

## FÍSICA TZ2

(IBAP & IBAEM)

### 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 - 39	40 - 49	50 - 60	61 - 71	72 - 100

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 12	13 - 23	24 - 35	36 - 45	46 - 56	57 - 65	66 - 100

### Evaluación Interna

#### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<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

#### Nivel Medio

<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

### Comentarios generales

La mayoría de los colegios cumplieron con las expectativas del BI. Los profesores comprendieron los criterios y calificaron de manera consistente y apropiada. La mayoría de los colegios necesitaron de una pequeña moderación o de ninguna. Muchos de los 4/PSOW pusieron de manifiesto programas prácticos muy buenos.

A menudo se evaluó a los alumnos en todos los criterios de una misma investigación. Ello permite tener en cuenta tanteos, y posibilita la revisión de las ideas de diseño iniciales. Esta es una buena costumbre científica. Evaluar los tres criterios en una investigación permite

también a los alumnos apreciar mejor las expectativas de EI en el criterio “Conclusión y evaluación”.

Hubo varios ejemplos de utilización de las TIC en el trabajo evaluado. Esta es una buena noticia y el BI anima el uso de las TIC.

En el criterio de Diseño, algunos profesores pidieron una hipótesis a los alumnos, y aunque eso no se penaliza, tampoco se requiere. Por otra parte, la falta de una hipótesis permite una verdadera investigación de final abierto. Quizás cabría una interpretación física (siguiendo las pautas de una hipótesis) en el primer aspecto de CE para lograr un nivel de completo.

En un sentido más crítico, hay algunas tendencias que necesitan corregirse. En primer lugar, un sensible número de colegios están calificando solo dos investigaciones, o solo dos veces cada criterio. A veces, son los dos primeros experimentos que figuran en el 4/PSOW. Esto no es justo para el alumno, que debería tener algunas oportunidades de mejorar sus dos mejores calificaciones. En segundo lugar y en relación con el primer punto, hay un cierto número de alumnos cuya puntuación total en EI, otorgada por los profesores, resulta evidentemente baja. Estos se han revisado y re-revisado por los moderadores y las bajas calificaciones están verdaderamente justificadas. Ello no es alentador. Los profesores necesitan estructurar la enseñanza de la EI de modo que permita a los alumnos mejorar, aprender de sus faltas y hacerlo mejor. De hecho, el BI espera que los alumnos rindan bien en EI. Para los asuntos de orientación, véase “Guía y autoría” en la Guía de Física, páginas 19 y 20.

Otro aspecto crucial concierne a las gráficas. Algunos profesores aceptan gráficas que tienen dibujados a mano los ejes y el número estimado de líneas, así como los puntos datos estimados. Esto no es aceptable a nivel de educación secundaria. Es necesario que los alumnos utilicen papel milimetrado para las gráficas dibujadas a mano. En la red se puede disponer fácilmente de software libre con papel para gráficas. Debería permitirse una segunda oportunidad en OPD a estos alumnos. Sin embargo, la mayoría de los alumnos utilizan satisfactoriamente software gráfico.

Unos pocos profesores tienen poca idea de lo que supone el criterio de Diseño. Por ejemplo, había casos de evaluación del Diseño para la ley de Hooke, confirmación de la ley de Ohm, evaluación del trabajo en grupo y cosas así. Es posible presentar la propuesta: “investigar la relación entre la corriente y el voltaje para un conductor metálico, una bombilla de filamento y un electrolito”, y evaluar el Diseño. El profesor también proporciona una nota con toda la teoría relevante y las ecuaciones. Esta es una investigación que merece la pena, pero no es apropiada para la evaluación del criterio de Diseño.

Continuando con este último aspecto crucial, está el eterno problema de profesores que evalúan el Diseño en investigaciones que el alumno ya comprende. En tales casos, el alumno sabe la teoría relevante y las ecuaciones. Si los profesores evalúan el Diseño de investigaciones cuya teoría y ecuaciones aparecen en libros de texto estándar, tales como el péndulo simple o la resistencia de un cable, entonces resulta esencial que las prácticas se lleven a cabo antes de tratar la teoría relevante en clase. Demasiado a menudo, los alumnos citan la ecuación relevante (y así no hay una oportunidad clara de seleccionar las variables).

En OPD, había varios casos en que el profesor proporciona a los alumnos tablas de datos con unidades, así como las instrucciones de qué representar gráficamente. Esto puede ser un buen ejercicio, pero no resulta apropiado para su evaluación.

Algunos profesores están concediendo “completo” en el aspecto 3 de OPD aunque las gráficas no consideren las incertidumbres; normalmente se espera que haya barras de error y gradientes máximo y mínimo en las rectas de los gráficos lineales.

## 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.

La regla general es investigar una función o relación entre dos variables. Los alumnos necesitan tomar decisiones y, ante la misma propuesta del profesor, alumnos distintos podrían llevar a cabo investigaciones ligeramente diferentes. Aunque ya no se exigen hipótesis en la planificación de una investigación, algunos profesores las solicitan de sus alumnos. 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. Alguna que otra vez, los profesores concedieron la totalidad de los puntos a pesar de la ausencia de unidades e incertidumbres, que, naturalmente, se piden. Ocasionalmente, los profesores podrían calificar OPD aunque no se hayan dibujado gráficas. En OPD se espera que los alumnos procesen los datos utilizando gráficas. Es necesario que los profesores planteen investigaciones que resulten apropiadas para los criterios.

La mayoría de los colegios ofrecieron un programa práctico variado, 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 colegios más de los deseables no estipularon experiencias prácticas sobre las dos 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 concesiones.

Por lo general, OPD y CE son inadecuadas para ser evaluadas cuando los alumnos trabajan con simulaciones tales como la desintegración radiactiva, usando datos, o la ley de Snell, usando un modelo computacional. Se trata de ejercicios válidos para el aprendizaje, pero no resultan apropiados para la evaluación. Las prácticas estándar de los libros de texto con el clásico equipamiento no resultan apropiadas 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 alumno hacia una pregunta de investigación, haciendo que el alumno piense en ella. Las variables necesitan de definiciones operacionales. Si una alumna 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? Es necesario que los alumnos comprendan 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 alumnos 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 mayor parte de los alumnos indican estos aspectos. Ocasionalmente, los profesores puntúan excesivamente este aspecto. Los profesores deben recordar que los moderadores sólo conocen lo que está escrito en los informes de los alumnos.

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

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

Un *completo* en el aspecto 3 de OPD requiere que los alumnos 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 representados, una línea de mejor ajuste, y que se utilizarán las barras de error y los gradiente máximo y mínimo para determinar la incertidumbre del gradiente. La sección 1.2 del programa indica en detalle lo que se espera. Los alumnos 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 alumnos 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 alumnos estén utilizando fotografías con tomas a espacios prefijados de una luna de Júpiter y reuniendo datos para determinar la constante de gravitación,  $G$ . Se dispondría de 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), pero 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 alumno de secundaria podría y debería construir la gráfica. Si una gráfica resulta 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 alumno 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 alumno 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 la 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 alumno tanto en Diseño como en OPD, entonces se requiere ciertamente una gráfica. Ello es debido a que en Diseño los alumnos 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 alumno debería, o no, involucrar una gráfica.

### Conclusión y Evaluación

Alcanzar un nivel 3 en el aspecto 1 de CE requiere que los alumnos “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 alumnos deberían preguntarse por sí 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 alumnos 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 alumnos 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 alumno en EI, los alumnos 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 alumno.
- 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 alumnos y los profesores deben poner fecha y firmar en el formulario 4/PSOW.

- Hay una amplia evidencia de la utilización de las TIC. El BI anima esta práctica. La mayoría de los alumnos utiliza 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 alumnos, con comentarios del moderador.
- Está permitido que los profesores respondan las preguntas de los alumnos 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 responder sólo a preguntas de los alumnos sobre las posibilidades directas de la investigación (y no responder preguntas directamente).

Al evaluar el trabajo de los alumnos utilizando los criterios de EI, 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 alumno 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 de 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 claramente la pregunta de investigación y/o las variables independiente **y** controlada. El profesor puede proporcionar al alumno la variable dependiente (siempre que haya una variedad de variables independientes a identificar por el alumno). Resulta aceptable dar al alumno un objetivo general de la investigación, si los alumnos 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 alumnos, o si

**todos** los alumnos 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 alumnos rellenan. Si el alumno no ha registrado las incertidumbres de algún dato cuantitativo, el máximo que puede conceder el moderador en el primer aspecto es “parcial”. Si el alumno 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 una gráfica con los ejes rotulados (o se ha informado a los alumnos sobre las variables a representar), o los alumnos 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 alumnos 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 alumnos 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 alumnos, el máximo alcanzable en cada aspecto que se haya guiado el alumno es *parcial*.

El moderador juzga simple y llanamente las aportaciones de los alumnos. La diferencia entre un parcial y un completo para el aspecto 1 de CE involucra la justificación de su 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 pueden esperar de sus alumnos.

### **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 alumno 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 alumno 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 alumnos que responden completamente a una tarea extensa resultan injustamente penalizados, con más frecuencia que los alumnos que abordan el ejercicio de manera simplista. El alumno 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 alumnos 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 del Curso y en el MAP. La evaluación de los alumnos 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 alumnos 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 alumnos 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 alumnos deberán informar de ese hecho.

Los gradientes mínimo y máximo deberían trazarse sobre las gráficas, 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 alumnos han intentado claramente considerar o propagar las incertidumbres, los moderadores apoyarán lo concedido por el profesor, aún si consideraran que el alumno 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 alumno 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 alumno 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 alumno. En consecuencia, los alumnos pueden obtener altas calificaciones en OPD con un breve trabajo en base a datos limitados, pues si 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 contenga 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.

## Prueba 1

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 24	25 - 29	30 - 33	34 - 40

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	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. Las preguntas adicionales en el NS permiten abarcar más a fondo el programa de estudios, tanto los temas troncales como los TANS.

Sólo un pequeño porcentaje de Centros enviaron los impresos G2. En el NM, hubo 18 respuestas de 437 Centros y en NS 18 respuestas de 236 Centros. En consecuencia, es difícil evaluar la opinión de alumnos y profesores respecto a las pruebas. Las pocas respuestas recibidas indicaban que las pruebas se consideraron como las del año anterior o ligeramente más difíciles. La inmensa mayoría consideró que el nivel de dificultad de los profesores fue apropiado. La mayoría estuvo de acuerdo en que la cobertura del programa fue satisfactoriamente buena, que la claridad de la redacción era aceptable o buena, y que la prueba estaba bien presentada.

## Análisis estadístico

El rendimiento global de los alumnos 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 alumnos 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 alumnos 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 alumnos de capacidades diferentes. En general, un índice de discriminación alto indica que una gran proporción de los alumnos mejores identifica correctamente la clave, en comparación con los alumnos 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	3444 *	89	665	49	1	81.07	0.22
2	20	114	215	3896 *	3	91.71	0.13
3	518	2736 *	769	192	33	64.41	0.47
4	530	3108 *	482	124	4	73.16	0.46
5	207	3366 *	311	343	21	79.24	0.36
6	2364 *	349	551	974	10	55.65	0.31
7	141	3600 *	414	87	6	84.75	0.23
8	69	845	315	3016 *	3	71	0.31
9	1724	285	2073 *	158	8	48.80	0.46
10	435	2429 *	396	983	5	57.18	0.54
11	196	447	1265	2336 *	4	54.99	0.39
12	752	820	330	2337 *	9	55.01	0.53
13	2221 *	680	981	332	34	52.28	0.37
14	535	63	3158 *	485	7	74.34	0.29
15	561	222	3015 *	430	20	70.97	0.38
16	2584 *	442	90	1130 *	2	60.83	0.10
17	432	1799 *	1474	532	11	42.35	0.42
18	675	630	1582	1343 *	18	31.61	0.18

19	2118 *	440	1621	60	9	49.86	0.58
20	791	402	1296	1744 *	15	41.05	0.37
21	381	3417 *	189	253	8	80.44	0.28
22	356	2977 *	495	411	9	70.08	0.46
23	662	2633 *	597	346	10	61.98	0.47
24	296	722	2911 *	304	15	68.53	0.46
25	2140 *	1326	480	281	21	50.38	0.42
26	103	1436	626	2068 *	15	48.68	0.25
27	526	1088	643	1981 *	10	46.63	0.61
28	474	1469	422	1851 *	32	43.57	0.32
29	2508 *	1080	404	248	8	59.04	0.62
30	571	530	354	2784 *	9	65.54	0.37
31	2029 *	577	1330	298	14	47.76	0.39
32	396	909	2330 *	593	20	54.85	0.43
33	18	1004	2960 *	257	9	69.68	0.28
34	409	234	659	2919 *	27	68.71	0.23
35	1015 *	125	1262	1832	14	23.89	0.18
36	1573 *	386	720	1538	31	37.03	0.42
37	481	902	1574 *	1255	36	37.05	0.38
38	162	3420 *	140	503	23	80.51	0.28
39	877	555	2466 *	300	50	58.05	0.27
40	894	620	2431 *	262	41	57.23	0.45

Número de alumnos: 4248

### Prueba 1 del Nivel Medio Análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	2610 *	168	928	83	7	68.76	0.32
2	291	1004	926	1565 *	10	41.23	0.32
3	63	178	344	3202 *	9	84.35	0.24
4	961	2764 *	46	24	1	72.81	0.24
5	1315 *	388	730	1350	13	34.64	0.47
6	755	2224 *	682	127	8	58.59	0.52
7	334	287	988	2176 *	11	57.32	0.30
8	402	2551 *	400	416	27	67.20	0.41
9	1652 *	546	603	974	21	43.52	0.39
10	296	2890 *	503	95	12	76.13	0.23
11	658	223	267	2642 *	6	69.60	0.33
12	302	549	1396	1539 *	10	40.54	0.41
13	566	1706 *	450	1063	11	44.94	0.51
14	304	601	2560 *	314	17	67.44	0.45
15	2476 *	985	182	148	5	65.23	0.35
16	475	391	1851	1042 *	37	27.45	0.29
17	659	353	445	2322 *	17	61.17	0.50
18	415	1071	2033 *	262	15	53.56	0.14
19	1560	508	836	870 *	22	22.92	0.33
20	141	269	2990 *	374	22	78.77	0.25
21	1094	413	203	2051 *	35	54.03	0.37
22	430	889	2419 *	306	22	56.61	0.46
23	1363 *	1337	670	372	54	35.91	0.33
24	3100 *	198	327	165	6	81.66	0.25
25	54	970	2444 *	316	12	64.38	0.36
26	667 *	250	942	1918	19	17.57	0.13
27	582	1406 *	1161	628	19	37.04	0.21
28	1112 *	387	680	1582	35	29.29	0.24

29	404	1783 *	532	1027	50	46.97	0.29
30	441	748	1133 *	1419	55	29.85	0.20

Número de alumnos: 3796

## Comentarios sobre el análisis

### Dificultad

El índice de dificultad varió entre el 23% en NS y el 18% en NM (preguntas relativamente “difíciles”), hasta casi el 92% en NS y el 84% 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 alumnos 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. Lo ideal sería que el índice fuera, aproximadamente, mayor que 0,2. Esto se alcanzó en todas las preguntas de las pruebas excepto en 3. 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 alumnos o ser una pregunta con un índice de dificultad alto.

### Respuestas "en blanco"

En ambas pruebas, el número de respuestas en blanco tendía a aumentar para las preguntas finales. Los profesores no indicaron que faltara tiempo. El consejo de los examinadores es que los alumnos hagan una conjetura razonable en aquellas preguntas de las que no estén seguros. Las respuestas incorrectas no están penalizadas. Algunos de los “distractores” serán susceptibles de eliminación, reduciendo así lo que ha de conjeturarse.

## Comentarios sobre preguntas seleccionadas

El rendimiento de los alumnos 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. Únicamente se harán comentarios sobre preguntas seleccionadas, i.e. aquellas que ilustran un tema particular o las que se hayan comentado en los G2.

### NM y NS Preguntas comunes

#### NM P1 y NS P1

Muchos la encontraron sencilla, pero una minoría considerable en ambos niveles no multiplicó por 100 para convertirlo en porcentaje.

#### NM P3 y NS P2

Resulta claro que muchos alumnos no están familiarizados con la naturaleza vectorial del desplazamiento y su dependencia única del punto de partida y del punto final del movimiento.

#### NM P6 y NS P4

Los comentarios en G2 se referían al uso del término “vista desde arriba”. Se trata de un frase estándar utilizada en los exámenes de años anteriores y que los alumnos deberían

conocer. Significa que la vista de la situación se toma desde (verticalmente) arriba. Sin embargo, el índice de dificultad indica que no hubo tal duda en la mente de muchos alumnos.

### **NM P9 y NS P6**

En los informes G2 se hizo referencia al rozamiento que actúa sobre la caja. No había mención alguna al rozamiento en la pregunta y ni los alumnos ni los profesores debieran inferir dificultades allí donde no se hace mención a que existan. Aunque quizás haya pequeñas perturbaciones en la energía durante la aceleración inicial de la caja, cuando queda establecido el movimiento a velocidad constante las condiciones del gas permanecen sin cambio.

### **NM P10 y NS P7**

Presentó pocas dificultades excepto para aquellos que invirtieron la ecuación.

### **NM P12 y NS P11**

De nuevo, los alumnos de NM rindieron peor que los de NS y muchos consideraron que el sistema de suspensión del coche necesita ser moderadamente amortiguado.

### **NM P13 y NS P10**

Aunque dio pocos problemas a los alumnos de NS, los de NM estuvieron mucho más inseguros con el distractor D (interpretado, de hecho, como  $x$  frente a  $t$ ).

### **NM P19 y NS P20**

Pocos alumnos de NM puntuaron en esta pregunta. Quedó claro que muchos no consideraron que la variación de la intensidad del campo eléctrico en el interior de la esfera fuera diferente que en el exterior; muchos eligieron A. Los alumnos de NS puntuaron mejor y aún aquellos que se equivocaron se dieron cuenta de que hay una carga en la superficie de la esfera, pero aceptaron que el campo eléctrico tomaba en el interior de la esfera el mismo valor que en su superficie.

### **NM P22 y NS P24**

Se respondió bien, pero un distractor significativo lo constituyó la respuesta B. Los alumnos que eligieron esta probablemente confundieron el número de protones y el de nucleones.

### **NM P23 y NS P25**

El distractor B fue muy popular en ambos niveles, indicando que esos alumnos se confundían al distinguir entre las unidades  $\text{MeV}$  y  $\text{MeV c}^{-2}$ .

### **NM P25 y NS P33**

Los alumnos parecían ahora mucho más cómodos a propósito de la distinción entre fuentes de energía renovable y no renovable.

### **NM P26 y NS P35**

La estadística muestra que solo una minoría comprendía claramente el significado de masa crítica.

**NM P28 y NS P36**

Se trataba de una pregunta difícil, que requería de un modo de razonar claro. La clave es la frase *“máxima potencia eléctrica teórica disponible”*. Esta depende del ritmo al que puede generar energía la turbina, lo que depende tanto del valor de  $H_0$  como de la pendiente de la gráfica (relacionada con el ritmo al que puede fluir el agua).

**NM P30 y NS P37**

Los alumnos se sentían incómodos al aplicar su conocimiento de la ley de Stefan-Boltzmann al modelo climático sencillo. Resulta importante para ellos recordar que el contenido del Tema 8 está firmemente enraizado en principios y leyes físicas, y no es, simplemente, contenido descriptivo.

**NS Preguntas****P9**

Demasiados no pensaron cuidadosamente la pregunta y dieron la respuesta estándar del área que habrían calculado muchas veces en clase. Sin embargo, ¡no se trataba de la pregunta estándar!

**P17**

Los alumnos no se dieron cuenta de que los resistores estaban sencillamente en paralelo. La distribución de frecuencias de los distractores indica que muchos alumnos no puntuaron. Se les debería haber advertido claramente de redibujar el circuito en un formato más familiar.

**P18**

Muchos no lograron recordar que un ritmo constante de cambio en el campo magnético conduce a un valor constante de fem inducida. Otros olvidaron que la dirección de la fem inducida es tal que se opone al cambio que la origina.

**P19**

Un cambio en la frecuencia de rotación provoca dos cambios en la salida del generador: un cambio en la fem y otro en la frecuencia. Muchos alumnos indicaron uno pero no el otro.

**P31**

Esta pregunta es un tema mencionado específica y directamente en el temario. Muchos la encontraron difícil y un número significativo confundió los niveles de energía atómicos con los nucleares.

**NM Preguntas****P2**

Los alumnos necesitaban prestar atención y muchos no lo hicieron. Tres, una o ninguna cantidades vectoriales eran posibles e incorrectas. Probablemente, los alumnos fueron poco cuidadosos en su lectura.

**P5**

Un gran número de alumnos indicó la fuerza  $F$  aplicada a la caja, olvidando que la indicación de que la velocidad era constante (y por tanto no había aceleración) es la clave de que la fuerza neta es cero.

**P16**

Muchos no tuvieron cuidado con las unidades y dieron la cantidad correcta pero la unidad equivocada.

**P27**

Muchos alumnos consideraron que los cambios en el albedo de la Tierra y la distancia Tierra-Sol eran suficientemente significativos como para originar las variaciones anuales en la energía solar incidente sobre la superficie de la Tierra.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Los alumnos 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 recalcar que una respuesta incorrecta no da lugar a la reducción de un punto.

Probablemente los alumnos lean las preguntas rápidamente y no muy a fondo. Las preguntas se plantean con la mayor brevedad posible, lo cual significa que todas las palabras son importantes.

Demasiado a menudo los alumnos se enfrentan con sencillos temas de la Guía y se dan cuenta de que no están preparados para ello. La prueba 1 pretende evaluar enunciados correspondientes a los objetivos 1 y 2. Esto involucra buena memoria, así como deducciones más difíciles en las preguntas.

Como se advierte en las preguntas específicas anteriores, la física involucrada en el Tema 8 no es trivial y los alumnos se preparan a sí mismos de manera demasiado superficial en esta área de estudio. La intención es que los exámenes de este Tema cubran la física real a nivel apropiado y muchos alumnos no se han dado cuenta de la necesidad de desarrollar una comprensión total con la calidad requerida.

## Prueba 2

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 9	10 - 18	19 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 95

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 4	5 - 9	10 - 13	14 - 18	19 - 23	24 - 28	29 - 50

### Comentarios generales

Se debe tener presente que tanto los comentarios generales como los específicos se refieren a errores comunes y/o a áreas en las que surgen errores conceptuales, y que los examinadores vieron algunos textos excelentes en los que los alumnos mostraban una muy buena comprensión de los conceptos físicos subyacentes.

Hubo muy pocas respuestas G2 en ambos niveles (15 en NS y 19 en NM) por lo que es difícil establecer ninguna conclusión significativa. Sin embargo, la mayoría de las respuestas indicaron que las pruebas eran de un estándar similar al del año anterior y que el nivel de dificultad era el apropiado. Casi todas las respuestas indicaban que la cobertura del programa fue satisfactoria o buena, e igualmente la claridad de la redacción y presentación de las pruebas.

Los comentarios generales de los profesores parecían indicar que, en suma, ambas pruebas de NM y de NS fueron bien recibidas.

Como el último año, resultó especialmente preocupante la ausencia de contenido físico en las respuestas a las preguntas sobre el efecto invernadero y el efecto invernadero intensificado. No es suficiente que los alumnos utilicen simplemente el sentido común combinado con un poco de barniz de fondo. Es necesario que el tema se enseñe con rigor y no anecdóticamente. Respuestas tales como “los gases absorben la radiación y entonces calientan la atmósfera” muestran no comprender para nada los temas.

Debe advertirse que los alumnos pueden lograr puntos por medio del aprendizaje correcto de las definiciones. Resulta claro que la mayoría de los alumnos no eran conscientes de la importancia de las definiciones rigurosas y concisas. Los alumnos deberían aprender eso como elemento de su preparación del examen.

En esta prueba se consideró el balance normal entre cálculos y explicaciones, y estas implicaban diferentes capacidades. A menudo, lo primero se hizo bien, pero resultó evidente que muchos alumnos no sabían cómo expresarse claramente en sus explicaciones y/o discusiones y, en consecuencia, perdieron un número significativo de puntos.

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

- El papel de los gradientes máximo y mínimo.
- El efecto invernadero intensificado.
- Fem.
- Electromagnetismo.
- Movimiento armónico simple.
- Espectros nucleares.
- Explicar claramente conceptos y procesos.
- Describir y explicar fenómenos físicos de manera rigurosa y lógica.
- Indicar definiciones de manera precisa y no ambigua.
- Presentar los cálculos de manera sencilla para el seguimiento de los examinadores.

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

- Realizar cálculos sencillos.
- Utilización de las unidades correctas y/o de las cifras significativas.
- Lectura de datos a partir de gráficas.

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

### A1 Análisis de datos

#### NS y NM

Pocos alumnos tuvieron dificultades al añadir las barras de error, pero muchos parecían omitir el punto-dato en el origen, al dibujar la línea de mejor ajuste. Demasiado a menudo, como en el pasado, "línea de mejor ajuste" se interpreta como si significara línea recta.

Con frecuencia, las explicaciones de por qué los datos no apoyan una proporcionalidad directa fueron incompletas en lo que a barras de error se refiere, a menudo omitidas. Además, muchos alumnos lo leyeron cuidadosamente la pregunta en lo que se preguntaba sobre la energía y no sobre la altura.

#### NS

Se remite a los requerimientos matemáticos de la Guía a los pocos profesores que hicieron comentarios sobre las gráficas logarítmicas. No demasiados alumnos se dieron cuenta de por qué se daban las rectas de gradiente máximo y mínimo, aún cuando a menudo determinaron el gradiente de dichas rectas. Raramente se constató que un gradiente de 0,25 no está dentro del rango de los gradientes máximo y mínimo.

**NM**

A menudo los trazados de la dos rectas se hicieron bien, pero de nuevo las explicaciones sobre qué teoría encuentra mejor respaldo carecieron de precisión.

**A2 solo NM. Movimiento circular y calentamiento global**

Muchos alumnos indicaron que el coche estaba acelerado a partir del cambio de dirección, sin especificar que es la velocidad la que cambia de dirección. Este es otro ejemplo de que los alumnos no son precisos en sus respuestas.

A menudo, el problema se resolvió correctamente y la mayoría de los alumnos identificó correctamente el dióxido de carbono.

En vez de describir un mecanismo para el efecto invernadero intensificado (véase el enunciado de evaluación 8.6.5 de la Guía), muchos alumnos hicieron referencia al efecto invernadero. Una buena descripción de este se calificó con 2 puntos.

**A2 NS y B1 Parte 2 NM. Desintegración radiactiva y energía de enlace**

A menudo, la descripción de la desintegración radiactiva carecía de precisión y no se hizo referencia a los procesos espontáneos o aleatorios.

El equipo de examinadores sénior lamenta que, aún con todos los datos y balances, se planteara una pregunta de NM sobre desintegración beta +. Para asegurar que los alumnos no se vieran perjudicados por ello, se concedieron todos los puntos a toda combinación de  $Z = 18$  o  $20$  y a las respuestas neutrino/antineutrino para  $x$ .

En los cálculos, muchas respuestas solo efectuaron la división de 37216 por 40, y hubo algunas respuestas más esotéricas respecto al por qué la energía de enlace del argón es mayor que la del potasio.

**A3 NS y NM. Cambio de fase y calor latente de vaporización**

En general, las diferencias entre evaporación y ebullición en relación a la temperatura y al área superficial, se conocían bien, y los cálculos se hicieron a menudo correctamente.

A la vez que muchos alumnos se dieron cuenta de que se perdía energía hacia los alrededores, y a pesar de lo que indicaba la pregunta, insistían en que eso debería conducir a un valor menor para el calor latente de vaporización (CLV). No cayeron en la cuenta de que el valor utilizado al calcular el CLV, a causa de las pérdidas de energía, es mayor que la cantidad real de energía usada para el cambio de fase.

**A4 NS solo. Fem inducida y transformadores**

No se comprendió bien el papel desempeñado por las leyes de Faraday y Lenz al establecerse la corriente en un cable. Como en años anteriores, los alumnos encontraron difícil, en general, el tema del electromagnetismo.

Demasiados alumnos pensaron que el valor rcm de una corriente variable en el tiempo era el valor medio de la corriente. La idea de que se trata de una medida de la disipación de potencia de una corriente continua equivalente es un concepto que parece extraño a muchos alumnos, aún cuando se menciona claramente en la Guía.

Muchos alumnos no lograron reconocer que la pérdida de potencia en el transformador se reduce con el cuadrado del voltaje.

**A5 NS solo. Ondas estacionarias**

Muchos alumnos respondieron todos los apartados de esta pregunta y la mayoría se las arregló para obtener al menos algún punto. El error más común se dio en los cálculos, al no constatarse que la longitud de onda es cuatro veces la longitud del tubo.

**A6 NS solo. Polarización**

A menudo, la distinción entre luz polarizada y no polarizada carecía de precisión; e.g. “la luz vibra en todas las direcciones...”

Los esquemas fueron con frecuencia correctos, pero a menudo no se rotularon.

**B1 Parte 1 NS (a), (b) y (c), y NM B3 Parte 2 (a) (b) y (c) Campos eléctricos y resistencia eléctrica**

Muchos alumnos fueron capaces de distinguir correctamente entre un conductor y un aislante en términos de electrones, pero pocos parecían darse cuenta de que si una corriente eléctrica se debe al movimiento de electrones, entonces es necesaria una fuerza para moverlos y que esa fuerza la proporciona el campo eléctrico. Una pista de ello la proporcionaron los cálculos que hicieron a continuación, cálculos que un sorprendente número de alumnos hizo mal.

**B1 Parte 1 NS (d), (e), (f) y (g) y NM B2 Parte 2 (a), (b), (c) y (d)**

A menudo, las definiciones de resistencia carecían de un contexto. A los alumnos de NM se les pedía también que indicaran la ley de Ohm y pocos constataron la conexión entre la resistencia de un conductor y una temperatura constante.

Frecuentemente se hicieron bien los cálculos de la resistividad y de la potencia. Sin embargo, raramente los examinandos presentaron una definición correcta de fem. Si los alumnos no son capaces de definir esta magnitud, entonces no está claro cómo pueden comprender el concepto. Una sencilla definición como la potencia proporcionada por unidad de corriente daría a los alumnos la oportunidad de comprender la naturaleza del concepto como propiedad de una corriente proporcionada por un dispositivo e.g. una batería.

**NM solo. B3 Parte 2 (d) y (e) Campos eléctricos y gravitatorios**

Muchos alumnos no conocían las diferencias y similitudes entre los dos campos, pero, a menudo, los cálculos se hicieron correctamente.

**B1 Parte 2 NS solo. Desintegración radiactiva**

Las descripciones de cómo el espectro de la desintegración alfa aporta pruebas de la existencia de niveles de energía nucleares se hicieron pobremente o completamente equivocadas. Muy pocos alumnos comprendieron que las distintas energías alfa representan desintegraciones a diferentes estados de energía de los núcleos hijo.

Aparte de obtener un punto por indicar que el espectro beta es continuo, pocos alumnos lograron otros puntos resumiendo cómo el espectro de la desintegración beta sugiere la existencia del neutrino. La idea de una diferencia de energía entre el máximo de energía de las partículas beta y las energías de las otras restantes fue algo que escapó a la mayoría de los alumnos.

El cálculo de la constante de desintegración resultó un “mostrar qué” y, aunque a menudo se hizo correctamente, muchos alumnos presentaron su trabajo de manera desorganizada y fortuita, que los examinadores tuvieron a menudo dificultad para corregir, si es que los

alumnos sabían realmente lo que estaban haciendo. La importancia de presentar el trabajo de manera clara y lógica, no será nunca suficientemente recalçada.

Los otros dos cálculos se hicieron correctamente.

### **B2 Parte 1 NS y NM Oscilaciones y ondas**

Numerosos alumnos dibujaron el sentido erróneo para la aceleración y las explicaciones del por qué la ecuación muestra que el trozo de madera ejecuta un MAS no siempre fueron claras.

Hubo mucha confusión intentando mostrar que la longitud del trozo de madera era de 0,70 m. A pesar de que muchos alumnos fueron capaces de determinar el valor correcto de la frecuencia angular, no fueron capaces de dar el paso siguiente.

Los diagramas y la rotulación fueron a menudo correctos, así como el cálculo de la aceleración.

Con frecuencia se calculó correctamente la velocidad de la onda, pero un error frecuente fue leer incorrectamente el eje de tiempos como eje de longitudes y determinar a partir de eso un valor para la longitud de onda, a pesar de que se daba en el enunciado de la pregunta. Esto demuestra claramente la necesidad de leer cuidadosamente las preguntas.

Muchos alumnos no se dieron cuenta de que la energía depende del cuadrado de la amplitud.

### **B2 Parte 2 NS solo. Gases y procesos termodinámicos**

Las respuestas a indicar un aspecto en el que los gases reales difieren de los ideales, a menudo carecían de precisión, e.g. “no obedecen a las leyes de los gases” o “no hay fuerzas entre las moléculas de un gas ideal”. En la primera respuesta, los examinadores esperarían “para todos los valores de  $p$ ,  $V$  y  $T$ ” y en la última “excepto de contacto”.

Muchos alumnos fueron capaces de indicar correctamente cuál es el significado de un proceso adiabático, así como de llevar a cabo satisfactoriamente los cálculos.

Aunque un número significativo de alumnos se dio cuenta de que la energía degradada no está ya disponible para realizar trabajo, a menudo no pudieron explicar por qué en términos de la energía que está siendo disipada. Los 2 puntos adjudicados a la pregunta y el término de examen “explicar” deberían haber alertado a los alumnos de que la respuesta requería algo más que un mero enunciado.

Mientras que muchos alumnos fueron capaces de lograr un punto por reconocer que la segunda ley de la termodinámica indica que la entropía del universo aumenta, a menudo no supieron llevar más allá sus respuestas. Los examinadores esperaban un reconocimiento de que la entropía es una medida del desorden y de que la energía disipada conduce a un aumento en la temperatura de los alrededores y, por tanto, a un aumento del desorden.

### **B3 NS Parte 1 y B1 Parte 1 NM Combustibles fósiles y efecto invernadero**

Muchos alumnos pudieron indicar dos razones del por qué el consumo energético mundial es suministrado a partir de los combustibles fósiles, pero un error común fue dar como razón el ser barato; un sinsentido en sí mismo.

El concepto de densidad de energía era generalmente bien conocido y el cálculo sobre el ritmo de consumo a menudo se hizo correctamente.

Las descripciones del efecto invernadero intensificado fueron generalmente pobres, careciendo de precisión y de detalles relevantes. Muchas respuestas fueron anecdóticas. Pocos alumnos mencionaron hicieron mención de la dirección aleatoria de la re-radiación para el efecto invernadero.

Muchos alumnos consideraron que el albedo dependía del grado de latitud y hubo pocas respuestas correctas que probaran que la intensidad reflejada desde la Tierra era de alrededor de  $100 \text{ W m}^{-2}$ . Los examinadores esperaban que se comprendiera que la radiación del Sol se esparce sobre el área de la sección transversal de la Tierra. Sin embargo, un gran número de alumnos obtuvo un punto al calcular el porcentaje de la radiación total reflejada debido al albedo medio.

En los cálculos sobre el aumento del nivel del mar, hubo mucha confusión al convertir km en m.

### **B3 Parte 2 NS solo. Potencial eléctrico**

Mientras que un número sustancial de alumnos fue capaz de dar una definición completa de potencial eléctrico, no demasiados pudieron explicar por qué el potencial en el interior de una esfera cargada es constante; los examinadores esperaban que se reconociera que el campo eléctrico es el gradiente del potencial.

Las respuestas sobre la deducción de una expresión para la energía total del electrón en el modelo de Bohr fueron pobres, pero muchos alumnos obtuvieron puntos con el error acarreado al estimar el radio orbital del electrón.

### **B4 Parte 1 NS y B3 Parte 1 NM Momento, energía y potencia**

Un número significativo de alumnos sabía lo que entendía Newton por acción y reacción. Sin embargo, hubo pocas buenas discusiones sobre la conservación del momento tal y como se aplica al sistema Tierra-libro. Pocos alumnos se dieron cuenta de que la fuerza neta sobre el sistema es siempre cero y, como tal, el momento total del sistema es siempre cero.

Al calcular la energía disipada como resultado de la colisión, muchos alumnos no calcularon la velocidad de la bola y el clavo después de la colisión, de modo que solo obtuvieron puntos parcialmente.

Los cálculos sobre la fuerza de rozamiento y el tiempo que tarda la máquina en elevar la bola hasta una altura de 1,6 m se hicieron con frecuencia bien. No obstante, los alumnos más débiles a menudo no sabían cómo indicarlo y dejaron el espacio de respuesta en blanco.

### **B4 Parte 2 NS solo. Los CCD y el almacenamiento digital de datos**

La mayoría de los alumnos sabía que el efecto fotoeléctrico era el responsable de la emisión de electrones desde el píxel. Sin embargo, el resumen de cómo se forma la imagen fue a menudo confuso y mostraba poca comprensión del proceso.

Parecía que los alumnos o sabían cómo abordar el problema sobre la diferencia de potencial, o no lo sabían y dejaban la respuesta en blanco.

Muchos alumnos no leyeron cuidadosamente la pregunta sobre la recuperación de datos almacenados y, en lugar de hablar de la recuperación de datos, centraron sus respuestas en el almacenamiento de datos en general.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

- Prestar atención a los términos de examen y al número de puntos para cada apartado.
- Emplear un tiempo en la lectura de las preguntas de la prueba antes de empezar a responder.
- Leer todas las preguntas cuidadosamente.
- Los alumnos deberían dar definiciones precisas y sin ambigüedades de las magnitudes físicas, y deberían aprenderlo.
- Ejercitarse en responder preguntas de exámenes anteriores.
- Ejercitarse en disponer los cálculos en un orden lógico.
- Al responder a preguntas del tipo “mostrar” o “determinar”, los alumnos siempre deben exponer claramente sus ideas a los examinadores
- Dedicar el tiempo adecuado a la enseñanza de los temas medioambientales.

## Prueba 3

### 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 - 20	21 - 26	27 - 31	32 - 37	38 - 60

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 2	3 - 5	6 - 11	12 - 15	16 - 20	21 - 24	25 - 40

## Comentarios generales

La mayoría de los alumnos pareció encontrar la prueba accesible y hubo varios casos de buena comprensión de los contenidos. No hubo evidencia de que a los alumnos 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. Sin embargo, hay que reconocer que poco más del 25% de los colegios presentaron los formularios G2.

#### Nivel Medio

- El 50% encontró la prueba de un nivel similar al del año anterior, el 10% más fácil, el 20% un poco más difícil y un 20% mucho más difícil. Globalmente, el 75% encontró la prueba de un estándar apropiado y el 25% la consideró demasiado difícil.

- Alrededor del 25% consideró satisfactoria la cobertura del programa y un 75% buena.
- El 50% encontró satisfactoria la claridad en la redacción, el 41% buena y el 9% pobre.
- Alrededor del 73% consideró buena la presentación, el 23% satisfactoria y nadie la juzgó pobre.
- Las opciones más populares para la inmensa mayoría, y en el orden que se las cita, fueron: A (Visión y fenómenos ondulatorios), G (Ondas electromagnéticas), E (Astrofísica) y B (Física cuántica y física nuclear). Las restantes opciones, elegidas por pocos colegios, no tuvieron casi representación.

### Nivel Superior

- El 40% encontró la prueba de un nivel similar al del año anterior, el 40% un poco más difícil y un 20% mucho más difícil. Globalmente, el 65% encontró la prueba de un nivel de dificultad apropiado y el 35% la consideró demasiado difícil.
- Alrededor del 47% consideró satisfactoria la cobertura del programa y un 30% buena, mientras que un 23% la estimó pobre.
- El 47% encontró satisfactoria la claridad en la redacción, el 47% buena y el 6% pobre.
- Alrededor del 41% consideró satisfactoria la presentación y más de un 59% buena.
- Las opciones más populares para la inmensa mayoría fueron: E (Astrofísica), G (Ondas electromagnéticas), y H (Relatividad) en proporciones similares. Hubo una muy marcada ausencia de exámenes en la opción F (Comunicaciones) y pocos centros eligieron las Opciones I (Física médica) y J (Física de partículas).

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

- La lectura cuidadosa y precisa de valores de las gráficas.
- Presentar respuestas precisas considerando el requerimiento basado en el término de examen usado en la pregunta.
- Proporcionar suficiente profundidad y detalle en las preguntas con una puntuación asignada superior a un punto. Esto era particularmente cierto en aquellas preguntas que involucraban los términos de examen “explicar”, “discutir” y “describir”.
- Carencia de recursos al manipular problemas con cocientes.
- Ondas estacionarias y la explicación de su variación en amplitud.
- La resolución aplicada a casos concretos.
- Energía cinética de los electrones en el modelo de caja.
- Los CCD y los cálculos del rendimiento cuántico.
- Los circuitos que involucran amplificadores operacionales.
- Espectro del cuerpo negro.
- La refracción aplicada a fibras ópticas.
- Modulación y señal de información.

- La difracción de rayos X aplicada a mediciones específicas.
- El límite de Oppenheimer-Volkoff.
- Dosis equivalente y factor de calidad.
- Cámaras de burbujas.

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

Frecuentemente, la mayoría de los alumnos hizo bien los cálculos matemáticos sencillos. De hecho, fue muy positivo ver que los alumnos eran capaces de elegir la fórmula correcta y sustituir en ella correctamente. Muchos alumnos parecían bien preparados y fueron capaces de presentar algunas respuestas excelentes, que mostraban una buena comprensión de los conceptos, particularmente en las opciones B, E, G y H.

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

### NM solo

#### Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios

##### A1 La visión y el ojo

Muchos alumnos fueron capaces de lograr la totalidad o un número importante de puntos en esta pregunta. La mayoría indicó claramente la función de los conos y bastoncillos (aún cuando muchas respuestas fueron tan cortas que solo mencionaron la visión fotópica y la escotópica), así como fue capaz de describir correctamente su distribución en la retina, relacionando eventualmente esta distribución para explicar, en (c), por qué puede verse de lado más claramente con luz tenue. Algunos alumnos confundieron la falta de sensibilidad al color con la visión en blanco y negro.

##### A2 Ondas estacionarias

Los alumnos parecían estar familiarizados con el tema, pero menos de los esperados lograron identificar  $\omega$  con  $500 \pi$  y, por tanto, obtener la frecuencia de 250 Hz. El enfoque matemático para demostrar que la longitud de la cuerda era de 2,0 m no se explicó, en general, de manera consistente. Una pregunta tipo “mostrar que” requiere un razonamiento presentado de modo lógico para identificar la comprensión de los alumnos, y este no fue siempre el caso.

##### A3 Difracción y resolución

La mayoría de los alumnos puso de manifiesto los conocimientos requeridos para obtener los puntos de las preguntas (a) y (b), leyendo correctamente la gráfica (una gráfica que permitía lecturas de precisión hasta 0,0014 rad), calculando la  $\lambda$  como  $5,6 \times 10^{-7}$  m o reproduciendo el esquema a la derecha (o izquierda) del mostrado, con el máximo para el ángulo mencionado. Sin embargo, la mayoría tuvo problemas para contextualizar sus conocimientos y aplicarlos a una situación típica como la que se presentaba por medio del análisis del Very Large Array (VLA). Muy pocas respuestas llegaron al valor correcto de  $1,1 \times 10^{17}$  m.

#### A4 Polarización

Esta pregunta presentó un amplio rango de trabajo que iba desde respuestas excelentes a diagramas dibujados sin ningún cuidado. Los alumnos que comprendieron la situación obtuvieron fácilmente la máxima puntuación, pero otros perdieron puntos, particularmente por una rotulación poco clara o inexistente al identificar sin ambigüedades el gráfico horizontal esperado a mitad de la intensidad incidente, como U, y una curva empezando en  $I_0$  con mínimo a 90 grados y un segundo mínimo a 180 grados, como P.

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

##### B1 El efecto fotoeléctrico

La pregunta se respondió razonablemente bien y muchos alumnos lograron todos los puntos. Incluso cuando el esquema de corrección reconocía y tenía en cuenta a aquellos alumnos que calcularon la velocidad máxima de los electrones emitidos a partir de la ecuación (pues podrían haber sido inducidos a error por el desacuerdo entre el gradiente y el valor teórico de la constante de Planck), conduciendo a un valor de  $2,6 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$ , se suponía que la gráfica representaba resultados obtenidos experimentalmente y por tanto no necesariamente reflejaba los teóricos.

Se proponía que los alumnos utilizarían solo la gráfica, como se indicaba en el enunciado “utilice la gráfica para”, en el caso de (b) (ii), y que deberían obtener, y obtener realmente en muchos casos, el valor esperado de  $6,1 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$ .

##### B2 Aspectos cuánticos del electrón

Esta pregunta presentó un rango muy variable de puntos, desde todos hasta uno, de modo que los alumnos que lo intentaron usualmente puntuaron en (a), mostrando familiaridad con el concepto de cuantización. Algunos alumnos confundieron su respuesta a (b) (i) no mostrando claramente el valor indicado de la diferencia de energía por identificación de los valores apropiados para  $n=1$  y  $n=2$ . El hecho de que la fórmula citada incluyera incorrectamente  $\pi$  no pareció un inconveniente para nadie, aun cuando en el esquema de corrección se había permitido como respuesta correcta  $\Delta E_{\min} = 1,8 \times 10^{-17} \text{ J}$  para quienes trabajaran a partir del cuadernillo de datos. Los que siguieron con (b) (i) obtuvieron normalmente  $3,4 \times 10^{-8} \text{ m}$  para la longitud de onda, y el esquema de corrección aceptaba también  $1,1 \times 10^{-8}$  para los que hubieran consultado el cuadernillo de datos en (b) (i). La razón que se esperaba en (c) sobre las líneas espectrales que se acumulaban en el infrarrojo más que en ultravioleta como en el espectro real del H, fue mencionado por los alumnos más preparados.

##### B3 Desintegración radiactiva

Las definiciones estándar aceptadas fueron la probabilidad de desintegración por unidad de tiempo (de un núcleo concreto) o la constante de proporcionalidad entre la actividad y el número de núcleos. La mayoría de los alumnos que puntuaron citaron la primera de ellas aproximadamente bien. Sin embargo, aún hay alumnos que citan ecuaciones matemáticas como definiciones, sin una apropiada identificación de los símbolos usados. En (a) (ii), se aceptaron  $9,4 \times 10^{10}$  y  $9,6 \times 10^{10}$ , puesto que la discrepancia entre las respuestas se hace despreciable a medida que disminuye la constante de desintegración. Trabajar a partir de la definición de la constante de desintegración ( $\Delta N = \lambda N$ ) o de la ecuación ( $\Delta N = N(1 - e^{-\lambda t})$ ) fueron así las opciones aceptadas. Muchos explicaron razonablemente bien por qué la muestra presentada contenía más de un isótopo, pero pocos lograron, a continuación, estimar la segunda semivida dentro del rango aceptado de 0,65 / 0,75 segundos, utilizando la

parte del extremo derecho de la curva, producida principalmente por la desintegración del segundo isótopo.

### **Opción C – Tecnología digital**

#### **C1 Dispositivo acoplado por carga (CCD)**

En una opción no elegida por un número significativo de alumnos, aquellos que la intentaron mostraron estar familiarizados con los CCD. A pesar de responder correctamente a las bases de su funcionamiento, pocos fueron capaces de transitar por las matemáticas básicas, aún cuando tanto (b) (i) como (b) (ii) eran preguntas estándar de este tema; mejor resultaron al expresar el voltaje equivalente en notación binaria, aunque identificando correctamente la naturaleza básica de la pregunta.

#### **C2 Sistema de telefonía móvil**

En una clásica pregunta sobre este tema, los alumnos fueron capaces de puntuar dentro de las alternativas aceptadas para una estación base (Recepción/transmisión de señales de radio desde/hacia un teléfono móvil, comunicación celular, selección de la distribución de frecuencias en la comunicación celular para una llamada particular) y para comunicaciones celulares (permitiendo la entrada en el circuito, la distribución de diferentes frecuencias a las estaciones base, evitando interferencias, redirigiendo llamadas a diferentes estaciones base).

#### **C3 Amplificador operacional**

Aún para los pocos alumnos que estaban familiarizados con la gráfica típica que muestra la variación del voltaje de salida de un amplificador operacional no inversor y con la idea de saturación, resolver/interpretar circuitos básicos resulta ser una difícil e infructuosa tarea.

### **Opción D – Relatividad y física de partículas**

#### **D1 Cinemática relativista**

Usualmente se hizo bien y los alumnos mostraron conocer las definiciones básicas de longitud propia y tiempo propio, a pesar de algunas faltas de precisión en la redacción. Longitud de un objeto en el sistema de referencia en que está en reposo o longitud tal y como es medida por un observador en reposo relativo respecto de él, eran las alternativas que permitían puntuar. El intervalo de tiempo entre dos sucesos que tienen lugar en el mismo punto del espacio o el intervalo de tiempo más corto entre dos sucesos, eran las alternativas que permitían puntuar en el caso del tiempo propio.

Muchos hicieron correctamente los cálculos correspondientes a la dilatación del tiempo o a la contracción de la longitud, y unos pocos los invirtieron, lo que llevó a 4 puntos fácilmente ganados o fácilmente perdidos en (b). El esquema de corrección prevenía una posible pérdida injusta de puntos por dígitos significativos permitiendo la respuesta 4 m para (b) (ii) en vez de la técnicamente correcta de 4,00.

La identificación correcta del láser B fue una agradable confirmación de la comprensión en (c) (i). El cálculo de la diferencia en el tiempo entre los disparos se mostró más difícil, pero algunos alumnos lograron al menos un punto debido al error acarreado al presentar una resta (usualmente  $6,25 - 5$  en vez de la correcta  $(6,25 - 4)$ ), si es que continuaron calculando el intervalo de tiempo dividiendo esta diferencia por la velocidad de la nave espacial.

## D2 Quarks

Esta pregunta era idéntica a la pregunta J1 de la opción J y se remite al lector a los comentarios de esa pregunta.

## NM y NS combinados

### Opción E – Astrofísica

#### E1 Estrellas y galaxias

El propósito de la pregunta era evaluar E.1.4 del programa (“Compare la distancia relativa entre estrellas de una galaxia, y entre galaxias, en términos de su orden de magnitud”, Guía de Física, página 105), junto con los necesarios requisitos matemáticos básicos, como se indica en el programa dentro de la sección de geometría y trigonometría (“Recordar, y saber utilizar para los cálculos, las fórmulas de las áreas de triángulos rectángulos e isósceles, perímetros y áreas de círculos, así como de los volúmenes y áreas superficiales de bloques rectangulares, cilindros y esferas”, Guía de Física, p. 135). Sin embargo, solo se otorgaron puntos parciales (1/2) en (a) a aquellos alumnos que utilizaron el cubo del radio, al no recordar la fórmula del volumen de la esfera.

Los que no puntuaron tampoco mostraron comprender el concepto de densidad, dividiendo por una dimensión lineal. La mayoría de los alumnos fueron capaces de puntuar en (b), bien por llegar al valor correcto de  $3,8 \times 10^{16}$ , o por error acarreado, al usar el cociente de sus valores en (a).

#### E2 Luminosidad, tamaño y distancia de las estrellas

La pregunta tuvo una alta puntuación en todos sus apartados. Todos las destrezas involucradas y los conceptos evaluados en la pregunta (leer valores de una gráfica con escalas diferentes, analizar la luminosidad, calcular cocientes entre radios, conectar las magnitudes absoluta y aparente para determinar distancias y sugerir posibilidades para el efecto de las nubes de polvo, y el balance entre presiones gravitatoria y de radiación, en el caso del apartado (c), solo para NS) fueron puestas de manifiesto correctamente por una mayoría de alumnos. El esquema de corrección permitía un rango en las respuestas para el caso de los valores a leer de la luminosidad y la magnitud absoluta.

#### E3 Radiación de fondo cósmico de microondas (CMB) y densidad del universo

La pregunta era muy específica y la mayoría de los alumnos pareció ignorar o malinterpretar la gráfica presentada, o repitió mecánicamente ideas sobre el Big Bang sin responder a la pregunta. Muy pocos relacionaron la gráfica con la curva del cuerpo negro poniéndose, a continuación, a justificar con cálculos los 3 K mencionados por muchos. Los problemas asociados con la determinación de la densidad del universo puntuaron alto, siendo de lejos la existencia de materia oscura la mención más popular (y única). En el NS la mayoría de los alumnos fueron más allá y remitieron correctamente a la expansión/enfriamiento del universo como una razón que permitía la formación de núcleos.

#### E4 [solo NS] Relación masa-luminosidad y evolución de las estrellas

En comparación con el año anterior, hubo una clara mejora en el número de alumnos que tenían una idea sólida sobre el límite de Oppenheimer-Volkoff. Sin embargo, alrededor de la mitad lo confundió con el límite de Chandrasekhar y, por tanto, perdieron puntos en (b). A pesar de ello, la mayoría de los alumnos que abordaron esta opción llevó adelante el análisis algebraico para confirmar que la estrella X se encontraba en la secuencia principal.

**E5 [solo NS] La ley de Hubble y la expansión del universo**

Completando una opción que puntuó muy alto, esta pregunta se respondió generalmente bien. A pesar del hecho de que algunos alumnos tuvieron problemas al calcular la velocidad de recesión, aceptada como  $3,81 \times 10^6 \text{ms}^{-1}$  o  $1,27 \times 10^{-2} \text{c}$ , alrededor de la mitad de ellos se dio cuenta y eligió correctamente o las cefeidas o las supernovas como métodos para determinar las distancias mostradas en la gráfica. Una gran mayoría, sin embargo, fue capaz de expresar la edad del universo como  $10^{17}$  s, determinando explícitamente la inversa de la pendiente de la gráfica.

**Opción F – Comunicaciones****F1 La modulación**

En la menos elegida de las opciones, muy pocos de los alumnos que la abordaron pudieron dibujar realmente la señal de información que se pedía, en la que la frecuencia correcta (con tres oscilaciones dentro del diagrama presentado) era la característica que resaltaba. Indicar una ventaja de la modulación FM frente a la AM resultó más satisfactoria, y las dos primeras alternativas aceptadas más a menudo por al menos unos pocos fueron mejor relación señal-ruido, gran ancho de banda o la mayoría de potencia en las bandas laterales. Sin embargo, en la pregunta (b) se obtuvo a menudo un punto ya que los alumnos no enfatizaron en “indique y explique” la naturaleza de la pregunta.

**F2 Muestreo**

Sorprendentemente, muy pocos de los alumnos que abordaron la opción pudieron manipular un cálculo básico, que requería de ellos determinar el tiempo entre muestras como la inversa de la frecuencia (0,125 o 0,13 ms fueron aceptadas para no perjudicar con reducciones por SD), determinando la duración de las muestras como  $4 \times 4,0 \mu\text{s}$  y, a continuación, restando ambas para obtener 0,109 (también se aceptaba 0,11) ms.

**F3 NM / F4 NS Transmisión de señales en una fibra óptica**

En concordancia con F2, esta pregunta parecía indicar que los alumnos que eligieron esta opción no eran muy propensos a los cálculos básicos. Muy pocos respondieron aplicando la ley de Snell consistentemente, para determinar el ángulo crítico como  $62,2^\circ$ , y aún menos se dieron cuenta de que el ángulo de refracción para (a) (ii) debería ser  $90^\circ - 62,2^\circ$  llevando a que el mayor ángulo de incidencia fuera  $46,7^\circ$ . Hubo algunas respuestas buenas a (b), pero alrededor de la mitad de los alumnos no se dio cuenta de que (en realidad, no necesariamente relacionado con esta opción) el área bajo una gráfica potencia-tiempo representa una energía (en este caso, la energía de la señal). Unos pocos alumnos dibujaron correctamente la forma de la señal tras haber viajado una larga distancia, pero, de nuevo, muy pocos -si hubo alguno- determinaron satisfactoriamente la potencia de la señal saliente, después de viajar una gran distancia en la fibra.

**F3 [solo NS] El sistema de telefonía móvil**

Esta pregunta era idéntica a la pregunta C2 de la opción C y se remite al lector a los comentarios de esa pregunta.

**F5 [solo NS] El amplificador operacional**

Esta pregunta era idéntica a la pregunta C3 de la opción C y se remite al lector a los comentarios de esa pregunta.

## Opción G – Ondas electromagnéticas

### G1 La luz láser

La pregunta puso de manifiesto el buen conocimiento de los alumnos, que usualmente fueron capaces de lograr 2 puntos con sus referencias detalladas a la inversión de población y a la emisión estimulada. Se requerían más detalles para lograr la totalidad de los puntos, en concreto mencionar el estado metastable en que los electrones permanecen más tiempo que en los estados excitados normales. Casi todos los alumnos lograron ambos puntos en (b), mencionando la coherencia, el monocromatismo y la unidireccionalidad.

### G2 NM G3 NS La interferencia

Aunque se observó un amplio rango de diagramas extraños, una gran proporción de los alumnos se las arregló para dibujar el típico esquema de interferencia central o el esquema de interferencia modulado por la difracción, siendo aceptadas ambas posibilidades. Sin embargo, muchos alumnos perdieron puntos fáciles trazando diagramas desordenados en los que el mínimo no tocaba claramente el eje horizontal o el espaciado entre máximos no era uniforme. Muchos hicieron correctamente los cálculos de la separación entre franjas brillantes. Sin embargo, muchos alumnos que se encontraban en condiciones de indicar correctamente el efecto del vidrio sobre el esquema, no fueron capaces de explicarlo satisfactoriamente, y normalmente lograron 1 punto en (b) (i) y (ii).

### G3 NM G2 NS El microscopio compuesto

La mayoría de los alumnos fueron capaces de lograr los dos puntos de (a) (i), al determinar correctamente la distancia como 120 mm. Aún cuando todos los alumnos demostraron un conocimiento correcto de las imágenes reales, unos pocos perdieron el punto de (a) (i) al indicar que es real porque se forma al otro lado de la lente, lo que por sí mismo no explica el por qué, como el término de examen pedía. Unos cuantos problemas con los signos condujeron a que algunos alumnos perdieran puntos en (iii), pero aún entonces los alumnos tendieron a lograr puntos con el aumento total, al menos por medio del error acarreado.

### G4 [solo NS] Rayos X

La pregunta mostró un conocimiento y una comprensión correctos, con el problema usual de dibujar diagramas cuidadosos poniendo atención a los detalles. La mayoría de los alumnos logró al menos un punto en (a), perdiendo el segundo a causa de los picos no verticales o demasiado anchos. Los restantes puntos fueron gratamente obtenidos en un tema que claramente ha sido bien cubierto por los profesores. Un número sustancial de alumnos trató correctamente tanto el mecanismo para el espectro de rayos X, como el cálculo de la constante de Planck. Sin embargo, muchos acabaron por no puntuar en (d), o hacerlo con un punto, por no darse cuenta de la necesidad de incluir el factor 2 para obtener la separación de los planos atómicos como  $2,39 \times 10^{-10}$  m, o por malinterpretar la fórmula que debía aplicarse.

## Opción H Relatividad

### H1 Sistemas de referencia

La descripción del sistema de referencia inercial puntuó normalmente con un solo punto, ya que los alumnos tendieron a explicar el aspecto inercial sin hacerlo para el concepto de sistema de referencia, donde se esperaba la mención a un sistema de coordenadas o a un conjunto de reglas y relojes (i.e. una alusión a la idea de sistema de referencia como una

manera de registrar sucesos). Tanto (b) (i) como (b) (ii) se hicieron normalmente bien con una tendencia a no resaltar en la respuesta que el tiempo es el mismo que el del suceso en  $S'$ . Muchos alumnos estaban familiarizados con el experimento mencionado por el temario en H.5.5 sobre la desintegración en dos fotones de un pión que se desplaza a alta velocidad.

## H2 Cinemática relativista

Esta pregunta era idéntica a la pregunta D1 de la opción D y se remite al lector a los comentarios de esa pregunta.

## H3 Mecánica relativista

Muy pocos alumnos mostraron familiaridad con esta parte del temario o con las destrezas necesarias para determinar la masa en reposo de la  $\Upsilon^0$  y obtener las respuestas aceptadas de 9,49 o 9,50  $\text{GeV}c^{-2}$ .

## H4 Relatividad general

Los alumnos estaban familiarizados con el principio de equivalencia de Einstein, pero muchos perdieron puntos por enunciados incompletos allí donde las respuestas necesitaban mencionar (en a) que un sistema de referencia acelerado en el espacio exterior es equivalente a un sistema en reposo en un campo gravitatorio con  $g=a$ , o que un sistema inercial en el espacio exterior lo es a un sistema de referencia en caída libre dentro de un campo gravitatorio. Las sugerencias sobre el hecho de que la frecuencia del haz de luz medida en T es menor que en S fueron normalmente aceptadas, bien porque se enfocaban sobre el movimiento relativo entre el observador en T y el haz o porque el principio de equivalencia se enfocaba hacia la energía gastada por el fotón.

La trayectoria dibujada de la luz emitida desde X logró usualmente los dos primeros puntos y muchos alumnos trazaron correctamente una trayectoria curvada impactando por debajo de Y en el caso del sistema acelerado y debido al campo gravitatorio, pero no dibujaron una línea recta en el caso del sistema en caída libre. La pregunta final mostró que los alumnos identificaban el experimento, pero dibujaban diagramas poco claros y no rotulados o no reconocieron correctamente las dos mediciones necesarias para identificar la curvatura de la luz.

## Opción I – Física médica

Esta opción resultó, de nuevo, poco elegida por los alumnos, en comparación con años anteriores.

### I1 El oído y la audición

Los pocos alumnos que abordaron esta opción mostraron un conocimiento dispar sobre el oído y la audición. Muy pocos tuvieron problemas para identificar la característica básica de la amplitud como la propiedad física relacionada con la intensidad sonora. Algunos más tuvieron problemas con los cálculos y con el dibujo de la variación del umbral de audición con la frecuencia, trazándolo por debajo en vez de por encima de la curva dada.

### I2 Ultrasonidos

Por lo general, se respondió bien a la pregunta, con un buen conocimiento tanto de la definición de impedancia acústica como de la explicación para igualar las impedancias utilizando un gel para evitar las reflexiones y favorecer la transmisión.

### **I3 Rayos X**

Usualmente bien respondida, con una definición correcta del espesor hemirreductor y cálculos bien hechos para obtener 2.200 m en (b) (i). Aún aquellos que no calcularon la fracción correctamente en (b) (ii), eran conscientes de la protección que proporcionaba la atmósfera, a pesar de que, a veces, la fracción calculada incorrectamente mostrase otra cosa y, por tanto, los alumnos necesitara explicar la contradicción para puntuar. Sin embargo, el tema de la dosis equivalente no parecía haber sido tratado correctamente y muy pocos pudieron manejar la pregunta (d) (i), puntuando eventualmente en (d) (ii) al focalizarse en la protección proporcionada por el avión o por la ropa.

### **I4 Radioisótopos**

En general, bien respondida, a pesar de algunas imprecisiones en la definición de semivida efectiva.

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

Pocos alumnos abordaron esta pregunta. Los que lo hicieron obtuvieron, en general, resultados satisfactorios.

### **J1 Quarks**

La mayoría de los alumnos que respondieron esta opción estaban familiarizados con los quarks y fueron capaces de utilizar la tabla para determinar correctamente el contenido tanto del mesón como del barión implicados, así como los posibles valores de espín del mesón (0 o  $\pm 1$ ). Casi todos los alumnos conocían el principio de exclusión de Pauli a pesar de que algunos no puntuaron por su falta de precisión al referirse genéricamente a partículas en vez de identificar su aplicación a los fermiones. Los alumnos estaban también familiarizados con el color característico de los quarks y dedujeron correctamente el sabor del quark en (d) y sus números cuánticos de color. Por lo general, los diagramas de Feynman (aquí y en otras preguntas) se dibujaron y/o rotularon mucho mejor que en exámenes anteriores, aunque el número de alumnos que abordó la opción supusiera una muestra limitada.

### **J2 La cámara de burbujas**

Tanto (a) como (b) fueron preguntas en las que se alcanzó una puntuación alta y las respuestas estándar que se esperaban se identificaron correctamente. Sin embargo, los apartados (c) y (d) no lo fueron, y muchos alumnos no resumieron por qué el pión estaba en movimiento (porque las trayectorias de los fotones no estaban en sentidos opuestos) o sugirieron la presencia de un campo magnético, en vez de colisiones con moléculas de la cámara, como razón para la forma de la trayectoria.

### **J3 Diagramas de Feynman**

Como se ha mencionado antes, y resaltando la limitada naturaleza de la muestra, los alumnos que abordaron la pregunta estaban familiarizados y parecían haber estudiado apropiadamente los diagramas de Feynman, en contra de lo que se había indicado en el pasado informe de asignatura sobre este tema específico. Un error conceptual común fue que los quarks deberían juntarse para formar hadrones, en vez de darse cuenta de que deberían producirse más quarks.

#### J4 El universo

Hubo buenas explicaciones de los alumnos, quienes usualmente lograron al menos dos puntos.

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

Las recomendaciones del equipo de examinadores incluyen las siguientes ideas:

- Debería proporcionarse a los alumnos tantas oportunidades como resulte posible a lo largo del curso para practicar con problemas tipo examen, estudiar pruebas anteriores y analizar en detalle los esquemas de corrección. Así mismo, debería guiárseles en apreciar similitudes y diferencias a la vista del contenido del programa, con las pruebas de sesiones de examen anteriores a 2008.
- Se debe proporcionar a los alumnos la lista de *términos de examen*, tal y como aparece en el programa, y ayudarles en su correcta interpretación. Resulta claro que muchos alumnos no reconocen la diferencia entre, por ejemplo, indicar, resumir o explicar una respuesta.
- Los alumnos deberían conocer en detalle y estar familiarizados con las fórmulas involucradas en los requerimientos matemáticos establecidos en la guía del programa, pues dichas fórmulas no se proporcionan en el cuadernillo de datos.
- Cuando se utilice un diagrama como ayuda en la respuesta a una pregunta, se debe animar a los alumnos a prestar atención a la precisión del diagrama. Esto es particularmente cierto en la lectura de valores y al dibujar sus rasgos característicos.
- Se debería dedicar tiempo suficiente para cubrir en profundidad las Opciones elegidas. Parece evidente considerar que algunos alumnos están estudiando por sí mismos al menos una opción, sin discusiones sin suficiente profundidad significativa en el tiempo de clase.