomendaciones del equipo de examinadores incluyen las siguientes ideas:

- Los candidatos deberían disponer de tiempo para practicar respondiendo preguntas de exámenes anteriores.
- Se debe proporcionar a los candidatos la lista de verbos de acción, tal y como aparece en el programa, y explicarles su significado. Resulta claro que muchos candidatos no reconocen la diferencia entre, por ejemplo, “indicar” y “explicar”.
- El método debería permitir un seguimiento fácil al examinador en preguntas tipo “demostrar que” o “determinar”.
- Todos los diagramas deberán estar bien rotulados y las líneas rectas deben trazarse con regla.
- Se debería dedicar suficiente tiempo de enseñanza para cubrir todos los temas de cada Opción.
- Los candidatos deben leer completamente cada pregunta antes de responderla, ya que muchas preguntas son de naturaleza estructurada.
- Los candidatos debe aprender definiciones precisas y carentes de ambigüedad.
- No debe dejarse la enseñanza de las Opciones para el final del curso, ni tampoco dejar que los candidatos estudien por sí mismos una opción sin supervisarla.