

Informe general de la asignatura, mayo de 2013

Física TZ2

(IB Asia-Pacífico e IB África, Europa y Oriente Medio)

Bandas de calificación de la asignatura

Nivel Superior

Calificación:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 16	17 - 31	32 - 43	44 - 53	54 - 64	65 - 74	75 - 100

Nivel Medio

Calificación:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 15	16 - 28	29 - 39	40 - 50	51 - 60	61 - 70	71 - 100

Evaluación interna del Nivel Superior

Bandas de calificación del componente

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

Evaluación interna del Nivel Medio

Bandas de calificación del componente

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

Comentarios generales

La moderación de la EI está bien consolidada. Los colegios conocen los trámites burocráticos requeridos y en su mayor parte llevan a cabo las investigaciones estipuladas. No ha habido problemas significativos. Hubo distintos tipos de impresos 4/PSOW (plan de trabajos prácticos), pero muchos colegios emplearon la versión en PDF disponible en el CPEL. La mayoría de los informes de los alumnos se hicieron con procesador de texto y las gráficas se dibujaron con programas de trazado de gráficos. Hay un uso creciente de TIC, algo que se alienta encarecidamente.

La inmensa mayoría de los centros ofrece un programa práctico muy completo. Aunque a muchos alumnos solo se les evalúa de algunas materias, todos en cualquier caso han disfrutado de una amplia variedad de actividades, incluyendo TIC y numerosos temas. La mayor parte de los informes de laboratorio de los alumnos están hechos con procesador de texto y la mayoría de las gráficas se genera con medios informáticos. Los profesores disponen de un conjunto bien establecido de sugerencias para el criterio de Diseño y la mayoría de los alumnos se desempeña bien en este aspecto. En ocasiones, no obstante, los profesores piden aún una hipótesis para el Diseño, pero a los alumnos no se les penaliza por esto. Además, en ocasiones la sugerencia del profesor puede contener dos variables. Esto impide que el alumno seleccione una variable independiente adecuada. Hubo un colegio que utilizó simulaciones informáticas para todas sus evaluaciones, lo cual es inadecuado para los criterios actuales de la EI. Por último, algunos centros tratan el diseño como si fuera un tema de investigación, permitiendo a los alumnos que utilicen libros de texto e Internet. Esto es totalmente inadecuado ya que conduce a estudios establecidos y conocidos, con las ecuaciones relevantes incluidas.

Muchos colegios asignan ahora solo dos investigaciones, cada una de ellas evaluada según los tres criterios. Esto resulta injusto para los alumnos, al privárseles de la oportunidad de mejorar su trabajo. Esto es especialmente preocupante cuando el candidato obtiene una puntuación baja.

Bastantes colegios dan a sus alumnos una lista de comprobación para la EI. Esto es muy útil para los alumnos ya que suele indicar los detalles de qué se espera de la EI. Se trata de una buena práctica que se recomienda. Por último, la mayoría de profesores puntúan el trabajo del alumno utilizando comentarios breves y niveles de logro para los criterios de la EI. Esta información resulta de máxima utilidad para los moderadores, y sirve a menudo para justificar las puntuaciones del profesor, por lo que se recomienda esta práctica.

Ámbito y adecuación del trabajo entregado

La mayoría de los colegios ha seguido un programa práctico muy completo y los profesores evalúan trabajos apropiados. Aunque la mecánica viene siendo tradicionalmente el elemento central del trabajo práctico, existe una gran variedad de actividad manual en las principales áreas temáticas de la física. La dificultad de las investigaciones se mantiene en el nivel correcto de forma coherente. De hecho, la calidad del trabajo de EI en esta convocatoria de los exámenes ha sido excepcional. El uso de las TIC se ha hecho habitual. La mayor parte de los informes de alumnos están elaborados con procesador de texto y las gráficas se

presentan mediante software apropiado. Las horas exigidas para trabajos prácticos no parecen ser problemáticas y se evidencia una buena cobertura del programa de estudios. Se recuerda a los profesores que las investigaciones pueden ser sobre temas que no se encuentren en el programa de estudios.

Los profesores han de ser cuidadosos al dar la variable dependiente en la propuesta de diseño, ya que se han dado algunos casos en que a los alumnos se les dio también la variable independiente. Hubo casos en los que los alumnos disponían de dos variables independientes; por ejemplo, al poder cambiar la masa modificando el tamaño de una pelota. Los profesores deberían haber advertido este error grave y haber orientado al alumno hacia un planteamiento más productivo. Las pautas orientativas generales están permitidas.

El proyecto del Grupo 4 parece estar bien integrado en los programas prácticos. Una vez más, algunos colegios aportaron pruebas verificables del proyecto pero no se piden tales pruebas (basta con una indicación de la fecha y las horas en el formulario 4/PSOW).

Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

Diseño

La inmensa mayoría de los colegios ha utilizado propuestas de diseño apropiadas y bien fundamentadas. Sin embargo, en unos pocos casos las propuestas no resultaron apropiadas; por ejemplo, al pedir a un alumno que diseñe una investigación para medir el calor específico del agua, o cuando el profesor proporcionó tanto la variable independiente como la dependiente. Las mejores propuestas de diseño son aquellas que llevan a los alumnos a investigar una relación entre dos variables y no un valor concreto. Los alumnos deben tener presente que para lograr la nota completa en Diseño es necesario definir las variables (y afirmaciones vagas como “mediré el tiempo” requieren una aclaración respecto a cómo se hará). También las definiciones operacionales ayudan en el diseño de un método. Esto cae dentro de la capacidad para controlar las variables. No es necesario plantear ninguna hipótesis en el criterio de Diseño; y las mejores investigaciones sobre diseño son aquellas en las que el alumno desconoce la teoría o la ecuación relevante. El Diseño no es una actividad basada en investigación científica ni en libros de texto.

Obtención y procesamiento de datos (OPD)

Los alumnos han logrado las mejores puntuaciones bajo el criterio OPD. La inmensa mayoría de los alumnos hacen un uso apropiado de las TIC, elaboran sus informes con procesador de texto y utilizan software para trazar las gráficas. Todo esto es recomendable. Los datos brutos siempre tienen incertidumbre y el alumno ha de tenerlo en cuenta. Los moderadores buscan una breve indicación de por qué el alumno da un valor concreto para la incertidumbre, y ello tanto para los datos brutos como para los procesados. Cuando se evalúa la OPD se espera que los alumnos hayan elaborado gráficas. Hubo algunos casos en los que las gráficas habrían resultado relevantes, pero los alumnos solo hicieron cálculos. En tales casos no se puede lograr una nota completa en el aspecto 3 de la OPD. Los profesores deben ser conscientes de que eso es lo que se espera. Además, es importante que el alumno (y no el profesor) decida qué magnitudes representar gráficamente y cómo procesar

los datos. Hubo un colegio en el que el profesor concedió la puntuación total para D y OPD cuando solo se habían representado gráficamente dos datos sin incertidumbre. En ejemplos como este, el moderador ajustaría las puntuaciones concedidas por el profesor.

Conclusión y evaluación (CE)

En lo que se refiere al aspecto 1 de la CE, los alumnos necesitan pensar más allá de los datos disponibles, al objeto de dar una justificación basada en una interpretación razonable de los datos. Con ese tipo de visión se pueden examinar los extremos del rango de datos, el origen de la gráfica o el punto de corte con el eje y para buscar su significado físico. Los alumnos pueden incluso dar alguna interpretación física de la relación general (quizás una hipótesis). Es necesario que los profesores se fijen en ello cuando califican el aspecto 1 como completo, ya que a menudo los moderadores tienen que cambiar una puntuación “completa” por una “parcial”. Si los alumnos realizan una práctica de física estándar y conocida y se evalúa la CE, entonces no resulta verosímil que puedan alegar debilidades o mejoras. La mejor forma de evaluar la CE se da cuando los alumnos han diseñado y llevado a cabo la investigación por sí mismos. Muchos alumnos hacen dos columnas paralelas para los aspectos 2 y 3 de la CE, lo que les ayuda a aclarar sus ideas.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

- Muchos colegios están concediendo a sus alumnos tan solo dos oportunidades para lograr sus mejores puntuaciones. Es recomendable que, después de que los alumnos se hayan familiarizado con las expectativas de la EI, tengan algunas oportunidades de ser evaluados, quizá tres o cuatro, a partir de las cuales obtener las dos más altas para la EI de cada criterio. Se recomienda también que no se utilicen simulaciones para la evaluación.
- Los alumnos necesitan comprender con claridad los criterios de la EI. Para ello, el profesor puede dar a los alumnos una copia de una EI muy buena, que haya obtenido puntuaciones completas en su totalidad.
- Es necesario preparar a los alumnos para superar los aspectos de la EI. El trabajo en grupo, la orientación por parte de los profesores e incluso las revisiones entre compañeros sirven de ayuda pero, por supuesto, en tales casos el profesor no puntuaría la EI para un IB grade en el 4/PSOW.
- Es importante que el alumno trabaje en solitario cuando se evalúa el trabajo práctico. Esto no quiere decir, sin embargo, que no pueda ayudarle otro alumno; por ejemplo, a soltar una pelota desde una cierta altura mientras el alumno mide el tiempo. Pero todas las mediciones deben ser efectuadas por el alumno evaluado. En ocasiones, los moderadores han encontrado datos idénticos. Además, no se debe recurrir a investigaciones en Internet o bibliotecas.

- Los informes de laboratorio han de tener títulos descriptivos, al estilo de “Cómo afecta la longitud de un péndulo al período” y no “Péndulo” o “Física - El”.
- Los profesores deberían incluir comentarios en el informe del alumno o en una hoja adjunta que indiquen exactamente el nivel de logro y el porqué de la puntuación concedida, ya que esa atención al detalle en la evaluación contribuye a un nivel de puntuación adecuado y con justificación por parte del profesor. Se recomienda esta práctica. Si la puntuación del profesor parece razonable, el moderador la aceptará.

Comentarios adicionales

Una cuestión que surgió varias veces en la convocatoria de mayo de 2013 fue la de cómo evaluar el aspecto 3 de Diseño y el problema de si los datos eran suficientes. Aunque los profesores esperan una alusión explícita a esto en los aspectos preliminares del informe del alumno, hay casos en los que la evidencia al respecto se encuentra dentro de lo que se considera la parte de obtención y procesamiento de datos del informe. Por regla general, los alumnos mencionan la repetición de medidas; pero si no mencionan esto y, aun así, queda claro que han tomado mediciones repetidas y han utilizado la media, entonces se reconoce a los alumnos el mérito por esto (de forma similar, para el rango y número de los datos). Si de la tabla de datos se desprende un número suficiente y un rango adecuado, entonces se considerará cumplido el requisito de Diseño. En estos y otros casos, los moderadores conceden al alumno el beneficio de la duda y no los penalizan por no hacer exactamente lo que el moderador esperaría. En su lugar, el moderador busca la evidencia que permite reconocer el mérito del alumno.

La mayoría de los profesores evaluó trabajos relevantes y concedió notas apropiadas. Además, la mayor parte de los alumnos se esforzó para producir buenos informes del laboratorio de física. Hubo muchos ejemplos sobresalientes de trabajo de laboratorio y un amplio uso de las TIC. No obstante, se recuerda a los profesores que las investigaciones de diseño no son proyectos de investigación científica. No se debe recurrir a búsquedas en Internet y debería evitarse el uso de las teorías establecidas y las ecuaciones conocidas de los libros de texto.

Los moderadores aceptaron por lo general las notas de los profesores, aunque en ocasiones redujeron o aumentaron la puntuación. Si se puede identificar una tendencia, los profesores tienden a puntuar por exceso el criterio de Conclusión y Evaluación. Si los profesores han aplicado los criterios adecuadamente, el sistema de moderación debería respaldarlos. La función de los moderadores no es aplicar sus propias teorías y costumbres como profesores, sino asegurarse de que los colegios aplican los criterios dentro de límites aceptables según los descriptores oficiales. En otras palabras, los moderadores buscan errores sistemáticos más allá del error aleatorio en la aplicación de los aspectos de los criterios.

Las siguientes secciones contienen las pautas que siguen los moderadores de la EI de física.

Casos en los que los moderadores reducen la puntuación

Diseño

El moderador rebajará la puntuación cuando el profesor haya dado una pregunta claramente formulada de investigación y/o las variables independiente **y** de control. El profesor puede dar al alumno la variable dependiente (siempre que exista una diversidad de variables independientes que el alumno pueda identificar). Se acepta que se haya transmitido al alumno el objetivo general de la investigación si la pregunta o sugerencia del profesor ha sido modificada de forma significativa (p. ej. haciéndola más precisa o definiendo las variables). El moderador rebajará la puntuación cuando se haya dado una hoja de instrucciones que el alumno haya seguido sin ningún cambio o cuando **todos** los alumnos hayan utilizado métodos idénticos. Para la evaluación bajo Diseño no son apropiadas investigaciones de laboratorio ampliamente documentadas.

Obtención y procesamiento de datos

El moderador reducirá la puntuación cuando se haya proporcionado una tabla fotocopiada provista de encabezados y unidades para que los alumnos la rellenen. Si el alumno no ha registrado incertidumbres en ningún dato cuantitativo, entonces lo máximo que puede conceder el moderador para el aspecto 1 será "parcial". Si el alumno se ha mostrado *incoherente de forma reiterada* en el uso de cifras significativas al registrar los datos, entonces lo máximo que puede conceder el moderador para el aspecto 1 será "parcial". En la física, los datos son siempre cuantitativos. Trazar líneas de campo en torno a un imán no constituye OPD.

El moderador rebajará la puntuación cuando se haya proporcionado una gráfica con ejes rotulados (o cuando a los alumnos se les haya indicado qué variables representar) o cuando los alumnos hayan seguido preguntas estructuradas con el fin de llevar a cabo el procesamiento de los datos. Para la evaluación bajo el aspecto 3 de la OPD, se espera que los alumnos representen gráficas. Para obtener nota completa, los datos sobre la gráfica deben incluir barras de incertidumbre y se debe calcular la incertidumbre de la línea de ajuste óptimo.

Conclusión y evaluación

Si el profesor ha proporcionado preguntas estructuradas para orientar a los alumnos en la discusión, conclusión y crítica, entonces la puntuación máxima será "parcial" para cada aspecto en el que el alumno haya recibido orientación, teniendo en cuenta la concreción de las preguntas del profesor y la calidad de las respuestas del alumno. El moderador hace su valoración según la información inicial dada al alumno. La diferencia entre las puntuaciones parcial y completa para el aspecto 1 de la CE radica en la justificación de la interpretación de los resultados experimentales. Se trata de una tarea difícil, que puede depender de teoría física.

Casos en los que los moderadores no reducen la puntuación

En los casos siguientes, el moderador confirmará la decisión del profesor, que es quien mejor sabe lo que espera de sus alumnos.

Diseño

Los moderadores no rebajan la puntuación cuando se han identificado claramente las variables independiente y de control en el procedimiento, aun cuando no se especifiquen en una lista aparte (se puntúa el informe completo y no es obligatorio atenerse a los títulos de los aspectos). Los moderadores no rebajan la puntuación cuando se da una lista de variables y el propio procedimiento deja claro si cada variable es independiente o de control.

Los moderadores no rebajan la puntuación cuando se dan procedimientos similares (pero no idénticos palabra por palabra) para una tarea limitada. El moderador hará un comentario sobre la mala adecuación de la tarea en el formulario 4/IAF. Los moderadores no solo puntúan la lista de instrumental, sino que valoran el instrumental claramente identificado siguiendo un procedimiento en varias etapas. Recuérdese que los moderadores examinan el informe completo. Los moderadores no exigen que se especifique en el listado de aparatos la precisión \pm . Esto nunca se ha pedido a los profesores y el concepto de registrar incertidumbres ya está tratado en la OPD. Los moderadores no rebajan la puntuación de un profesor por no enumerar cosas tan rutinarias como gafas de seguridad o batas de laboratorio. Hay profesores que encuentran necesario enumerar siempre este tipo de cosas mientras que otros las consideran algo tan esencial de todo trabajo de laboratorio que no ven necesaria su mención. En esto los moderadores respetan el criterio del profesor.

Obtención y procesamiento de datos

En un ejercicio extenso de obtención de datos que pueda tener varias tablas de datos, si el alumno ha sido incoherente en el uso de cifras significativas solamente para un dato o se ha dejado las unidades de un encabezado de columna, entonces el moderador no puntuará a la baja este error mínimo. Si el moderador entiende que el alumno ha demostrado haber prestado atención a estos detalles y ha tenido un descuido, entonces el moderador puede respaldar la puntuación máxima amparándose en la norma de que “completo no quiere decir perfecto”. Este principio es importante ya que a los buenos alumnos que responden en detalle a una tarea extensa se les penaliza injustamente más a menudo que a los alumnos que se enfrentan a un ejercicio simplón. Al alumno no se le puntúa a la baja si no ha incluido ninguna observación de tipo cualitativo y al moderador tampoco se le ocurre ninguna relevante de manera inmediata. El moderador no puntúa a la baja si no hay título de tabla cuando resulta evidente a qué datos se refiere la tabla. A menudo los alumnos dedican todo su esfuerzo a la OPD y después el profesor les quita puntos por no haber nombrado la tabla. Excepto en investigaciones complejas, suele ser evidente a qué alude la tabla.

Los criterios para el tratamiento de errores e incertidumbres en la física se describen en la Guía de la asignatura y en el material de ayuda al profesor. Tanto a los alumnos del NM como a los del NS se los evalúa en los mismos contenidos del programa de estudios y al mismo nivel de rendimiento.

Todos los datos brutos han de incluir unidades e incertidumbres. El menor valor en cualquier escala o la menor cifra significativa en cualquier medida es una indicación de la incertidumbre mínima. Los alumnos pueden hacer constar la precisión especificada por el fabricante, pero no es necesario. Al procesar datos brutos, deben considerarse las incertidumbres (véase la Guía de la asignatura, enunciado de evaluación 1.2.11).

Los alumnos pueden estimar las incertidumbres en mediciones compuestas (\pm la mitad del rango) y pueden hacer suposiciones fundamentadas sobre las incertidumbres en el método de medición. Si las incertidumbres son suficientemente pequeñas para poder despreciarlas, el alumno debería mencionarlo.

Los gradientes (líneas de pendiente) mínimo y máximo han de dibujarse en las gráficas lineales utilizando barras de incertidumbre (utilizando los datos primero y último) para una magnitud solamente. Este método simplificado se hace confuso cuando las dos magnitudes de la gráfica incluyen barras de incertidumbre. Otros tipos de análisis de incertidumbres son apropiados cuando las gráficas son no lineales.

Si el alumno ha intentado claramente tomar en cuenta o propagar las incertidumbres, entonces los moderadores confirmarán la puntuación del profesor aun cuando estimen que el alumno podría haber hecho un esfuerzo mayor. Si se ha tratado la propagación de errores en parte del trabajo de laboratorio, entonces se puede dar por válido el análisis de errores aunque no se haya completado de forma totalmente detallada (si el alumno ha mostrado una buena comprensión de las incertidumbres, se le puede dar puntuación completa).

Los moderadores **no** penalizan a profesores o alumnos si el protocolo no es el impartido en clase; por ejemplo, la incertidumbre en una balanza de platillo único podría ser $\pm 0,01\text{g}$ mientras que los profesores pueden considerar que debería ser el doble al tener en cuenta la tara. El proceso de moderación no es ni el momento ni el lugar para establecer los protocolos preferentes de IB.

Conclusión y evaluación

Los moderadores aplican con frecuencia el principio de “completo no quiere decir perfecto”. Por ejemplo, si el alumno ha identificado las fuentes más razonables de error sistemático, entonces el moderador puede confirmar la puntuación de un profesor aun cuando el moderador identifique alguna fuente más. El papel de los moderadores es más crítico en el tercer aspecto de que las modificaciones estén realmente relacionadas con las fuentes de error mencionadas. Si el moderador entiende que una tarea era demasiado simple para cumplir bien con el espíritu de los criterios, entonces comentará en el 4/IAF la inadecuación de la tarea con razonamientos detallados. Esto se presentará como comentario pero el moderador no necesariamente puntuará a la baja al alumno. Sí, esto quiere decir que los alumnos podrían obtener notas altas en la OPD con trabajo muy breve sobre datos limitados, pero si han cumplido los requisitos de los aspectos dentro de ese rango de datos pequeño, entonces el moderador confirmará la puntuación del profesor.

El aspecto más difícil de la CE es la distinción entre notas parcial y completa bajo el aspecto 1: “Indica una conclusión, con justificación, basada en una interpretación razonable de los datos”. Una justificación podría ser un análisis matemático de los resultados, uno que incluya

una apreciación de los límites del rango de datos, pero también podría ser un análisis que incluya algún significado físico o teoría, incluso una hipótesis (aunque no se necesita una hipótesis). Es difícil obtener la nota completa en la CE (aspecto 1) porque se requieren comentarios serios y fundamentados, que vayan más allá de obviedades como “los datos revelan una relación lineal y proporcional”.

Prueba 1 del Nivel Superior

Bandas de calificación del componente

Calificación:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación:	0 - 10	11 - 15	16 - 21	22 - 25	26 - 29	30 - 33	34 - 40

Prueba 1 del Nivel Medio

Bandas de calificación del componente

Calificación:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación:	0 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 14	15 - 17	18 - 20	21 - 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.

Solo un pequeño porcentaje del número total de profesores y de colegios devolvió los impresos G2 cumplimentados. Para el NM hubo 153 respuestas de 772 colegios, y para el NS 164 respuestas de 731 colegios. En consecuencia, es difícil conocer las opiniones generales ya que quienes devuelven los G2 pueden ser precisamente aquellos que tienen opiniones más vehementes sobre las pruebas. Las respuestas han indicado que las pruebas de mayo de 2013 tuvieron en general una buena acogida; una gran parte de los G2 recibidos contenía comentarios favorables. La mayoría de los profesores que hicieron comentarios sobre las pruebas consideraron que contenían preguntas de nivel adecuado y por lo general en la línea de las pruebas del año pasado, aunque un 23% en el caso del NS (y un 38% en el del NM) encontró la prueba más difícil que la de mayo de 2012.

Con pocas excepciones, los profesores han considerado que la presentación de las pruebas y la claridad de la redacción han sido satisfactorias o buenas.

Análisis estadístico

El rendimiento global de los alumnos y el correspondiente a las diferentes preguntas se ponen de manifiesto en el análisis estadístico de las respuestas. Los datos se indican en los recuadros inferiores. Los números en las columnas A-D y en la de "En blanco" son los números de alumnos que eligieron esa opción o que dejaron la respuesta en blanco.

La clave (opción correcta) está indicada por una casilla sombreada.

El *índice de dificultad* (al que quizá sería mejor llamar índice de facilidad) es el porcentaje de alumnos que dieron la respuesta correcta (la clave). Un índice alto indica pues una pregunta fácil. El *índice de discriminación* es una medida de lo bien que la pregunta ha permitido distinguir entre alumnos de diferentes capacidades. En general, un índice de discriminación alto indica que una gran proporción de los alumnos mejores ha identificado correctamente la clave, en comparación con los alumnos más flojos. Esto puede no ser así, sin embargo, cuando el índice de dificultad es alto o bajo.

Análisis de las preguntas de la prueba 1 del NS

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	3890	850	198	450	5	72,13	0,28
2	215	604	4396	170	8	81,51	0,21
3	1116	628	3538	85	26	65,6	0,48
4	2675	711	858	1125	24	49,6	0,46
5	425	294	2674	1979	21	36,7	0,52
6	1385	152	396	3436	24	63,71	0,51
7	4101	329	835	110	18	76,04	0,33
8	611	4341	214	219	8	80,49	0,30
9	1329	2272	580	1180	32	42,13	0,56
10	1166	3820	155	247	5	70,83	0,37
11	3186	407	291	1497	12	59,08	0,25
12	925	1390	1539	1518	21	28,15	0,43
13	638	320	963	3440	32	63,79	0,49
14	1345	272	269	3489	18	64,69	0,42
15	3576	503	968	312	34	66,31	0,36
16	1593	1441	1477	831	51	29,54	0,53
17	1814	873	1924	749	33	35,68	0,34
18	3550	788	652	379	24	65,83	0,44
19	670	3848	723	135	17	71,35	0,52
20	819	958	2850	736	30	52,85	0,62
21	772	4489	72	56	4	83,24	0,28
22	245	3467	969	698	14	64,29	0,62
23	1104	2049	2046	161	33	37,99	0,58
24	2727	1652	651	318	45	50,57	0,45
25	295	1685	457	2925	31	31,24	0,00
26	206	851	395	3924	17	72,76	0,52
27	343	1858	303	2877	12	53,35	0,39
28	569	873	291	3634	26	67,38	0,42
29	3848	269	789	471	16	71,35	0,43
30	3503	1064	371	421	34	64,95	0,53
31	274	536	4064	499	20	75,36	0,44
32	607	897	3617	238	34	67,07	0,32
33	1204	493	3430	237	29	63,6	0,42
34	862	3672	144	689	26	68,09	0,32
35	205	47	183	4935	23	91,51	0,18
36	329	1240	2768	982	74	51,33	0,47
37	222	1106	1150	2884	31	53,48	0,34
38	344	224	4248	536	41	78,77	0,32
39	3244	865	884	298	102	60,15	0,60
40	1041	535	1133	2616	68	48,51	0,38

Número de alumnos: 5393

Análisis de las preguntas de la prueba 1 del NM

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	1057	1077	1037	1639	22	33,92	0,54
2	2991	948	328	552	13	61,9	0,34
3	1680	742	2264	115	31	46,85	0,56
4	2913	1421	244	246	8	29,41	0,27
5	1379	825	914	1685	29	28,54	0,35
6	1833	476	1955	549	19	40,46	0,37
7	614	459	2553	1150	56	23,8	0,34
8	855	294	445	3230	8	66,85	0,36
9	1013	3029	391	391	8	62,69	0,45
10	1422	1239	470	1663	38	25,64	0,36
11	487	2348	1762	202	33	48,59	0,62
12	511	370	2101	1836	14	10,58	0,19
13	605	599	1481	2101	46	43,48	0,47
14	1471	495	424	2386	56	49,38	0,44
15	178	3107	857	674	16	13,95	0,22
16	1255	812	1788	948	29	37	0,54
17	1283	2309	949	260	31	47,79	0,62
18	1191	1566	1395	600	80	28,87	0,17
19	556	2237	1028	974	37	46,3	0,62
20	164	3485	993	169	21	72,12	0,30
21	1489	1458	1222	613	50	30,17	0,13
22	442	1089	636	2637	28	54,57	0,61
23	398	387	4003	38	6	82,84	0,32
24	399	2125	378	1884	46	38,99	0,33
25	436	4229	105	46	16	87,52	0,12
26	1482	1285	1401	502	162	26,59	0,40
27	460	58	214	4071	29	84,25	0,29
28	501	1515	1875	870	71	38,8	0,43
29	542	560	3085	561	84	63,85	0,34
30	236	1120	1234	2177	65	45,05	0,39

Número de alumnos: 4832

Comentarios sobre el análisis

Dificultad

El índice de dificultad varía desde alrededor de un 28% en el NS y de un 11% en el NM (preguntas relativamente "difíciles") hasta alrededor de un 92% en el NS y de un 88% en el NM (preguntas relativamente "fáciles"). Las pruebas arrojaron una distribución adecuada de las puntuaciones al tiempo que permitieron a todos los alumnos lograr puntos en relación a sus méritos.

Discriminación

Todas las preguntas, excepto una, presentaron un valor positivo para el índice de discriminación. Lo ideal sería que el índice fuera mayor que 0,2 aproximadamente. Esto se alcanzó en la mayoría de las preguntas. No obstante, un índice de discriminación bajo puede no ser el resultado de una pregunta poco fiable, sino que puede indicar un error conceptual extendido entre los alumnos o tratarse de una pregunta con un índice de dificultad alto.

Respuestas “en blanco”

En ambas pruebas, el número de respuestas en blanco se ha distribuido al azar a lo largo del test. Esto podría indicar que los alumnos dispusieron de tiempo suficiente para completar sus respuestas y simplemente dejaron de lado las preguntas de las que no estaban seguros. Pero ha habido un número inusualmente alto de respuestas en blanco. Debe recordarse a los alumnos que no hay penalización para las respuestas incorrectas. Por lo tanto, si se desconoce la respuesta correcta, debería hacerse una elección razonable. En general, debería ser posible eliminar algunas de las respuestas de “distracción”, lo que aumenta la probabilidad de elegir la correcta.

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

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. En la mayoría de los casos basta con esta información para cada pregunta específica. Se comentan a continuación solamente algunas preguntas seleccionadas, concretamente aquellas representativas de algún aspecto particular o que suscitaron comentarios en los G2.

Preguntas comunes del NM y del NS

NM P2 y NS P1

Debería repararse en que la “intensidad del campo eléctrico” es una magnitud vectorial.

NM P5 y NS P4

Parece que algunos alumnos del NM leyeron mal la pregunta y pensaron que el objeto se encontraba “en reposo”. Esto indica la importancia de leer con cuidado la pregunta y no precipitarse en llegar a conclusiones. Los alumnos deberían haber advertido la expresión “sin rozamiento” y haber razonado que el sistema ha de tener necesariamente aceleración.

NM P7 y NS P5

La estadística indica que bastantes alumnos pasaron por alto el hecho de que la velocidad es una magnitud vectorial, por lo que su variación, en esta pregunta, es de $8,0 \text{ ms}^{-1}$ y no de $2,0 \text{ ms}^{-1}$.

NM P24 y NS P27

El enunciado de evaluación 7.2.3 de la *Guía de Física* pide que los alumnos sepan “describir las propiedades de ionización de las partículas alfa y beta y de la radiación gamma”. Parece que bastantes alumnos no leyeron con suficiente cuidado la pregunta, que las pedía en orden creciente, por lo que optaron por la B en lugar de la correcta D.

Preguntas del NS

P7

Sobre la superficie de un planeta la intensidad del campo gravitatorio puede tomarse como invariante. Esto no confundió a los alumnos, aunque hubo bastantes profesores que se preguntaron cuál sería la altura del cráter y si esto afectaría a la aceleración.

P10

El trabajo efectuado sobre un gas es el área **total** bajo la gráfica P-V. Muchos alumnos optaron incorrectamente por la respuesta A.

P11

Ha habido bastantes comentarios sobre esta pregunta por parte de los profesores. En esta situación, la ligera variación en volumen del agua/hielo puede considerarse despreciable y debe suponerse que el agua no está a 0 °C o, de lo contrario, no se produciría fusión. La estadística muestra que los mejores alumnos comprendieron esto, al elegir A como la mejor respuesta.

P12

Esta pregunta provocó bastantes comentarios en los G2 y la estadística muestra que solo los mejores alumnos comprendieron suficientemente este tema. Los dos sistemas eran claramente no idénticos. De lo contrario, habrían tenido el mismo punto de corte con el eje y. Y tenía un pico más marcado que se encontraba visiblemente a la derecha del pico de X, por lo que D es la mejor respuesta.

P16

Aproximadamente el mismo número de alumnos optó por A, B y C. Los mejores alumnos claramente priorizaron la respuesta correcta, A. Un dibujo rápido y sencillo revela la respuesta de inmediato. Esta habría de ser la reacción natural de los alumnos dado un problema de resonancias de esta naturaleza.

P18

Esta fue otra pregunta que suscitó bastantes comentarios críticos por parte de los profesores, aunque la estadística mostró que dos tercios de los alumnos eligieron la respuesta A. La cantidad de luz reflejada desde una superficie de cristal es despreciable (y no cuantificable dentro de los parámetros de la pregunta), por lo que claramente A era la mejor respuesta.

P23

Los alumnos deberían leer la pregunta en primer lugar y examinar las posibles respuestas, consultando el *Cuadernillo de datos* solo si es necesario. Claramente si un transformador es ideal, entonces la salida de potencia será igual a la entrada.

P25

Este enunciado de pregunta requería una lectura atenta. El índice de discriminación de 0,00 demuestra que incluso los mejores alumnos extrajeron conclusiones precipitadas. Cuando se efectúa trabajo, debe indicarse con claridad qué es lo que está efectuando el trabajo y sobre qué. Así, si hay un peso que se levanta, la persona o cosa que lo levanta está efectuando trabajo (positivo) en contra del campo, lo que quiere decir que el campo efectúa trabajo negativo sobre el peso. Esto ha de explicarse claramente a los alumnos. En este caso, hay una carga que se desplaza en un campo eléctrico y se pide a los alumnos que indiquen el trabajo efectuado *por el campo* sobre la carga.

Preguntas del NM

P1

Los alumnos encontraron difícil esta pregunta y la estadística muestra que muchos habrían respondido al azar. Resulta evidente (también en la prueba 2) que muchos alumnos no se sienten cómodos con los porcentajes. Puede ser una buena idea que los profesores se aseguren de que sus alumnos saben llevar a cabo cálculos simples de porcentajes sin recurrir a la calculadora.

P4

La respuesta más popular fue la A. Lo único que se puede aventurar es que tal vez los alumnos confundieran la intensidad del campo gravitatorio con la aceleración del cuerpo pese a la referencia clara a la velocidad terminal en el enunciado.

P6

Los alumnos vieron con claridad que la aceleración disminuye, relacionando esto conceptualmente con la fuerza decreciente. En torno a la mitad de los alumnos confundieron aparentemente la aceleración con la velocidad y decidieron que la energía cinética debía disminuir también.

Esta pregunta modela lo que ocurre cuando se lanza una flecha y, siendo así, es evidente que la velocidad crecerá mientras la flecha esté en contacto con la cuerda.

P8

Los alumnos resolvieron bien esta pregunta al identificar correctamente el origen de la fuerza como fuerza de rozamiento de la carretera sobre los neumáticos.

P12

Las respuestas a esta pregunta fueron muy flojas. Hay muchas gráficas de movimiento armónico simple (MAS) que son sinusoidales, pero se trata de gráficas con el *tiempo* en el eje horizontal. Pero al tener el *desplazamiento* en el eje, las gráficas serán diferentes y los alumnos deberían estar también familiarizados con esta situación. En este caso, debería haber estado claro que la velocidad se anula en los extremos del MAS, mientras que será

máxima en el punto de equilibrio. Por lo tanto, la única respuesta posible es A, que muestra medio ciclo de MAS.

P15

Resultó evidente de la prueba 2 que los alumnos no han captado bien el significado físico de las diferentes maneras de representar una onda. Las ondas constan de partículas en oscilación, pero pueden representarse como rayos o bien como una serie de frentes de onda o gráficamente. Parece que esta parte del programa de estudios no se está impartiendo con suficiente rigor.

P18

B fue la respuesta más popular, presumiblemente porque los alumnos pensaron “si la carga es el doble, la diferencia de potencial será el doble”. Pero una reflexión rápida muestra que esto implicaría una partícula alfa con cuatro veces la energía del protón, por lo que la respuesta correcta ha de ser la C.

P21

Los alumnos no supieron cómo abordar esta pregunta. Pero a lo largo de su curso deberían haber visto en algún momento pares de cables que transportan una corriente en el mismo sentido, atrayéndose el uno al otro, caso que hace que esta pregunta sea trivial.

P25

Los profesores quisieron debatir la respuesta a esta pregunta, pero a los alumnos no les supuso dificultad. En la prueba 1 se pide a los alumnos que den la **mejor** respuesta, que aquí es claramente B.

P26

Esta pregunta fue difícil, tal como muestra la estadística. Quizá la mejor manera de afrontarla consiste en considerar las unidades. Basta con que los alumnos sepan que el coeficiente de expansión del volumen se expresa en grado^{-1} para que B sea la única respuesta posible. Nótese, además, que como la extensión y anchura efectivas de los océanos permanecen constantes, el coeficiente de expansión volumétrica es igual al coeficiente de expansión de la profundidad.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Las preguntas de opción múltiple proporcionan una manera excelente, motivadora y muy eficaz en tiempo para examinar y promover el aprendizaje a lo largo de un curso. Pueden utilizarse como introducciones con las que estimular el debate así como para tests rápidos y nunca deberían verse como un añadido final, con una prueba de cada vez exclusivamente para practicar la convocatoria final de examen.

No existe una estrategia correcta única con las preguntas de opción múltiple, por lo que se requiere flexibilidad de razonamiento. La respuesta correcta puede encontrarse por eliminación, teniendo en cuenta las unidades, por simple proporción, o bien por “exageración”, permitiendo mentalmente que una de las cantidades se haga mucho mayor o mucho menor. En ocasiones, basta con recordar un hecho concreto.

Los alumnos deberían intentar responder a todas las preguntas. Cuando no sepan dar la respuesta correcta, deberían elegir la opción que les parezca más probable. Se ha de enfatizar que las respuestas incorrectas no provocan una penalización en la puntuación. A menudo hay respuestas que pueden eliminarse, bien porque son visiblemente absurdas, o bien porque dos respuestas son lógicamente equivalentes.

Las gráficas, los diagramas de fuerzas y otras formas de ilustración son herramientas fundamentales con las que los físicos intentan modelar y comprender el mundo. Debe animarse a los alumnos a dibujar las respuestas a los problemas antes de atreverse con los cálculos. Se ha demostrado, también a partir de las pruebas escritas, que esto no sucede.

El enunciado debe leerse con cuidado. Parece que algunos alumnos no leen el enunciado completo sino que, más bien, una vez que han captado el sentido general pasan a las opciones. Las preguntas de opción múltiple se formulan con la mayor brevedad posible. Por consiguiente, todas las palabras son significativas e importantes. Los alumnos deben también tener en cuenta que se les pide que encuentren la **mejor** respuesta. A veces puede no ser 100% correcto, pero los alumnos de física deberían estar acostumbrados a identificar e ignorar cantidades que tengan una influencia despreciable.

Los alumnos deberían consultar la *Guía de Física* actual (Marzo de 2007) durante la preparación para el examen, con el fin de clarificar los requisitos para el éxito en los exámenes. Se ha demostrado en el examen de este año que las preguntas “nuevas” han sido especialmente problemáticas para los alumnos; los profesores han de ser conscientes, sin embargo, de que las preguntas se preparan a partir de los requisitos del programa de estudios, ¡no a partir de pruebas anteriores!

La *Guía* invita a los alumnos a recordar algunos hechos simples, aun cuando la mayor parte de la física se orienta a procesos. Este tipo de hechos se prestan a preguntas de opción múltiple, por lo que los profesores no han de tener inconveniente en pedir a sus alumnos que ocasionalmente memoricen información. Las definiciones (que siempre se enuncian de forma deficiente en las pruebas escritas) se comprueban y se aprenden tal vez mejor con preguntas sencillas de opción múltiple.

Los alumnos pueden esperar que la proporción de preguntas que abarca un tema concreto coincida con la proporción de tiempo asignada a la docencia de ese tema, tal como se especifica en la *Guía de Física*. Se debe dedicar tiempo abundante a la docencia de temas tales como el calentamiento global y el efecto invernadero. La cultura general que la mayoría de la gente suele tener sobre estos temas de la *Guía* no siempre es suficiente para resolver las preguntas correspondientes, que no son triviales.

Prueba 2 del Nivel Superior

Bandas de calificación del componente

Calificación:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación:	0 - 13	14 - 27	28 - 37	38 - 47	48 - 57	58 - 67	68 - 95

Prueba 2 del Nivel Medio

Bandas de calificación del componente

Calificación:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación:	0 - 6	7 - 13	14 - 19	20 - 24	25 - 28	29 - 33	34 - 50

Comentarios generales

Se recibieron de los colegios 168 grupos de comentarios G2 del NS y 158 del NM. Un gran porcentaje de los colegios (más del 90% para ambas pruebas) consideró que las pruebas tenían un nivel adecuado. Un 80% de los profesores estimó que las pruebas han tenido un nivel similar (56% de respuestas para el NS) o ligeramente más difícil que en la convocatoria anterior. La claridad y la presentación de las pruebas se consideró buena o satisfactoria.

En realidad, las pruebas de ambos niveles han sido, a juzgar por la estadística, mucho más fáciles que las de la convocatoria anterior. Las medias fueron significativamente superiores en comparación con convocatorias anteriores y las desviaciones típicas se mantuvieron similares, lo cual indica la presencia de algunas preguntas más fáciles que en los años inmediatamente anteriores.

Se recibieron comentarios de un número reducido de colegios sobre la desintegración exponencial de A1 (a)(ii). Algunos consideraron que se salía de los límites del programa de estudios para el NM. Pero un alumno del NM debería ser capaz de indicar que una curva de semivida es exponencial (enunciado de evaluación de la *Guía de Física* 7.2.6) y de determinar la semivida (enunciado de evaluación 7.2.8). Estas dos afirmaciones juntas validan la pregunta tal como se preguntó. Otros comentarios sugirieron que la pregunta se hizo demasiado al principio del examen. Sin embargo, que la primera pregunta de la prueba 2 sea sobre análisis de datos es la práctica normal y apartarse de esta costumbre habría sido probablemente aun más perjudicial para los alumnos.

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

- Tests exponenciales
- Cálculos que implican transferencia de energía térmica
- Las explicaciones o cálculos en el contexto de preguntas en que se pide al alumno que demuestre o determine la respuesta
- **[Solo NS]** Significado del potencial
- **[Solo NS]** Explicaciones de los efectos de inducción electromagnética
- **[Solo NM]** Distinción entre energía y momento

Partes del programa y del examen en que los estudiantes demostraron estar bien preparados

- Uso de ecuaciones cinemáticas
- **[Solo NS]** Cálculos de dispositivos acoplados por carga
- **[Solo NS]** Difracción y criterio de Rayleigh

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

Ha habido muchas preguntas comunes al NM y al NS. Los comentarios siguientes siguen el mismo orden en que aparecieron las preguntas en el NS.

Sección A

A1 **[NS y NM]** Pregunta de análisis de datos

(a) (i) Pocos alumnos consiguieron la puntuación total. Con demasiada frecuencia los examinadores se encontraron con una pobre ejecución técnica de los dibujos y con líneas totalmente rectas cruzando los primeros tres puntos. La mayoría de los alumnos supo asegurarse de que sus líneas caían dentro de los límites de las barras de error. Se anima a los alumnos a acabar de leer la pregunta completa antes de intentar responder. Si se hubiera hecho así, se podrían haber detectado pistas adicionales en lo que seguía. Nótese que la capacidad que se estaba evaluando aquí era la habilidad de los alumnos para hacer caso omiso de los puntos y trazar una curva suave cruzando las barras de incertidumbre.

(ii) Muchos alumnos no fueron capaces de exponer buenos tests de cambio exponencial. Los examinadores esperan encontrarse un test sistemático llevado a cabo con precisión. Entre los tipos de test adecuados estarían la identificación de comportamiento de semivida, un comportamiento de proporción constante o un ajuste a una función exponencial. Cada uno de

estos planteamientos habría asegurado la puntuación máxima. Con frecuencia, se encontraron afirmaciones imprecisas y sin sentido sobre el comportamiento asintótico de la gráfica.

(b) (i) Esta parte fue resuelta correctamente por alrededor de la mitad de los alumnos aunque los examinadores encontraron pocas tangentes trazadas con confianza. Los errores consistieron en omitir la unidad y en intentar dar un gradiente más allá del nivel de 30.

(ii) Los examinadores esperaban encontrar una solución razonada. Los alumnos que escribieron una respuesta sin explicación obtuvieron pocos puntos.

(c) La respuesta aquí tenía que apoyarse en la respuesta a (b)(ii) y una mayoría de alumnos supieron hacerlo así satisfactoriamente. Un número apreciable de alumnos no supo tener en cuenta el prefijo de la unidad de resistencia, por lo que su respuesta fue incorrecta por un factor de 10^6 .

A2 [NS y NM]

(a) (i) y (ii) Fueron preguntas de puntuación alta con un número considerable de respuestas correctas. Incluso muchos de los que no supieron responder bien el apartado (i) supieron aplicar correctamente el valor incorrecto en (ii).

(b) Esta parte no era inmediata y requiere reflexión por parte de los alumnos, idealmente antes de ponerse a escribir. Bastantes alumnos lograron dos puntos. Entre los fallos habituales destacan: dar mayor valor a la velocidad final en el agua que a la velocidad final en el aire; una primera sección significativamente curvada antes de t_1 ; curvatura incorrecta entre t_1 y t_2 y ausencia de una velocidad final constante o nula.

(c) **[Solo NM]** Esta pregunta inmediata no se resolvió bien. Muchos alumnos no dibujaron dos rectas claras de longitud adecuada con regla y fueron muy habituales los dibujos torpes a mano alzada. La pregunta pide que se rotule el diagrama y esto debe hacerse con palabras, no con símbolos. No se pedía mencionar el empuje hacia arriba en la respuesta, aunque la alusión a esto se consideró neutral.

A3 [NS] y B1 parte 2 [NM]

(a) Hubo una incapacidad generalizada de interpretar el término de instrucción. “Distinga” implica algún tipo de comparación, pero los alumnos a menudo dieron meras definiciones (que en este esquema de calificación podría dar la puntuación total). Pese a todo, solo unos pocos recibieron dos puntos. Las explicaciones del significado de la energía térmica fueron flojas y por lo general no consiguieron aclarar la necesidad de una diferencia de temperatura en la transferencia de energía.

(b) (i) Muchos fueron capaces de lograr los dos puntos, pero algunos perdieron puntuación al añadir un paso final más, adelantándose a la solución de (ii). Dado que estos alumnos no comprendieron bien lo que quería decir “cambio en la energía interna”, no se les pudo dar la puntuación total para este apartado.

(ii) Este apartado se resolvió de forma más floja que el (i). Entre las soluciones incorrectas destacan: errores al restar los 28 kJ a los que se llega en (b)(i) y errores aritméticos.

(c) **[Solo NM]** (i) Este apartado se resolvió mal y la mayor parte de los alumnos no supo calcular la masa del agua evaporada.

(ii) El apartado invita a los alumnos a considerar la energía de las moléculas y a relacionarla con la temperatura constante del agua hirviendo. Las respuestas fueron en su mayoría imprecisas y fueron pocos los alumnos que supieron presentar una explicación lógica o bien construida.

A4 [NS] y B1 parte 1 [NM]

(a) (i) Aun cuando muchos supieron expresar correctamente el significado del término "isótopo", hubo un número decepcionantemente alto de alumnos que no lo logró. En general, los alumnos deberían intentar dar definiciones más claras y sucintas.

(ii) Análogamente, las definiciones de "semivida radiactiva" fueron con frecuencia flojas, incompletas y confusas, al referirse a la cantidad de masa total de la sustancia (raramente a la inicial) en vez de a su actividad. Estas definiciones son fáciles de memorizar y se aconseja a los alumnos que dediquen tiempo a este estudio rutinario.

(b) (i) El número de protones fue casi sin excepción correcto.

(ii) Se comprendieron todas las ideas básicas de esta pregunta, pero muchos no completaron bien los cálculos. Los alumnos han de comprender que para lograr todos los puntos en respuesta a "muestre que" deben convencer al examinador de que se indican todos los pasos. La mejor manera de hacer esto es completar el cálculo con al menos una cifra significativa más que en la pregunta y explicar en palabras cada línea de cálculo. Incluso los alumnos más brillantes no son del todo cuidadosos en esto.

(c) **[Solo NM]** Se trata de otra pregunta en la que los alumnos debían construir un argumento lógico. Se resolvió extremadamente mal. Parece que a los alumnos les confunden los conceptos de energía y momento. En muchos intentos de lograr un punto los alumnos no consideraron en primer lugar por qué la energía del neutrón ha de ser mayor de 2,5 MeV. Esto no debería haber sido complicado para los mejores alumnos del NM.

(c) [NS] y (d) [NM] No reconocer que se produce un antineutrino y no un neutrino estropeó a algunos esta pregunta, por lo general bien respondida.

[Solo NM] (i) La gráfica se trazó bien y la mayor parte de los alumnos supo dibujar una línea recta suave e interpretar la gráfica.

(ii) La mayoría de los alumnos resolvió con confianza este apartado.

A5 [Solo NS]

(a) La pregunta valía tres puntos y los alumnos tenían que intentar expresar tres aspectos: el significado del potencial, la naturaleza de la carga de prueba, y la dirección y posición de los puntos inicial y final de la definición. Muchos indicaron dos de estos pero no el tercero. Solo unos pocos alumnos dieron respuestas sin valor. Una vez más, debe enfatizarse que los alumnos necesitan memorizar las definiciones.

(b) (i) Los alumnos a menudo no consiguen convencer a los examinadores en preguntas de tipo "muestre que" como esta. Como mínimo se exige una mención íntegra de la ecuación en uso con sustitución completa de variables.

(ii) Esta pregunta se resolvió bien por lo general. Los alumnos supieron qué ecuación utilizar y manejaron bien los datos.

(iii) Esta pregunta se resuelve como consecuencia directa del valor anterior. Solo alrededor de la mitad de los alumnos repararon en esto; es una buena comprobación del nivel de física de los alumnos.

A6 [Solo NS]

(a) Fueron flojas las explicaciones de la razón por la que se necesita una fuerza constante para desplazar la barra a velocidad constante. La respuesta implica un aspecto electromagnético y también un aspecto mecánico. Solo un número muy reducido de alumnos supo combinar ambos en la respuesta. De hecho, un número significativo se distrajo con un razonamiento basado en la ley de Lenz (requerida en (b)) sin dar explicación del carácter constante de la fuerza. Otros se perdieron claramente y aludieron al efecto del movimiento, presumiblemente creyendo que la barra se movía por efecto de una corriente impuesta.

(b) Los enunciados de la ley de Lenz (primer punto) fueron flojos y poco relevantes. Una vez más, se trata de trabajo de estudio rutinario que el alumno debería saber reproducir casi sin pensar. La mayoría no supo establecer ningún tipo de conexión entre la ley y el efecto sin repetir la respuesta previa, lo que puede haber sido merecedor de puntos o no, según los casos.

(c) Alrededor de la mitad de los alumnos supo alcanzar una respuesta correcta. Muchos alumnos no continuaron tras haber encontrado solo la fuerza total sobre la barra.

Sección B

B1 Parte 1 [NS] y B2 Parte 1 [NM]

(a) Muchos supieron enunciar la ley de Coulomb o expresar la ecuación con explicaciones de los símbolos. Pero algunos alumnos no definieron sus símbolos y perdieron puntos.

(b) (i) Fueron muchos los que calcularon bien la fuerza eléctrica.

(ii) Se utilizó bien la respuesta a (i) para determinar la magnitud de E . No obstante, muchos alumnos no leyeron la pregunta y no acertaron a indicar la dirección del campo o la expresaron de forma ambigua.

(iii) Por lo general, se resolvieron bien los cálculos que muestran el orden de magnitud de H/E . Con frecuencia faltó el último paso y se dio la respuesta simplemente como fracción.

(iv) Fueron muchos los que lograron este punto fácil.

(c) (i) Muchos alumnos dieron definiciones confusas o incorrectas de la f.e.m. de una célula. Aquí son también aplicables los comentarios anteriores de este informe sobre la memorización de definiciones. Fueron demasiados los que se apoyaron en el apartado siguiente, utilizando esa idea en su respuesta.

(ii) Esto se resolvió bien.

(iii) Un gran número de alumnos completó este cálculo con buen estilo, por lo general explicando los pasos (o al menos escribiendo el álgebra) de una manera lógica. Hubo muchas soluciones correctas y originales que lograron la puntuación completa.

B1 Parte 2 [Solo NS]

(a) Con demasiada frecuencia (en la inmensa mayoría de los casos), las respuestas se centraron en las diferencias en las propiedades *microscópicas* de los gases reales e ideales, que no se consideraron merecedoras de puntuación. Hubo comentarios G2 en el sentido de que esto no estaba en el programa de estudios, pero eso es incorrecto (enunciados de evaluación 3.2.12 y 10.1.2).

(b) (i) y (ii) Se permitió a los alumnos utilizar símbolos para las magnitudes termodinámicas y, en consecuencia, estas preguntas puntuaron más de lo habitual. No obstante, algunos alumnos solamente mencionaron la naturaleza del cambio, en lugar de proceder a discutir el trabajo efectuado en los dos casos.

(c) Esto se resolvió mal. La mayoría ni siquiera supo seleccionar la parte correcta del ciclo antes de intentar exponer un relato coherente sobre la transferencia no mecánica de energía.

B2 Parte 1 [NS] y A3, B3 parte 2 [NM]

(a) Muchos supieron obtener la masa mínima del carbón con una mínima penalización por un error en la potencia de diez. Por lo general, las soluciones fueron completas y con una presentación lógica. Un error habitual consistió en no saber procesar correctamente el rendimiento como porcentaje.

(b) Este es otro caso en el que los alumnos deben orientarse por los puntos asignados. Había cuatro puntos y es razonable que se dividan en dos más dos. Normalmente hubo una sola respuesta merecedora de puntuación por ventaja y desventaja. Los alumnos (como en exámenes anteriores) deben evitar dar respuestas triviales y vagas, tales como “los residuos radiactivos son peligrosos”, “el carbón produce efecto invernadero”, etc.

(c) **[(a) NM]** Este es otro cálculo al que los alumnos se están acostumbrando. Consta de bastantes pasos y muchos supieron abordarlos con facilidad. Hubo errores como omitir el rendimiento o llevarlo mal a la ecuación. Aunque se concedieron todos los puntos para la respuesta correcta, en estas preguntas se aconseja a los alumnos que expliquen completamente cada paso en sus argumentos para asegurarse puntos parciales. Si se encuentra un amasijo de cálculos aritméticos con resultado erróneo, la puntuación será cero.

(d) **[(b) NM]** Una mayoría considerable mencionó la radiación infrarroja atrapada en la atmósfera. Esto no bastó para lograr todos los puntos ya que elude la dificultad de la interacción entre la superficie de la Tierra y la atmósfera. El esquema de calificación daba un número generoso de puntos pero la mayoría se quedaron con dos de tres. Las respuestas a esta pregunta fueron particularmente flojas entre los alumnos hispanohablantes.

(e) **[(c)(i) NM]** La mayoría resolvió y explicó bien esto.

(e)(ii) **[Solo NM]** Se trata de otra pregunta de “muestre que” (o “demuestre que”). Los alumnos han de mostrar capacidad de razonamiento. Los alumnos más capaces supieron satisfacer a los examinadores en este aspecto.

B2 Parte 2 [Solo NS]

(a) Los examinadores se encontraron un buen nivel en los dibujos con muchos patrones de difracción precisos. No se resolvió igual de bien la alineación entre los dos patrones a efectos del criterio de Rayleigh. Resultó a veces difícil para los examinadores decidir si estaban alineados los máximos centrales con el primer mínimo o no. Los examinadores no pueden conceder el beneficio de la duda al trabajo desordenado o mal planteado.

(b) En el cálculo de la distancia entre la Tierra y la Luna, a menudo faltaron explicaciones o fueron deficientes. Los alumnos no tuvieron en cuenta si utilizar o no 1,22 (se aceptó de ambas maneras). Solo se valoraron en el esquema de calificación los razonamientos claros.

(c) (i) Las afirmaciones sobre la naturaleza de la luz polarizada fueron excepcionalmente flojas y habitualmente sin ninguna descripción de lo que actúa en un plano. Los examinadores esperaban una atribución al vector de campo eléctrico o similar.

(ii) La mayoría de alumnos cometió el error habitual de olvidar restar de 90° .

B3 Parte 1 [NS y NM]

(a) Se pidió a los alumnos que definieran el MAS tal como se aplica a la situación en cuestión. Muchos no supieron hacer esto y escribieron generalidades sobre el MAS.

(b) (i) Esto se resolvió bien.

(ii) Casi todos los alumnos supieron identificar un punto correcto para la aceleración máxima.

(iii) y (iv) Las soluciones para estas preguntas fueron muy confusas. Algunos intentaron utilizar ecuaciones cinemáticas. Otros mezclaron metros y centímetros en sus respuestas. Hubo también otros errores algebraicos (p. ej. confundir $12^2 - 4^2$ con $(12 - 4)^2$). Esta es una parte que los alumnos podrían preparar mejor.

(c) (i) Había tres puntos para esta pregunta: para las distinciones entre longitudinal y transversal y para una descripción clara del criterio de comparación. Este último fue el punto que se perdió con más frecuencia. Muchos alumnos tienen la idea vaga de que hay algo que sería perpendicular en el concepto de transversal y algo paralelo para lo longitudinal, pero hay mucha confusión respecto a ese "algo".

(ii) Los alumnos son ahora más cuidadosos al expresar claramente la frecuencia que conduce a la longitud de onda.

B3 Parte 2 [Solo NS]

(a) (i) Por lo general se definió bien la capacitancia.

(ii) Muchos obtuvieron un punto al sugerir que el proceso estaría relacionado con el efecto fotoeléctrico. Fueron demasiados los que repitieron la pregunta aludiendo a una "acumulación de carga". Pocos captaron la pista dada por (i) de que se pedía una respuesta aludiendo a la capacitancia.

(iii) Fue habitual encontrar una de las respuestas pedidas (normalmente la diferencia de potencial), pero raro encontrar mencionadas ambas.

(b) Por lo general, se resolvió bien el cálculo de múltiples pasos. Los cálculos se presentaron de forma razonable, pero los examinadores echan aún en falta más explicaciones de los pasos para poder conceder puntuaciones parciales. Algunos alumnos llegaron a valores absurdos en sus respuestas. Han de ser conscientes de que es improbable que se pidan respuestas absurdamente grandes o pequeñas.

B4 Parte 1 [NS] y B2 Parte 2 [NM]

(a) La mayoría supo definir el momento lineal correctamente utilizando los términos masa y velocidad.

(b) Hay un error habitual que ha reaparecido en este examen. Cuando se pide que se enuncie una ley de conservación, el alumno *no* debe conformarse con decir que la “cantidad se conserva”. Esto no dice nada al examinador (más allá de que el alumno ha leído la pregunta) y nunca merece puntos. Esto constituye una habilidad básica de examen que muchos alumnos siguen sin aprender.

(c) Fueron pocos los alumnos que supieron elaborar discusiones apropiadas de cómo se aplica la conservación del momento a uno de los casos más típicos que aparece en la enseñanza de este nivel, que es el del cohete en el espacio libre. No se entendió claramente que el sistema es cerrado o ni siquiera cuál es el sistema o que el factor importante es la *variación* del momento del combustible y por tanto del cohete. Estas ideas son difíciles de captar para los alumnos, pero los examinadores esperaban mejores intentos por parte de los más hábiles.

(d) (i) Esto se resolvió bien.

(ii) Alrededor de un tercio de los alumnos no reparó en que a la masa de Joe ha de sumársele la masa de la pelota para la solución correcta del problema.

(e) La mayoría de los alumnos adoptó un planteamiento basado en la aplicación reiterada de ecuaciones cinemáticas, aun cuando un planteamiento basado en energías les habría supuesto menos repeticiones. Las imprecisiones repetidas al trabajar con la masa de Joe no se penalizaron.

B4 Parte 2 [Solo NS]

(a) Se contestó bien a esta pregunta formulada ya muchas veces.

(b) Esto se resolvió mal; muchos alumnos intentaron un planteamiento basado en el uso directo de $c = f\lambda$ llevando una velocidad espuria a la ecuación. Fue infrecuente el planteamiento basado en el uso del momento.

(c) (i) Esto también se resolvió mal. Los alumnos no identificaron el núcleo de argón como idea relevante de la argumentación; incluso cuando lo hicieron, tendieron a atribuir el origen de los fotones a las transiciones en la capa de electrones.

(ii) Muchos resolvieron bien el cálculo de la edad de la Tierra utilizando diversos planteamientos. Entre los planteamientos inválidos destaca un intento erróneo de utilizar una semivida proporcional.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

- Pedir a los alumnos que memoricen las definiciones
- Insistir en que los cálculos se presenten de una manera lógica y bien explicada
- Desarrollar argumentos lógicos por escrito
- Saber trazar una gráfica rápida y precisa de la relación entre dos variables
- Dominar las transformaciones algebraicas simples y la habilidad de trabajar con potencias en las ecuaciones

- Aprender a aprovechar bien el tiempo de lectura y a leer las preguntas con cuidado y atención

Prueba 3 del Nivel Superior

Bandas de calificación del componente

Calificación:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación:	0 - 7	8 - 15	16 - 23	24 - 29	30 - 34	35 - 40	41 - 60

Comentarios generales

La prueba mostró bien las diferentes habilidades. Aparentemente, la inmensa mayoría de alumnos tuvo tiempo suficiente para completar sus respuestas.

154 de 167 colegios de NS que respondieron encontraron apropiado el nivel de dificultad, mientras que 11 colegios lo consideraron demasiado difícil y dos demasiado fácil. 116 de 159 colegios de NS estimaron que la prueba era del mismo nivel que la del año pasado, mientras que 32 colegios la consideraron más difícil y 11 más fácil.

La mayoría de colegios de NS estimó que la presentación de la prueba y la claridad de la redacción eran buenas o satisfactorias. 19 colegios estimaron que la presentación de la prueba fue deficiente. Hubo comentarios por parte de los profesores respecto a la presencia de una página en blanco en la Opción I. No es la primera ocasión en que una Prueba 3 ha tenido este formato. Se recuerda a los alumnos que presten atención a las instrucciones internas del papel de examen y que se cercioren de que han respondido a todas las preguntas de cada opción.

La Opción E (Astrofísica) es la opción más popular, seguida de cerca por la G (Ondas electromagnéticas), I (Física médica), H (Relatividad). Fueron relativamente pocos los colegios que intentaron la opción F (Comunicaciones) o J (Física de partículas).

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

Dificultades generales (NS y NM)

- Identificar las frases clave o los datos de la pregunta.
- Cerciorarse de no haber saltado preguntas. Se recuerda a los alumnos que den la vuelta a las páginas.
- Tachar trabajo correcto y no reemplazarlo por una respuesta alternativa.

- Saber qué representan los símbolos en las fórmulas y ecuaciones del *Cuadernillo de datos*.
- Las potencias de 10 y los prefijos de unidades.
- El uso de la ley del inverso del cuadrado y la fórmula del área superficial de una esfera.
- Errores y despistes aritméticos y algebraicos. Los errores con la calculadora son demasiado habituales.
- Demostrar el trabajo en las preguntas de tipo “muestre que”. Expresar siempre más cifras significativas que las dadas.
- Presentación general de los desarrollos en las preguntas numéricas; debe mostrarse planificación y método.
- Ordenar la presentación de los hechos para elaborar una explicación o descripción.
- Uso de regla al dibujar diagramas. Puede ser muy útil incluso para los esquemas.
- Prestar atención a los términos de instrucción específicos, como “determinar”, “explicar”, “estimar”, etc.
- Prestar atención al número de puntos concedido por cada apartado. Con frecuencia los alumnos mencionan menos hechos clave de los requeridos.

Dificultades de nivel más alto

- Magnitudes aparente y absoluta de las estrellas y, en particular, la escala inversa.
- Aludir correctamente a la longitud de onda correspondiente al pico de una gráfica de cuerpo negro, no a una longitud de onda máxima.
- Los valores, en función de la masa solar, de los límites de Chandrasekhar y OV para las estrellas de neutrones.
- Distinguir los desplazamientos al rojo y al azul y advertir que el segundo es el de las galaxias que se aproximan.
- Las unidades convencionales y el valor aproximado de la constante de Hubble.
- La relación entre la frecuencia de muestreo y la velocidad de transferencia de datos (*bitrate*).
- Circuitos de amplificadores operacionales, tierra virtual, flujo de corriente y la condición de saturación.
- Ordenar los sucesos al explicar las comunicaciones por telefonía móvil.

- Conocer la función de un intercambio celular. Muchos creen que es un proceso.
- Esquemas de patrones de intensidad de difracción e interferencia y sus diferencias.
- Producción de rayos X y explicación de la longitud de onda mínima.
- Conocer el cambio de fase para las reflexiones “duras”.
- El mecanismo de producción de color para la luz blanca que incide sobre películas delgadas.
- Cinemática relativista, especialmente la simultaneidad y la dilatación temporal.
- Mecánica relativista, especialmente el uso de las unidades MeV, MeVc^{-1} and MeVc^{-2} .
- La definición del coeficiente de atenuación y el uso de unidades tales como el cm^{-1} .
- Los cálculos de dosimetría, incluidos cambios de eV a J y el uso de segundos para el tiempo.
- Conocer los símbolos y saber usar la ecuación de energía disponible para las colisiones de partículas.
- El funcionamiento de una cámara de hilos, aun siendo evidente una leve mejora.
- Los diagramas de Feynman, en particular el sentido del eje temporal para las antipartículas.
- La dispersión inelástica profunda y la libertad asintótica.

Partes del programa y del examen en que los estudiantes demostraron estar bien preparados

Los mejores alumnos han seguido el programa de estudios completo, muestran una buena comprensión, saben manejar ecuaciones, indican todos sus desarrollos de forma metódica y explican los conceptos con claridad. Los alumnos más flojos con frecuencia no llegan a leer la pregunta completa, muestran un conocimiento pobre de los conceptos, carecen de concisión y claridad en sus respuestas, no indican todos los desarrollos o utilizan la ecuación inapropiada. Está claro que muchos alumnos han estudiado pruebas pasadas y saben demostrar un buen conocimiento de las partes preguntadas habitualmente del programa de estudios. Los alumnos rinden a menudo mucho mejor en las preguntas de cálculos que en las preguntas que requieren recordar leyes, definiciones, experimentos y conceptos. Los alumnos más flojos suelen conseguir todos los puntos en cálculos, lo que parece indicar que eso sería a menudo lo único que han preparado. Las opciones A, B, E y G del NM y E, H, G e I del NS son muy populares y la mayoría de alumnos se esfuerzan por intentar estas preguntas.

Mejoras observadas en el NS

- Muy pocos alumnos responden menos o más de dos opciones.
- Se escriben las respuestas dentro de la casilla de respuesta provista.
- Se menciona el uso de hojas suplementarias dentro de la casilla de respuesta.

Se han visto mejoras en los conocimientos y la comprensión de las siguientes partes del programa de estudios:

- Interpretación de diagramas HR
- Definición de la ley de Hubble
- Interpretación de las formas de onda AM (moduladas en amplitud)
- Cálculos en decibelios
- Uso de la fórmula de Bragg
- Contracción de longitudes
- Cálculos en que aparece el factor de Lorentz (γ)
- Enunciado del principio de equivalencia
- Toma de imágenes por RMN (mejora muy notable)
- Estructura de los hadrones
- Números cuánticos y sus reglas de conservación

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

Nivel Superior (las preguntas marcadas * estaban también en la prueba NM)

Los comentarios * para las opciones de la E a la J también son aplicables a los alumnos del NM aunque algunos comentarios adicionales solo son aplicables al NM. Las preguntas exclusivas del NM se recogen en la sección NM P3 de este informe.

Opción E - Astrofísica

Es la opción más popular.

***E1. Estrellas** (a) se respondió bien, aunque a veces se omitió la referencia a la magnitud aparente a 10 pc. En (b)(i) y (b)(ii) faltó con frecuencia la explicación de por qué se elegía la estrella X y también a menudo se malinterpretaron las potencias de la tabla. Los alumnos se muestran inseguros muchas veces al indicar si la estrella Y tiene magnitud absoluta mayor o menor que la estrella X. Es menos ambiguo mencionar que la estrella Y tiene mayor luminosidad. (c)(i) se resolvió muy bien y solo una minoría cometió algún error aritmético,

como el olvido de la raíz cuadrada. En (c)(ii), la mayoría de los alumnos eligió una temperatura apropiada para una estrella roja y supo calcular el radio. Fueron demasiados los que eligieron una fórmula incorrecta para el área superficial. Casi todos identificaron la estrella X como una gigante o supergigante roja en (c)(iii) debido a su radio (~ 1 AU), y a su “baja” temperatura. Un error habitual en (d) consistió en aludir al espectro de “cuerpo negro”, pero la mayoría de los alumnos del NS (y algunos del NM) lograron obtener un punto al mencionar las líneas oscuras de absorción del espectro de una estrella. Algunos alumnos incluso mencionaron que las correcciones debidas al efecto Doppler son necesarias para ajustar las líneas a los espectros de emisión en laboratorio.

***E2. Cosmología** En (a) fueron demasiados los alumnos que no mencionaron características como que la radiación de fondo cósmico de microondas es radiación electromagnética de cuerpo negro con un pico en 2,7K, que no tiene una fuente específica, que es isótropa, etc. En (b)(i) la mayoría de las gráficas mostraron la longitud de onda en el pico de la radiación de cuerpo negro, pero no siempre la asimetría necesaria. No es correcto aludir a una “longitud de onda máxima” en (b)(ii); es mejor hablar de longitud de onda en el pico o de la longitud de onda en la intensidad máxima. Por lo general, no se mencionó en (b)(iii) el hecho de que el fondo cósmico de microondas fue una predicción específica del modelo del Big Bang, muy anterior a su descubrimiento.

E3. Evolución estelar [Solo NS] (a) (cociente de masas estelares) se respondió bien, aunque a veces la presentación del desarrollo fue deficiente. Por lo general, no se mencionó específicamente el agotamiento de hidrógeno, en (b)(i), como la causa de que una estrella abandone la secuencia principal. Muchos añadieron información innecesaria sobre la evolución posterior a una estrella de neutrones. Para (b)(ii) se demostró conocer los límites superiores o inferiores de la masa de una estrella de neutrones, pero raramente ambos. Se dio por válido el rango de 1,4 Ms a 2,5 Ms o 3 Ms. Con frecuencia se dieron los nombres de los límites, pero no los valores.

E4. Ley de Hubble [Solo NS] El enunciado de la ley de Hubble es una pregunta frecuente y se respondió bien por lo general. No obstante, son demasiados los alumnos que aún mencionan planetas o estrellas en lugar de galaxias o que omiten mencionar la velocidad de recesión. En (b)(i) el valor de la velocidad de M31 fue casi siempre correcto, pero faltó habitualmente la aclaración “hacia la Tierra”. Los cálculos de la constante de Hubble se hicieron bien en (b)(ii), con disparidad de unidades. Se esperaba que los alumnos aludieran al hecho de que M31 no es muy distante y que no muestra recesión como una razón por la que el valor de (b)(ii) sería inválido. Pocos lo hicieron. En su lugar, con frecuencia se mencionaron razones por las que hay una incertidumbre general en el valor de H, probablemente porque esta ha sido una pregunta más habitual en pruebas anteriores recientes. Al enseñar este tema, es evidente que se dispone en los libros de texto de un rango de valores para H. Aun cuando estos podrían quedar rápidamente desactualizados, el valor obtenido en (b)(ii) era alrededor de cinco veces mayor que el aceptado actualmente. Obviamente, se espera que los alumnos tengan una cierta idea del valor concreto.

Opción F - Comunicaciones

Esta opción fue elegida por pocos alumnos.

***F1. Modulación** (a) se resolvió bien, con solo algunos errores en la lectura de la gráfica de modulación. El error más habitual afectó a la identificación de las características de la gráfica que sirven para calcular la amplitud de la onda de señal. El espectro de potencia de (b) fue también por lo general correcto, mostrando bandas laterales con menor potencia.

Los alumnos del NM mostraron escasos conocimientos de este tema y simplemente parecieron responder de forma improvisada a partir de la gráfica.

***F2. Transmisión digital** En (a) muy pocos alumnos sabían que la frecuencia mínima de muestreo para la reproducción fiel de una forma de onda es el doble de la frecuencia de la señal. De ello se deriva que la frecuencia máxima de la señal sea de 22 kHz. En ocasiones se aludió a la teoría de Shannon - Nyquist, mencionada en la mayoría de libros de texto de física del IB. Hubo muchos valores erróneos para la velocidad de transferencia de datos (*bitrate*); muchos dividieron cuando deberían haber multiplicado.

***F3. Atenuación** (a) La mayoría conoce el significado del término “atenuación”, pero fueron bastante escasas las menciones de la pérdida de energía en cables debida al calentamiento por resistencia o a la radiación electromagnética. En (b) (i) los alumnos pasaron por alto a menudo la pérdida de señal de 13 dB que se permitía. No obstante, muchos se basaron en cálculos simples para determinar la necesidad de 35 amplificadores. (b)(ii) se respondió por lo general bien aludiendo a la menor atenuación (por km) en las fibras ópticas en comparación con los cables de cobre, aunque muchos afirmaron que la velocidad de la señal óptica es mayor. En realidad, son comparables.

En el NM, la mayoría intentó el cálculo pero se lograron pocos puntos. No se mostró suficiente conocimiento de las ventajas de las fibras ópticas, pero hubo alumnos que consiguieron lograr puntos con respuestas improvisadas o basadas en su propia cultura general.

***F4. Amplificador operacional** En (a)(i) los alumnos a menudo repitieron la pregunta al aludir a una señal amplificada e invertida y no a la oposición de polaridad/signo. (a)(ii) y (iii) no se resolvieron bien y muchos no supieron expresar que las corrientes de los dos resistores son casi iguales. (b) fue más fácil, pero con frecuencia se pasó por alto el signo negativo de la ganancia o la saturación de (b) (ii).

En el NM, las respuestas a estas preguntas estuvieron por lo general o muy bien o muy mal, dando la impresión de que había alumnos que las habían preparado bien y otros que no las habían preparado en absoluto.

***F5. Sistemas de telefonía móvil** Los alumnos no lograron muchas veces desarrollar sus respuestas en un orden lógico. Muchos interpretaron “intercambio celular” como un proceso, aunque el término (de *exchange* en inglés) corresponde al sistema informático físico; y, por ello, pensaron que la pregunta se refería simplemente a la transferencia que ocurre cuando un teléfono móvil cambia de célula. Esta pregunta tuvo un buen factor de discriminación y solamente la contestaron bien aquellos alumnos a los que presumiblemente se les enseñó a ordenar secuencialmente la exposición de la información. Se recomienda alentar el uso de listas enumerando la información, algo perfectamente aceptable en los exámenes. Incluso los alumnos más flojos pueden acertar con los cálculos, pero los alumnos más brillantes también han de saber manejar preguntas de tipo descriptivo como F5.

Opción G – Ondas electromagnéticas

Esta fue la segunda Opción más popular.

***G1. Propiedades de las ondas electromagnéticas** La mayoría respondió bien las dos partes. Un número reducido de alumnos no se percató de que se pedía rotular el diagrama de ondas o marcó solamente un punto sobre la onda para representar la longitud de onda. Con frecuencia los alumnos menos cuidadosos aludieron al hecho de que todas las ondas electromagnéticas se desplazan a la misma velocidad, pero omitieron añadir “en el vacío” o “en el espacio libre”.

***G2. Telescopio astronómico** (a)(i) era una pregunta de “muestre que”, pero muchos enunciaron simplemente la definición de longitud focal en respuestas largas y farragosas. Los

alumnos más hábiles recurrieron a la ecuación de la lente para mostrar que $d=f$ dado que $u=\infty$. Las respuestas oscilaron entre perfectas e imperfectas para los apartados (i), (ii) y (iii), aunque la mayor parte de los alumnos obtuvo puntos. El trazo de una línea auxiliar desde el extremo de l hasta el centro de la lente ocular permitió a muchos alumnos conseguir fácilmente un diagrama preciso. No todos los alumnos utilizaron reglas. La mayoría respondió bien (b).

***G3. Interferencia** (a)(i) se respondió sorprendentemente mal. Muy pocos mencionaron la diferencia de camino nula para la franja central. En (a)(ii) un error habitual consistió en pasar por alto el factor 2, necesario porque la distancia dada es la que hay entre M y el primer mínimo. En (b) muchos dibujaron bien la distribución de intensidad típica para las rendijas dobles. Con bastante frecuencia se presentó un patrón de difracción de rendija única; esto puntuó cero. Muchos habían consultado pruebas anteriores y sabían qué escribir en (c): máximos más estrechos y brillantes con el mismo espaciado.

G4. Rayos X (a)(i) Las preguntas de tipo “muestre que” o “demuestre que” implican que la respuesta final debe incluir un desarrollo detallado. No todos los candidatos son conscientes de este hecho. No obstante, la inmensa mayoría logró el primer punto al llevar los valores correctos a la ecuación de longitud de onda mínima. Para demostrar que se había llevado a cabo el cálculo era necesario indicar al menos una cifra significativa más que la dada en la pregunta. (a) (ii) se respondió mal. Los alumnos muchas veces repitieron la propia pregunta al escribir que se trataba de los rayos X más energéticos posibles, en lugar de aludir a la máxima energía (de 28 keV) con la que un electrón produce un único fotón. En (b) la separación presentada fue por lo general correcta, pero inevitablemente algunos alumnos pasaron por alto el factor 2 en la fórmula de Bragg o utilizaron un ángulo incorrecto.

G5. Interferencias de película delgada (a) Existe una inseguridad considerable entre los alumnos respecto a la superficie en la que se produce el cambio de fase durante la reflexión. (b)(i) dio dos puntos fáciles a la mayoría. Por el contrario, (b)(ii) se respondió mal. La mayoría de las veces solo se mencionaron la refracción, la difracción o la dispersión, pese a que la pregunta G5 indicaba claramente que trataba de las interferencias en películas delgadas. Es una muy buena costumbre para los alumnos leer con cuidado el enunciado de la pregunta antes de empezar, así como resaltar las frases o datos clave.

Opción H – Relatividad

***H1. Cinemática relativista** En (a) a veces faltó la expresión clave en reposo (respecto a un observador) en la definición de la longitud propia. Casi todos los alumnos respondieron bien a la totalidad de (b) (aunque no tan bien los alumnos del NM). La contracción de longitudes parece entenderse bien. En (c) se estima en un 1% el porcentaje de los alumnos que entendieron que la pregunta no tenía nada que ver con la luz que ve Albert. Casi todos los alumnos restantes explicaron que la luz “llegaba a Albert” en diferentes instantes. Esto es irrelevante. La pregunta no es sobre si Albert ve llegar la luz, sino sobre el momento en que la luz sale de una lámpara en concreto. Puesto que muchos colegios han presentado comentarios G2 poniendo en duda la corrección de la pregunta, se ofrece a continuación una explicación. El razonamiento es el siguiente: cada onda lumínica ha de desplazarse desde un suceso (la emisión) al siguiente suceso (recepción por parte de Mileva). Mientras las dos ondas lumínicas se desplazan a velocidad c , Albert ve a Mileva moviéndose hacia la izquierda, hacia las ondas de luz emitidas por la lámpara de la entrada. Por ello, él puede deducir que la luz de entrada recorrerá una distancia más corta hasta Mileva que la luz de salida en el sistema de referencia de él. Para que esa luz de la entrada llegue a Mileva al mismo tiempo que la luz de la salida, la lámpara de la entrada debe haberse encendido con posterioridad (cuál de las luces él ve primero dependerá del lado de Mileva en que se encuentre, pero esto no es parte de la pregunta). Pueden ayudar a visualizar estos sucesos diagramas de espacio-tiempo sencillos, aunque no se mencionen en la *Guía* de la

asignatura. Por fortuna, la mención al carácter constante de la velocidad de la luz salvó a veces un punto en esta pregunta. En (d) hubo muchas respuestas totalmente correctas, pero algunos alumnos se mostraron confusos respecto a la naturaleza exacta de los dos sucesos, que no tenía nada que ver con la longitud del túnel. Fueron demasiados los alumnos que no sabían quién medía el tiempo propio y quién el tiempo dilatado. Véanse los comentarios sobre H2 más adelante.

Los alumnos del NM respondieron menos bien a esta pregunta.

H2. Desintegración de muones [solo NS] (a) supuso dos puntos fáciles para la mayoría, al igual que (b)(i) con la semivida del muon en el sistema en reposo de la Tierra. En (b)(ii) no todos los alumnos aludieron a sus respuestas anteriores, como se pedía, para explicar la evidencia de la dilatación temporal. Se observa inseguridad sobre el significado de la expresión “dilatación temporal” y sobre quién la percibe. Los alumnos han de saber que “**dilatado**” quiere decir “mayor” o “más largo” y que se refiere al mayor tiempo transcurrido en dos relojes diferentes en el sistema del observador frente al “tiempo propio” más breve sobre un reloj en movimiento. En otras palabras, el tiempo transcurrido sobre el reloj en movimiento relativo (entre dos sucesos en los que está presente este reloj) es siempre menor que el transcurrido en los dos relojes del observador separados en el espacio. Este es un concepto muy difícil y los alumnos han de intentar dominarlo. Sin utilizar relojes es casi imposible comprender la dilatación temporal o la simultaneidad. Una vez más, los diagramas de espacio-tiempo son útiles para esto. Debido a esta malinterpretación hubo muchas alusiones al “tiempo que transcurre despacio **para** los muones”; esto es incorrecto. El tiempo del muon transcurre despacio **para** los observadores en la Tierra. La diferencia es sutil pero importante.

H3. Mecánica relativista [solo NS] En toda pregunta con unidades expresadas en función de c hay margen para la confusión. Pese a todo, muchos alumnos ya son capaces de utilizar correctamente la ecuación relativista de energía-momento. Fueron muchos los que respondieron bien (a), mientras que en (b) muchos calcularon γ correctamente para hallar V , pero fueron más los que se perdieron. Es sorprendente que nadie recurriera a “triángulos pitagóricos”, que facilitan mucho la comprensión de este tema.

H4. Relatividad general [solo NS] (a) Por lo general se enunció el principio de equivalencia, pero no siempre de forma clara. En (b) muy pocos alumnos supieron deducir lo que ocurriría. Muchos se percataron de que esto equivalía a un campo gravitatorio, pero no indicaron que el sentido de ese campo era hacia la izquierda. Pocos mencionaron que el helio es menos denso que el aire y que, por tanto, se desplazaría hacia la derecha, en el mismo sentido de la aceleración de la nave; hay que reconocer que esto es poco intuitivo. (c)(i) y (ii) supusieron dos puntos fáciles. Pero en (c)(iii) fueron demasiados los alumnos que simplemente afirmaron que la posición de la estrella debería también medirse de noche, sin darse cuenta de que de noche la estrella estaría aún “cerca” del Sol y por tanto no aparecería en el cielo nocturno. Se esperaba que se mencionara la medición de la posición de la estrella (¡de noche!) cuando no está “cerca” del Sol; p. ej. al cabo de seis meses. Lo más habitual fue que, incorrectamente, se aludiera a mediciones de la distancia a la estrella o de la masa del Sol. (c)(iv) se resolvió bien.

Opción I – Física médica

I1. Audición (a) La fórmula del nivel de intensidad fue enunciada correctamente por la mayoría, pero a veces no se definieron los símbolos, imprescindible para lograr el punto. (b)(i) era una pregunta de tipo “demuestre que”, que resultó en dos puntos para casi todo el mundo. La mayoría de los alumnos parece mostrar confianza al manejar dB. No obstante, el cálculo de la distancia a la que el nivel de intensidad cae hasta 90 dB fue demasiado difícil

para una mayoría de los alumnos, que o bien no supieron concretar qué valores usar o bien parecían no conocer la ley del inverso del cuadrado.

I2. Rayos X (a) Muy pocos supieron definir el coeficiente de atenuación. Fueron demasiados los alumnos que intentaron definirlo en función del espesor hemirreductor. Cuando se enuncia una ecuación como definición, los puntos se conceden solamente si se da el significado de cada símbolo. (b)(i) resultó difícil para el alumno que no se dio cuenta de que casi todos los rayos X de baja energía se atenuarían dentro del cuerpo, con lo que ni siquiera alcanzarían nunca el sensor. En cualquier caso, se podía responder bien a (b)(ii) aludiendo a la menor exposición a rayos X nocivos. Los errores aritméticos en (b)(iii) fueron habituales salvo para los que tuvieron la fortuna de trabajar en cm. Muy pocos lo hicieron así y el coeficiente de atenuación de 3 cm^{-1} se convirtió a menudo erróneamente a 30 mm^{-1} .

I3. Toma de imágenes por RMN Se respondió muy bien a los dos apartados de esta pregunta. Resulta evidente que las preguntas pasadas sobre toma de imágenes por RMN han dado fruto y la mayoría sabe ya enumerar la mayor parte de los principales principios físicos implicados.

I4. Radiación y dosimetría (a) resultó difícil cuando el alumno no tuvo en cuenta la expresión “para diagnósticos”. Algunos alumnos sabían que los rayos gamma penetran en los tejidos corporales de modo que se puede seguir la posición del isótopo; pero muchos solamente aludieron a la escasa capacidad de ionización de la radiación o creyeron que la radiación se utilizaba para la terapia. En (b) la mayoría de los alumnos se dio cuenta de que el daño al tejido sano era mínimo en el método 1. (c)(i) y (ii), referentes a la semivida física y biológica, supusieron tres puntos fáciles para la mayoría. Los alumnos más flojos simplemente reelaboraron la pregunta. Hubo pocas respuestas totalmente correctas en (c)(iii). Algunos pasaron por alto las 5,5 h, o bien no lograron trabajar en segundos; otros no supieron convertir los keV en J; otros cometieron errores con las potencias de diez y algunos cometieron todos estos errores juntos.

Opción J – Física de partículas

Fueron relativamente pocos los alumnos que eligieron esta opción.

***J1. [NM D2] Quarks e interacciones** (a) fue un punto fácil, pero se esperaba que se enunciara de manera muy específica la estructura de los mesones. En (b) fue infrecuente el cálculo de la magnitud de $h/4\pi$. Por lo general se enunció bien el principio de exclusión de Pauli en (c), pero en (c)(ii) apenas se mencionó el hecho de que el color es un estado cuántico. (d)(i) fue muy fácil, al igual que (d)(ii), aunque muchos no mencionaron la masa nula del fotón. (e) se respondió casi siempre bien.

J2. Producción de partículas En (a)(i) la respuesta habitual fue extrañeza = -3, correcta, como lo es la identificación de X como barión. En (b) el cálculo de la masa de X rara vez fue totalmente correcto. A veces se utilizó una masa errónea como objetivo, a veces se utilizó c en los cálculos (muchos alumnos tienen dificultades con estas unidades complicadas). A veces no se restaron las masas de los kaones de la energía disponible. Va mejorando el conocimiento del funcionamiento de la cámara de hilos, pero son demasiados los alumnos que la confunden con una cámara de chispas, un contador Geiger o una cámara de burbujas.

J3. El modelo estándar (a) y (b) Van mejorando las explicaciones de la libertad asintótica y de la dispersión inelástica profunda, pero aún suelen ser poco claras. Vale la pena establecer esto como tarea para casa ya que se pregunta con frecuencia. El diagrama de Feynman para la desintegración del bosón de Higgs de (c) fue a menudo solo parcialmente correcto. Un error habitual fue el de mostrar las antipartículas (positrones, antineutrinos) literalmente viajando hacia atrás en el tiempo. Naturalmente solo las flechas apuntan hacia atrás. Para

obtener puntos hacía falta mostrar la desintegración del bosón de Higgs en dos bosones W, seguida de al menos una de las desintegraciones de un bosón W en dos leptones.

J4. El universo primitivo (a) se contestó expresando las masas de las partículas en $\text{MeV}c^{-1}$ o en kg. Pero a menudo solo se utilizó una masa de electrón/positrón. La constante de Boltzmann se confundió a veces con la de Coulomb. Se encontraron muchas respuestas correctas. (b) se respondió muy mal ya que no quedaba claro que los alumnos se hubieran dado cuenta de que habría una distribución (de cuerpo negro) de energías de fotones para cualquier T dada.

Prueba 3 del Nivel Medio

Bandas de calificación del componente

Calificación:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación:	0 - 4	5 - 9	10 - 15	16 - 19	20 - 23	24 - 27	28 - 40

Comentarios generales

Las pruebas mostraron bien las diferentes habilidades. La inmensa mayoría de los alumnos tuvo aparentemente tiempo suficiente para completar sus respuestas.

Casi todos los colegios (157 de 163) consideraron el nivel de dificultad adecuado. 6 colegios lo vieron demasiado difícil. Ninguno lo encontró demasiado fácil.

115 de 152 colegios consideraron que la prueba tenía el mismo nivel que el año pasado. 24 centros la vieron más difícil. 13 la encontraron más fácil que el año pasado.

Casi todos los colegios consideraron que la claridad de la redacción y la presentación de la prueba eran buenas o satisfactorias. Tres colegios consideraron que la claridad de la redacción o la presentación eran deficientes.

Las opciones A (Visión y fenómenos ondulatorios), E (Astrofísica), B (Física cuántica) y G (Ondas electromagnéticas) continúan siendo las más populares, mientras que las opciones C (Tecnología digital), D (Relatividad y física de partículas) y F (Comunicaciones) son elegidas por muchos menos alumnos.

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

- La profundidad de visión es un concepto poco comprendido.
- Resolución – dibujar diagramas ordenados para mostrar el caso en que los patrones quedan apenas resueltos.
- Resolución – los cálculos para hallar la distancia máxima y el efecto de los cambios en la longitud de onda.

- Teoría de dualidad onda-partícula en relación al efecto fotoeléctrico.
- Cálculos relativos al efecto fotoeléctrico.
- Niveles de energía nuclear – muchos alumnos aludieron a las transiciones de electrones.
- Niveles de energía nuclear – revelados por los espectros alfa y gamma discretos.
- Formación de imágenes sobre un dispositivo acoplado por carga (CCD).
- Cálculos relativos al aumento y a la resolución de imágenes.
- Simultaneidad – muchos adoptaron planteamientos equivocados al responder a esta pregunta.
- El espín nuclear en relación con la RMN.
- Masas y alcances de las partículas de intercambio.
- Uso de información numérica sobre las estrellas para comparar distancias.
- Mala comprensión de la naturaleza y relevancia de la radiación del fondo cósmico de microondas.
- Mala comprensión de la limitación impuesta a la potencia de la señal de salida.

Partes del programa y del examen en que los estudiantes demostraron estar bien preparados

Los mejores alumnos han seguido el programa de estudios completo, muestran una buena comprensión, saben manejar ecuaciones, indican todos sus desarrollos de forma metódica y explican los conceptos con claridad. Los alumnos más flojos con frecuencia no llegan a leer la pregunta completa, muestran un conocimiento pobre de los conceptos, carecen de concisión y claridad en sus respuestas, no indican todos los desarrollos o utilizan la ecuación inapropiada. Está claro que muchos alumnos han estudiado pruebas pasadas y saben demostrar un buen conocimiento de las partes preguntadas habitualmente del programa de estudios. Los alumnos rinden a menudo mucho mejor en las preguntas de cálculos que en las preguntas que requieren recordar leyes, definiciones, experimentos y conceptos. Los alumnos más flojos suelen conseguir todos los puntos en cálculos. Las opciones A, B, E y G del NM y E, H, G e I del NS son muy populares y la mayoría de alumnos se esfuerzan por intentar estas preguntas

Mejoras observadas en el NM

- Preguntas numéricas simples con una sola ecuación.
- Descripciones y diagramas de ondas estacionarias.
- Efecto Doppler.

- Desintegración radiactiva.
- Ventajas de las grabaciones digitales sobre las analógicas.
- Cálculos de longitudes, distancias y tiempos de objetos a velocidades relativistas.
- Discos compactos / almacenamiento digital.
- Opción D (solapada con la Opción H) – Cálculos de cinemática relativista.
- Hadrones y el principio de exclusión de Pauli.
- Cálculos y de distancias y radios estelares.
- Interpretación de ondas con amplitud modulada.
- Diagramas de rayos.
- Aumento angular

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

Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios

Fue la segunda opción más popular del NM.

A1. Profundidad de visión (a) se respondió mal y la mayoría apenas tenía idea del contexto, pues hubo muchos que mencionaron la visión 3D o la capacidad de resolver puntos. (b) también se respondió mal aunque unos pocos alumnos comprendieron que tenía que ver con cambios en el tamaño del iris/pupila y lograron anotarse un punto. Un número reducido de alumnos logró un punto al indicar también que la profundidad de visión aumentaba, pero sin demostrar haber entendido la pregunta.

A2. Ondas estacionarias (a) y (b) se resolvieron por lo general bien. Los alumnos perdieron puntos al dejar parte de la respuesta en blanco o al no calcular correctamente el período de oscilación para aplicarlo al dibujo de la línea en el instante de 2,0 ms. (c) se respondió mal y hubo solo unas pocas respuestas que aludieron a la resonancia forzada o al desplazamiento en el punto M. Muchos describieron la formación de ondas estacionarias como la superposición de ondas incidente y reflejada, por ser una pregunta frecuentemente formulada. (d) se respondió bien, aunque unos pocos alumnos expresaron las respuestas en función de la longitud de onda. Bastaba con contestar 500Hz para obtener el punto.

A3. Efecto Doppler (a) se resolvió bien al tratarse de una pregunta habitual. No obstante, ha habido aún algunas respuestas que no se basaban claramente en el movimiento relativo y a veces se concedió el beneficio de la duda. (b) se resolvió mayoritariamente bien, aunque algunos alumnos utilizaron la fórmula para las ondas electromagnéticas o aplicaron mal la fórmula. Un error habitual consiste en confundir las fórmulas para la fuente en movimiento y para el observador en movimiento; la regla es “el observador arriba”. Algunos alumnos omitieron indicar el intervalo después de calcular los límites superior e inferior de la frecuencia.

A4. Resolución (a) se resolvió mal pese a algunas respuestas excelentes. Unos pocos alumnos incluyeron ambas distribuciones, pero a menudo desplazadas, con una centrada en el eje. Los alumnos han de cerciorarse de leer con atención la pregunta para asegurarse de que sus diagramas se ajustan a lo que se pide. Hubo disparidad de respuestas a (b)(i) y muchos alumnos lograron los dos puntos. Entre los errores observados destacan el olvido del factor 1,22, la confusión entre el diámetro de la pupila y la separación de los puntos, así como fallos al combinar todos los números. De manera análoga, (b)(i) se resolvió mal y solo unos pocos alumnos entendieron que la respuesta guardaba relación con la longitud de onda de la luz, no siempre sabiendo expresar cómo esto afecta a la posibilidad de resolución. No se dieron puntos por decir únicamente que los puntos quedaban no resueltos. Al tratarse de una pregunta de tipo “determine”, había que justificar la respuesta.

Opción B – Física cuántica y física nuclear

B1. Efecto fotoeléctrico A la mayor parte de los alumnos le costó lograr puntos en (a)(i) y (a)(ii) porque claramente no entendían lo que se pedía en la pregunta y simplemente describieron el efecto fotoeléctrico en función de partículas y ondas. Aunque los alumnos han mejorado su preparación para explicar por qué el modelo del fotón supone una mejora, las respuestas siguen siendo relativamente flojas. (b)(i) se resolvió mal y muchos alumnos no se dieron cuenta de que tenían que utilizar la pendiente de la curva para determinar la constante de Planck. Algunos alumnos “se sabían” la respuesta y parecen haber razonado hacia atrás. (b)(ii) fue más sencilla y muchos alumnos lograron el punto por el corte con el eje y. Hubo disparidad de respuestas a (b)(iii) con planteamientos muy diversos. Fueron bastantes los alumnos que intentaron usar la ecuación de onda, insertando la velocidad de la luz; es un error habitual pensar que las ondas de De Broglie son radiación electromagnética. Muchos igualaron la energía de los electrones con la energía de los fotones al olvidar que la pregunta contenía la expresión “Utilice la gráfica para calcular”. Esta es una situación en la que un enfoque ordenado puede ayudar mucho al alumno a conseguir puntos.

B2. Niveles de energía nuclear y desintegración radiactiva Los alumnos respondieron a (a) con fortuna dispar. Aquellos que se percataron de que la pregunta se refería a la física nuclear y no a la física atómica supieron por lo general aludir de alguna manera a la naturaleza discreta de los espectros alfa y gamma. (b)(i) resultó fácil para la inmensa mayoría de los alumnos. Un número alto de alumnos mencionó los neutrinos en (b)(ii), pero sin saber relacionarlos con la naturaleza continua del espectro beta. (b)(iii) se respondió mal aunque se concedió a veces el beneficio de la duda cuando se mencionaba la transición desde un nivel más alto a otro más bajo. Muchos alumnos mencionaron las transiciones electrónicas/atómicas. La mayoría de los alumnos respondió bien a (c), aunque hubo aún bastantes que se basaron en una “suposición razonada” interpolando entre semividas. El uso de logaritmos no pareció provocar muchas dificultades a aquellos alumnos que partieron del planteamiento correcto.

Opción C – Tecnología digital

Esta opción fue elegida por pocos alumnos.

C1. Discos compactos y dispositivos acoplados por carga (a) se resolvió bien y la mayoría de los alumnos logró los dos puntos mencionando llanos (*lands*) y pozos (*pits*), unos y ceros. (b) es una pregunta típica, en la que de nuevo la mayoría de los alumnos logró los dos puntos, aunque son discutibles respuestas del tipo de “más fácil de acceder”. (c) se resolvió mal ya que las respuestas, en su mayor parte, no se centraron en la información esencial. Se esperaba que se empezara la explicación aludiendo a los fotones entrantes. Muchos alumnos intentaron responder (d) pero, una vez más, se liaron con los diferentes pasos del proceso. Hubo muchos errores con las potencias de diez y solo unas pocas respuestas correctas.

Las preguntas desde la C2 en adelante estaban también en la prueba 3 del NS. Están marcadas con * en esa sección.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Los temas de las opciones permiten a los alumnos experimentar algunas de las áreas más estimulantes e interesantes de la física. No obstante, no se debe subestimar la importancia de los principios fundamentales de la materia. Las definiciones y los enunciados de las leyes se expresan a veces de forma deficiente o improvisada. En general, los alumnos tienden a rendir peor en las partes descriptivas de las preguntas, en las que suele radicar la diferencia entre las notas mediocres y buenas. Al asignar ejercicios para el estudio en solitario, resulta útil para los alumnos que se les den no solo preguntas numéricas, sino también muchas preguntas de respuesta elaborada que estén calificadas con rigor. Las pruebas pasadas proporcionan la oportunidad para la práctica fundamental con el estilo de preguntas que se encontrarán los alumnos. Dar a los alumnos respuestas modelo (así como esquemas de calificación pasados) les permite comprender el nivel de respuestas que se espera. Estas están muchas veces disponibles en los libros de texto de física del IB. Se debería alentar la identificación de las expresiones clave de las preguntas, dada la frecuencia con la que se pasan por alto instrucciones o datos. La puntuación de cada pregunta, indicada en el margen de la hoja, es un indicio útil del nivel de detalle exigido en la respuesta.

A todos los alumnos se les debería dar la *Guía de Física* y el *Cuadernillo de datos* del IB. Ambos son materiales de aprendizaje imprescindibles y muy útiles como lista de comprobación durante el repaso. La guía de la asignatura y el *Cuadernillo de datos* están disponibles en una versión anotada por profesores, con referencias a las páginas de los libros de texto, direcciones de sitios web y referencias a preguntas de pruebas pasadas. Aunque su uso requiere tiempo, es muy cómodo ya que ambos documentos están en formato digital. Si no se pueden proporcionar en este formato al principio del curso, las anotaciones pueden ser añadidas por los alumnos durante el transcurso del curso. Se aconseja a los profesores que dediquen sesiones, durante el repaso, a explicar el uso de todas las ecuaciones y datos del *Cuadernillo de datos*.

Los comentarios G2 de los colegios a menudo incluyen quejas de que las preguntas piden información que no se encuentra en la guía como, por ejemplo, que las estrellas de clase M tienen una temperatura superficial de aproximadamente 3000 K, o el significado de la profundidad de visión. Es importante recordar que la guía de la asignatura proporciona un marco, una lista de metas y objetivos, y no pretende ser un listado definitivo de hechos. Hay varios libros de texto excelentes que interpretan los diversos objetivos. Los planes de trabajo de los departamentos de física recurrirán normalmente a muchas fuentes de información adicionales en línea. El Centro pedagógico en línea, Wikipedia, Hyperphysics, CERN, NASA, Physics.org, outreach.atnf.csiro.au, phys.unsw.edu.au, etc. etc. proporcionan abundante material relevante e inspirador. Este tipo de recursos puede ser organizado por los profesores en forma de una herramienta docente muy valiosa para complementar los libros de texto en la enseñanza de cada una de las opciones (y de los temas troncales).