

## Física (zona horaria 2)

### Bandas de calificación

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Rango de puntuaciones:</b>	0 - 16	17 - 29	30 - 41	42 - 51	52 - 62	63 - 71	72 - 100

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Rango de puntuaciones:</b>	0 - 14	15 - 26	27 - 38	39 - 48	49 - 58	59 - 68	69 - 100

### Evaluación interna del Nivel Superior

#### Bandas de calificación del componente

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

### Evaluación interna del Nivel Medio

#### Bandas de calificación del componente

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

## Comentarios generales

La moderación de la EI (evaluación interna) para la convocatoria de exámenes de noviembre de 2014 se desarrolló sin dificultades significativas. La mayoría de los centros llevaron a cabo las investigaciones establecidas para la evaluación y proporcionaron comentarios y anotaciones detallados para la evaluación. Esto sirvió de gran ayuda para los moderadores. La mayoría de los informes de los alumnos se hicieron con procesador de texto y las gráficas se generaron con aplicaciones gráficas.

## Ámbito y adecuación del trabajo entregado

La mayoría de los colegios ha seguido un programa práctico muy completo y los profesores han evaluado trabajos apropiados. No obstante, son cada vez más los colegios que asignan solamente dos trabajos de investigación para la evaluación, lo que limita las posibilidades del alumno de lograr notas más altas. Se ha dado un uso generalizado de tecnologías de la información y se están llevando a cabo muchas tareas de laboratorio tradicionales. Una tendencia peculiar de esta convocatoria de exámenes consiste en que algunos colegios han estado asignando simulaciones informáticas para tareas de laboratorio con evaluación bajo tres criterios. Aunque no se prohíbe el uso de simulaciones, los alumnos y los profesores han de tener sumo cuidado de asegurarse de que la simulación escogida abarca los aspectos del criterio evaluado.

## Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

### Diseño (D)

La mayor parte de los colegios utiliza propuestas de diseño consolidadas. En unos pocos casos, sin embargo, las propuestas no fueron adecuadas al dar el profesor al alumno una fórmula relevante junto a la variable independiente. Las buenas propuestas de diseño son aquellas que llevan a los alumnos a buscar una función entre dos variables y no un valor concreto como la gravedad o el calor específico de un líquido desconocido. Debe recordarse a los alumnos que para lograr la nota completa en Diseño es necesario definir las variables (y que 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. 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. 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. Se espera que se presenten los datos en gráficas y, de hecho, esto se exige para la evaluación completa en OPD.

### 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 esta intuición se pueden examinar los extremos del rango de datos, el origen de la gráfica o el punto de corte con el eje y en busca de un significado físico. Los alumnos pueden incluso dar alguna interpretación física de la relación general. Es necesario que los profesores se fijen en ello cuando califican el aspecto 1 como completo, ya que a menudo los moderadores tuvieron que cambiar una puntuación “completa” por una “parcial”. La evaluación de la CE es mejor cuando los alumnos han diseñado y llevado a cabo la investigación por sí mismos. Muchos alumnos construyen dos columnas paralelas para los aspectos 2 y 3 de la CE. Esto les ayuda a aclarar las ideas.

## Recomendaciones 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 varias oportunidades de ser evaluados, quizás tres o cuatro, a partir de las que obtener las dos más altas para la EI de cada criterio.

Puesto que la puntuación de la EI forma parte de la calificación global de BI, es importante que los alumnos trabajen en solitario. Deben obtener sus propios datos, decidir cómo procesarlos y escribir solos el informe. No se permite el trabajo en grupo, pero los alumnos pueden ayudarse mutuamente en el manejo físico del instrumental.

Aunque muchos colegios tienen correctamente en cuenta los errores y las incertidumbres, para otros colegios sigue siendo una de las áreas más flojas. Es necesario que los profesores evalúen apropiadamente el tratamiento de las incertidumbres en el trabajo de laboratorio, en particular al expresar la pendiente y su incertidumbre en gráficas lineales.

Los profesores han de tener en cuenta que por lo general resulta demasiado difícil conseguir mejoras en experimentos tradicionales y muy consolidados para la CE. Por este motivo, no se debería evaluar a los alumnos en CE cuando se realizan investigaciones tradicionales y consolidadas propias de la educación secundaria.

## Otros comentarios

Los profesores deben asignar tareas apropiadas al realizar la EI. Solo unos pocos colegios no se dieron cuenta de ello y las puntuaciones de estos colegios tuvieron que ser ajustadas. Se recuerda a los profesores que una investigación de diseño no pretende ser un proyecto de investigación científica, que en diseño no se esperan hipótesis y que el profesor no debe sugerir la variable independiente al alumno.

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 el alumno ha modificado de forma significativa la pregunta o sugerencia del profesor (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 en 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 para realizar el procesamiento de los datos. Para la evaluación en 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, dependiendo de la concreción de las preguntas del profesor y de la calidad de las respuestas del alumno, la puntuación máxima será "parcial" para cada aspecto en el que el alumno haya recibido orientación. 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 exigencia.

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 vuelve 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; 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**

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Rango de puntuaciones:</b>	0 – 10	11 – 15	16 – 20	21 – 23	24 – 27	28 – 30	31 – 40

## Nivel Medio - Prueba 1

### **Bandas de calificación del componente**

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

## Comentarios generales

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

Todos los años se recibe de los profesores algún comentario de que la prueba 1 o la 2 no está equilibrada en cuanto a la cobertura del programa de estudios. Debe observarse, no obstante, que estas dos pruebas juntas pretenden proporcionar una evaluación válida del programa de estudios al completo, tanto en contenidos como en habilidades. Las habilidades específicas que deben ser estimuladas en los alumnos para resolver bien las preguntas de opción múltiple se describen en la sección final de este informe.

Solo un pequeño porcentaje del número total de profesores y de colegios devolvió los impresos G2. Para el NM hubo 112 respuestas de 806 colegios, y para el NS 153 respuestas de 776 colegios. Al mismo tiempo que damos las gracias a quienes se molestaron en darnos la información solicitada en los impresos G2, rogamos a todos los colegios su colaboración; se presta gran atención a los comentarios de los profesores.

Las respuestas recibidas han indicado que las pruebas tuvieron en general una buena acogida; muchos de los G2 recibidos contenían 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 33% en el caso del NS (y un 17% en el del NM) encontró la prueba más difícil que la de mayo de 2013.

Con pocas excepciones, los profesores han considerado que la presentación de las pruebas y la claridad de la redacción han sido satisfactorias o buenas. Hubo comentarios señalando que algunas de las preguntas tenían una redacción demasiado prolija para aquellos alumnos para los que el idioma de la prueba fuera un segundo idioma.

### 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 (quizá sería mejor llamarlo 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 mayor índice de discriminación indica que una mayor proporción de los mejores alumnos 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	560	4568	844	494	14	70,49	0,48
2	378	102	4253	1737	•	65,63	0,47
3	165	3775	2017	513	•	58,26	0,37
4	1009	379	1136	3928	28	60,62	0,29
5	1353	3158	1313	640	16	48,73	0,47
6	4160	717	1227	335	41	64,2	0,52
7	1018	3770	1059	595	38	58,18	0,5
8	2973	1403	642	1452	10	45,88	0,43
9	840	130	242	5261	7	81,19	0,32
10	941	396	140	4997	6	77,11	0,28
11	4657	703	495	616	9	71,87	0,38
12	1525	2259	1459	1205	32	22,52	0,1
13	4374	911	533	646	16	67,5	0,53
14	638	447	283	5095	17	78,63	0,42
15	1291	3418	1060	689	22	52,75	0,54
16	696	3712	1647	408	17	57,28	0,43
17	1079	1609	2988	788	16	46,11	0,36
18	2931	689	2518	285	57	45,23	0,44
19	3460	878	475	1617	50	24,95	0,11

20	221	974	2320	2960	5	35,8	0,26
21	881	1504	2422	1644	29	37,38	0,28
22	1170	156	4680	465	9	72,22	0,28
23	316	1321	681	4140	22	63,89	0,45
24	420	4648	280	1086	46	71,73	0,28
25	2024	3368	948	97	43	51,98	0,46
26	5417	188	472	397	6	83,6	0,21
27	449	5434	551	41	5	83,86	0,29
28	975	918	1593	2971	23	24,58	0,07
29	1144	2344	1255	1689	48	36,17	0,46
30	4562	258	107	1535	18	70,4	0,52
31	1632	695	656	3467	30	53,5	0,5
32	2680	958	2527	282	33	41,36	0,52
33	3383	875	1594	596	32	9,2	0,07
34	174	5974	280	40	12	92,19	0,18
35	811	985	2187	2441	56	37,67	0,33
36	1590	486	3676	701	27	56,73	0,29
37	4422	172	727	1135	24	68,24	0,44
38	188	619	711	4928	34	76,05	0,35
39	688	1704	1267	2704	117	41,73	0,53
40	783	713	4615	337	32	71,22	0,44

Número de alumnos: 6480

### Análisis de las preguntas de la prueba 1 del NM

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	624	2827	1095	542	10	55,45	0,55
2	320	1359	1050	2355	14	46,19	0,59
3	532	207	2796	1560	3	54,85	0,46
4	207	2581	1931	374	5	50,63	0,33
5	951	393	1041	2707	6	53,1	0,32
6	3277	1176	371	267	7	64,28	0,38
7	2585	1629	456	407	21	50,71	0,38
8	584	109	4224	172	9	82,86	0,28
9	1096	1030	1097	1860	15	36,48	0,33
10	918	152	309	3714	5	72,85	0,47

11	1172	551	235	3135	5	61,49	0,38
12	1143	1635	170	2146	4	32,07	0,42
13	2710	950	678	747	13	53,16	0,52
14	871	482	640	3093	12	60,67	0,66
15	891	2800	694	698	15	54,92	0,37
16	153	2323	944	1671	7	45,57	0,53
17	326	1223	1364	2176	9	26,76	0,28
18	777	1244	1723	1343	11	33,8	0,29
19	1316	630	887	2252	13	44,17	0,47
20	1512	365	2709	500	12	53,14	0,42
21	312	1420	832	2513	21	49,29	0,48
22	3364	531	661	531	11	65,99	0,56
23	679	3562	775	66	16	69,87	0,44
24	446	1331	2532	767	22	49,67	0,39
25	355	4243	452	42	6	83,23	0,3
26	1148	839	1750	1331	30	26,11	0,34
27	1254	343	2791	684	26	54,75	0,28
28	1193	307	2547	1008	43	49,96	0,5
29	2751	236	818	1270	23	53,96	0,51
30	1423	1909	254	1483	29	27,91	0,33

Número de alumnos: 5098

### Comentarios sobre el análisis

#### Dificultad

El índice de dificultad varía desde alrededor de un 9% en el NS y de un 26% en el NM (preguntas relativamente “difíciles”) hasta alrededor de un 92% en el NS y de un 83% 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.

#### Discriminación

Todas las preguntas presentaron un valor positivo para el índice de discriminación. Lo ideal sería que el índice fuera aproximadamente mayor de 0,2. 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. 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, hubo un pequeño número de respuestas en blanco dispersas por toda la prueba con un ligero incremento hacia el final. Esto podría indicar que algunos alumnos no dispusieron del tiempo suficiente para completar sus respuestas, mientras que otros dejaron de lado las preguntas de las que no estaban seguros. Debe recordarse a los alumnos que no

hay penalización por las respuestas incorrectas. Por lo tanto, si se desconoce la respuesta correcta, debería hacerse una suposición razonable. En general, debería ser posible eliminar algunas de las respuestas de "distracción", lo que aumenta la probabilidad de elegir la correcta. Si los alumnos se centran en seleccionar la respuesta correcta, y no en obtenerla (como pudiera ser en la prueba 2), entonces deberían tener tiempo suficiente para completar todas las preguntas y poder revisar las dudosas.

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

El rendimiento de los alumnos en cada una de las preguntas individuales 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 Pregunta 4 y NS Pregunta 3

Algunos profesores comentaron que los alumnos no deberían tener que contar cuadrados. Sin embargo, bastaría con trazar una línea vertical desde la flecha de la reacción y extender la línea de rozamiento hacia atrás para revelar que C y D son incorrectas.

#### NM Pregunta 5 y NS Pregunta 4

Los alumnos caen a menudo en el error conceptual de que habría condiciones para poder aplicar la tercera ley de Newton. Ha de enfatizarse que siempre se cumple, independientemente de consideraciones de energía o momento, y que no depende del estado de movimiento de los cuerpos en contacto.

#### NM Pregunta 11 y NS Pregunta 10

Los alumnos deben aprender las definiciones. Hay condiciones (tales como presión variable) para las que puede modificarse la temperatura de un cuerpo que cambia de fase. Cuando es así, el calor específico no es aplicable.

#### NM Pregunta 17 y NS Pregunta 20

Muchos alumnos se vieron distraídos por la opción D y hubo unos cuantos comentarios de profesores en los que se sugería que esa opción debería haberse dado por buena. Pero D no es cierta, ya que en la mayor parte de los casos la corriente variable alteraría la temperatura del cable, provocando un cambio en la resistencia. Solamente es cierto cuando se mantiene constante la temperatura, que es precisamente el enunciado correcto de la ley de Ohm. La opción C es un enunciado alternativo de la ley de Ohm, dado que la resistencia se calcula en toda situación a partir de  $V/I$ .

#### NM Pregunta 18 y NS Pregunta 21

Al tratarse de lámparas idénticas, se puede asumir que su brillo dependerá bien de la corriente que pasa por ellas o bien del voltaje a través de ellas; lo que sea más fácil de obtener. (Nótese que si se hubiera tratado de lámparas no idénticas, entonces habríamos tenido que obtener la potencia,  $VI$ , para deducir el brillo).

Al abrir el interruptor se aumentará la resistencia total del circuito, reduciéndose la corriente a través de  $W$ . Así pueden eliminarse  $B$  y  $D$ . Y abrir el interruptor incrementará también el voltaje a través de  $Y$ , desde  $V/3$  hasta  $V/2$ . De donde se obtiene  $C$

NM Pregunta 20 y NS Pregunta 22

Es otro caso en el que se pide a los alumnos que aprendan una definición y la identifiquen bien.

## Preguntas del NS

Pregunta 5

Los alumnos deberían comprender la terminología técnica, como “disipado”, incluso si están trabajando en un segundo idioma.

Pregunta 6

Este es un ejemplo perfecto de pregunta que puede “verse” sin cálculo alguno. Si  $\theta$  es cero, la altura será cero, por lo que tendrá que ser  $A$  o  $C$ . Al considerar las unidades,  $C$  daría un tiempo (segundos), por lo que debe ser descartada.

Pregunta 8

Se pide a los alumnos que den la mejor respuesta.  $A$  es posible, pero lo más importante es que  $B$ ,  $C$  y  $D$  son claramente incorrectas para cualquiera que entienda el concepto de equipotencial. Luego debe elegirse  $A$ .

Pregunta 11

Hay dos cambios que se producen al ir de  $X$  a  $Y$ . Un simple esquema trazado mientras se lee el enunciado debería mostrar hacia dónde va la proporcionalidad. Al no haber cuadrados en  $pV = nRT$ , la respuesta tiene que ser  $A$ .

Pregunta 12

Se evidenciaron muchas respuestas al azar en esta pregunta, que atrajo comentarios negativos de algunos profesores. Pero tanto  $A$  como  $B$  son lógicamente equivalentes, por lo que han de ser incorrectas. Una expansión adiabática no conlleva intercambio térmico con el entorno, por lo que no afectará a la entropía del entorno local. Luego  $C$  ha de ser correcta por eliminación.

Pregunta 18

Es lógico que al aumentar  $D$  aumente también la anchura del máximo central. Luego B y D (ambas con  $D$  en el denominador) pueden ser eliminadas. Basta con un esquema de la gráfica del patrón de difracción para una rendija única para demostrar que A es la opción correcta.

Pregunta 19

Se resolvió mal y más de la mitad de los alumnos eligieron A. Bastaba con que los alumnos recordaran el ángulo de Brewster, que afecta a la tangente del ángulo, para poder eliminar B y C (como hizo la mayoría). Para elegir entre A y D, en cambio, hace falta analizar la situación como se muestra (y no precipitarse a sacar conclusiones por analogía con diagramas conocidos).  $\theta$  es el ángulo con la superficie, no el ángulo de incidencia. Luego A tiene que ser incorrecta.

Pregunta 28

Esta pregunta requería una lectura atenta. La estadística sugiere que muchos alumnos se precipitaron e intentaron adivinar la respuesta. La pregunta no era cuál de las afirmaciones es verdadera, sino cuál de ellas muestra que la luz consta de fotones. Claramente I sería verdadera si la luz tuviese naturaleza ondulatoria o fotónica, por lo que D, la respuesta más popular, tiene que ser incorrecta.

Pregunta 29

Esta pregunta arrojó un muy buen índice de discriminación, pero hubo muchas respuestas al azar entre los alumnos más flojos.

Los alumnos deberían estar familiarizados con el hecho de que la longitud de onda de De Broglie aumenta cuando lo hace la velocidad de la partícula, lo que elimina de inmediato C y D. Y al calcular el cambio en longitud de onda (que no es necesario), debe utilizarse la igualdad energía cinética = energía potencial. Esta igualdad implica el cuadrado de la velocidad, luego B tiene que ser cierta.

Pregunta 32

C fue una respuesta habitual, pero incorrecta. Los alumnos han de saber que el núcleo tiene sus propios niveles discretos de energía, que se manifiestan en la emisión de una partícula  $\gamma$ .

Pregunta 33

Fueron bastante más del 50% los alumnos que eligieron A y que parecieron no ser conscientes de que cuando decimos que un elemento tiene “una semivida muy larga”, con toda probabilidad nos referimos a magnitudes de tiempo que exceden con creces la duración de una vida humana. Por ello, no es posible volver más tarde y encontrar una disminución apreciable de la actividad de la muestra. La guía del programa de estudios alienta claramente a los profesores a considerar cómo medir semividas muy largas y esto solamente puede

hacerse independientemente del tiempo. Luego tiene que ser D. Nótese que el enunciado no especifica que la muestra sea pura.

## Preguntas del NM

### Pregunta 9

Hubo muchas respuestas al azar; incluso A y C resultaron opciones populares. Esto parece sugerir que muchos alumnos no comprendieron la situación – una mosca cerca del centro de una rueda de bicicleta dando vueltas se desplazará más lentamente que una que se encuentre sobre el borde. Por ello, A y C deberían haberse descartado de inmediato por puro sentido común. Dado que la velocidad y también el radio pasan de la situación X a la Y, es más fácil utilizar la fórmula  $a = \omega^2 r$  (donde  $\omega$  es constante) para comprobar que la aceleración es mayor en Y. De manera alternativa, podemos imaginarnos que Y estuviera en el borde exterior de una gran noria de feria para darnos cuenta de que las fuerzas en tal caso (y, por tanto, la aceleración) serán mayores.

### Pregunta 12

Los alumnos más flojos optaron por D. Pero D no responde a la pregunta, que pide una explicación del aumento de temperatura.

### Pregunta 15

El oscilador de cuarzo se menciona explícitamente en la guía (4.3.6). Pero incluso una comprensión holística de la función y la naturaleza del amortiguamiento conduciría a la eliminación de A, B y C, algo con lo que los alumnos deberían estar familiarizados.

### Pregunta 24

Muchos alumnos eligieron B, presumiblemente asumiendo que los neutrones no tendrían masa.

### Pregunta 30

Es un error conceptual frecuente, que evidencia la estadística, que la capa de ozono de alguna manera desempeñaría un papel significativo en el calentamiento global.

## Recomendaciones y orientación para la docencia a futuros alumnos

Las preguntas de opción múltiple proporcionan una manera excelente, motivadora y muy eficaz en el 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 test 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. Debe alentarse a los alumnos a desarrollar estrategias

para aislar la respuesta correcta, en lugar de deducirla como harían en una prueba 2. Entre las estrategias que permiten resolver con éxito las preguntas de opción múltiple estarían:

- Eliminar las respuestas claramente erróneas.
- Tener en cuenta las unidades. Hay evidencia abundante de que no se está enseñando a los alumnos la importancia y la necesidad de las unidades. Se menciona para ayudar al alumno, no para incomodarle, y con frecuencia permiten identificar la respuesta correcta.
- Si dos respuestas son lógicamente equivalentes, entonces han de ser erróneas.
- Exagerar una variable – esto puede orientar al alumno en la dirección correcta, en particular cuando una variable está en el denominador de una respuesta y en el numerador de otra.
- Dibujar la situación mientras se lee el enunciado. Un esquema sencillo puede ayudar a comprender el enunciado y muchas veces orientará al alumno hacia la respuesta correcta. Esto es especialmente importante para alumnos con habilidades lingüísticas flojas.
- Diferenciar entre las funciones coseno y seno – visualizando mentalmente el ángulo de  $90^{\circ}$  se verá cuál es correcta.
- Utilizar la proporción: cantidad nueva = cantidad anterior x fracción, en donde la fracción depende de las variables que hayan cambiado.
- Fijarse en los ejes de las gráficas y utilizar unidades para asignar significado a la pendiente y al área.
- Si todo lo demás falla, aventurar una suposición razonada.

Los alumnos deberían intentar responder a todas las preguntas. Se ha de enfatizar que las respuestas incorrectas no provocan una penalización en la puntuación.

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 lanzarse a los cálculos. Se ha demostrado, también a partir de las pruebas escritas, que esta habilidad no la tienen muchos alumnos.

El enunciado debe leerse con cuidado. Inevitablemente, algunas preguntas pueden ser a primera vista similares a preguntas planteadas en el pasado, pero los alumnos no deberían sacar conclusiones precipitadas. 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 del examen con el fin de tener claros los requisitos para el éxito en los exámenes. Los profesores han de ser conscientes 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 ser reacios a 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 de una manera rigurosa con contenido físico. 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**

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Rango de puntuaciones:</b>	0 – 11	12 – 22	23 – 32	33 – 41	42 – 51	52 – 60	61 – 95

## Nivel Medio – Prueba 2

### **Bandas de calificación del componente**

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Rango de puntuaciones:</b>	0 – 3	4 – 7	8 – 12	13 – 17	18 – 22	23 – 27	28 – 50

## Comentarios generales

Se recibieron de los colegios 183 grupos de comentarios G2 del NS y 143 del NM. Los comentarios G2 sugieren que algunos colegios consideraron esta prueba más difícil que la de la convocatoria de mayo de 2013. La presentación y redacción se consideraron por lo general adecuadas.

Los alumnos muestran a veces una comprensión meramente superficial de los conceptos valorados. Los alumnos pueden tener un dominio razonablemente sólido de la teoría, pero al enfrentarse a un contexto práctico no saben aplicar lo que han aprendido. Se esperaba que los alumnos supieran convertir entre unidades y no supieron hacerlo con soltura. Las explicaciones fueron flojas, como en exámenes anteriores. Resulta evidente que los alumnos deberían dedicar más tiempo a la lectura de las preguntas. Se hace un esfuerzo grande para idear preguntas que no contengan apenas información superflua; los autores de las pruebas tratan de que cada palabra sea significativa.

Las presentaciones de muchos cálculos consistieron en un batiburrillo de cálculos y números habitualmente sin justificación. Los alumnos han de ser conscientes de que sus respuestas deben tener una lectura lógica. Solamente de esa forma se podrá dar puntuación compensatoria en el caso en que las respuestas finales sean incorrectas.

No hay evidencia de que los alumnos tuviesen problemas de tiempo en este examen. Hubo pocas respuestas en blanco en la parte final de las pruebas.

Muchos alumnos continúan fallando en la calidad de presentación. Es motivo de preocupación el que sean tantos los que se expresan con mucha torpeza en palabras, símbolos matemáticos y diagramas. Sabemos que los alumnos producen mucho material escrito en otras asignaturas del programa del BI, pero no se traslada aquí esa experiencia.

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

- El conocimiento, el uso y las conversiones de unidades de energía encillas.
- Las formulaciones matemáticas y descriptivas de las leyes de Newton y las deducciones a partir de estas.
- La cita de definiciones estándar, como las del defecto de masa o el flujo magnético.
- El dibujo y la anotación de gráficas de energía de enlace por nucleón.
- La comprensión de las relaciones entre el potencial gravitatorio, la energía potencial y la energía cinética de los satélites.
- Los cálculos extensos de sistemas mecánicos en contextos no familiares.

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

- Los cálculos de energía térmica y las explicaciones termodinámicas.
- La comprensión de la resistencia interna y los cálculos asociados.

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

### Sección A

#### 1 [NS y NM] Pregunta de análisis de datos

(a) La mayoría de los alumnos comprendieron lo que se pedía en la pregunta. Supieron dibujar una curva aceptablemente suave extrapolada al eje temporal. Hubo menos líneas de calidad deficiente que en exámenes anteriores. No obstante, una minoría considerable hizo acabar la curva en el instante 08:30 y dio esta hora como el momento en el que los paneles solares empezarían a generar energía. Algunos trazaron una línea recta (que no podría en ningún caso tocar todas las barras de error) y extrapolaron esta línea hasta un instante alrededor de 07:30. Se concedió parte de la puntuación por esto.

(b) Esto se resolvió mal desde dos puntos de vista. Resultó evidente que había una incompreensión generalizada de la relación entre las unidades de energía y de potencia. Muchos alumnos no supieron pasar de calcular la energía utilizada por la casa en el período de cuatro horas. La mayoría no supo reconocer que la energía suministrada a la red estaba relacionada con el área bajo la gráfica.

(c) Los alumnos supieron normalmente leer las barras de error dándoles una longitud total de 0,8 unidades y supieron aplicar esto para el cálculo de la incertidumbre en P. Algunos supieron deducir la respuesta correcta, pero muchos cometieron un error de signo en el cálculo.

(d) Varias preguntas de análisis de datos en pruebas pasadas pedían evaluar la existencia o no de proporcionalidad en una gráfica proporcionada. El uso del verbo de acción “determinar” debería haber indicado al alumno que en esta pregunta se pedía más. Se pedía la relación precisa para la puntuación completa. Por ejemplo, una determinación de la pendiente y el corte con el eje (o solución de los datos) para obtener la ecuación que relaciona P y t en la gráfica.

#### 2 [NS y NM] Energía

(a) Muchos alumnos lograron al menos dos puntos en esta pregunta sencilla sobre el material del programa de estudios. En las respuestas más flojas no siempre estaba claro si las afirmaciones sobre la energía se referían a las moléculas, a los átomos o a las partículas en el sólido o en el líquido. Hubo también confusión sobre si el proceso de fusión implicaba un aumento o reducción de la energía potencial.

(i) Muchos realizaron bien este cálculo, con números altos de respuestas correctas. Un error habitual consistió en no leer correctamente las unidades del calor específico latente del zinc y cometer un error en la potencia de diez. Eso supuso la pérdida de parte de la puntuación, pero no toda. Las soluciones a las que se dio puntuación nula o muy baja contenían números mal presentados y sin explicar, demostrando que el alumno no entendía el planteamiento correcto del problema. Los examinadores esperaban que la respuesta a esta pregunta comenzara por "Energía perdida por el zinc = energía adquirida por el hierro" y proceder paso a paso a partir de ahí.

### 3 [NS y NM] Energía de enlace y defecto de masa

(a) La mayoría supo definir correctamente el defecto de masa pero hubo muchos pequeños descuidos que quitaron el punto. Debe alentarse a los alumnos a aprender las definiciones o a comprender suficientemente bien la física que subyace a las definiciones para poder construirlas desde cero. Los alumnos a veces compararon las masas atómicas con la suma de los nucleones sin comentar el papel de los electrones. Algunas definiciones se basaron en la energía. Otros simplemente dijeron que la masa de un núcleo se reduce cuando se construye a partir de los nucleones individuales, sin responder a la pregunta.

(b)(i) Este problema relativamente fácil no se resolvió bien. Hubo muchas permutaciones de los números, y casi todas mal explicadas. Fueron escasas las soluciones completamente correctas e incluso estas tendieron a tener un nivel pobre de explicación.

(b)(iii) Se pide a los alumnos que sean capaces de trazar y anotar esta gráfica. Esta pregunta demostró que son muchos los que no se percatan de las características importantes. Hubo dibujos mal trazados a ambos lados del máximo; el máximo en sí apareció a menudo desplazado más que la tolerancia especificada (demostrando que hay alumnos que no se percatan del valor mínimo de la energía de enlace por nucleón en las posiciones del Fe-56 o el Ni). Otros errores incluyeron pendientes inapropiadas en el lado derecho de la gráfica en comparación con el izquierdo y la incapacidad de comenzar la curva en el lugar correcto.

(b)(iv) Fueron pocos los alumnos que relacionaron sus conocimientos con la gráfica. En general, simplemente se mencionó, con frecuencia correctamente, los principios físicos de la estabilidad del producto de la fusión. No obstante, esto rara vez se vinculó con la posición relativa de los reactantes y el producto sobre la gráfica.

### 4 [Solo NS] Ondas

(a)(i) La mayoría de los alumnos se mostraron imprecisos en sus descripciones de la dirección de movimiento de la molécula. Son muchos los que creen que el diagrama convencional de la onda estacionaria de sonido en un gas muestra que las moléculas se mueven entre las líneas dibujadas de la onda. Fueron habituales respuestas como "vertical". Otras respuestas inadecuadas mencionaban "a la derecha", sin que el alumno reparase en que esto implicaría que una molécula al desplazarse continuamente hacia la derecha acabaría por salir del tubo.

(a)(ii) Las descripciones de las amplitudes en P y en Q fueron mejores, pero una minoría de alumnos mostró confusión entre los significados de nodo y antinodo.

(b) Los cálculos se resolvieron en general bien.

(c) Esta pregunta era de tipo “resumir” y requería un planteamiento más sofisticado que simplemente “causado por el efecto Doppler”. Los examinadores buscaban una descripción de las causas del cambio en la longitud de onda tal como lo percibiría un observador en movimiento. Las explicaciones que aludieron a una ecuación de Doppler (siendo correcta) y dedujeron un incremento en la frecuencia no recibieron la puntuación completa, ya que esto es poco más que repetir de memoria el cuadernillo de datos.

(d)(i) Muchos se olvidaron de que la separación de imágenes tiene que ser el doble de la longitud de píxel. Otros invirtieron la ecuación del aumento. Se observó un gran número de respuestas de un solo punto y solamente alrededor del 50% de los alumnos logró la puntuación completa.

(d)(ii) Una vez más, los descuidos impidieron muchas puntuaciones completas aun cuando muchos parecieron entender bien esta pregunta de examen muy practicada.

5 [Solo NS] Generación de f.e.m.

(a) Aquí se pedía una definición sólida y completa. En muchos casos fue deficiente. Hubo alusiones a “campo magnético” o a “intensidad magnética” y el ángulo entre  $B$  y  $\theta$  se definió muchas veces mal. Este ejercicio típico de libros de texto dejó mucho que desear.

(b)(i) Un error habitual en este cálculo consistió en malinterpretar cómo determinar la velocidad de la barra. Se concedió parte de la puntuación siendo el cálculo incorrecto. Muchos alumnos reconocieron que la f.e.m. estaba relacionada con  $B/v$  y la determinación de la velocidad fue su único error.

(b)(ii) Se había dejado espacio en la gráfica para dos ciclos completos de la onda y esto es lo que los examinadores esperaban ver. Fueron muchísimos los alumnos que no supieron plantear el problema y que asumieron que los ejes de la cuadrícula se referían a un período. La mayor parte de los alumnos se dio cuenta de que había un comportamiento sinusoidal para la f.e.m. No obstante, los examinadores vieron unas pocas gráficas muy extrañas.

## Sección B

6 [NS] y 4 [NM] Fuentes renovables de energía

(a) Son muchos los alumnos que continúan dando respuestas flojas a preguntas en las que se les pide que comparen recursos renovables y no renovables. Aunque ha desaparecido en gran medida la respuesta de “no se pueden volver a utilizar”, muchos alumnos aún no consiguen apreciar que la cuestión radica en el ritmo al que se puede reemplazar el recurso.

(b)(i) Esta pregunta se resolvió con frecuencia bien, aunque a veces se justificó con argumentos físicos inapropiados (véase b ii) Los alumnos han de tener presente que en preguntas en que se cita la respuesta final (típicamente preguntas de tipo “muestre que”) se recomienda encarecidamente que se den las respuestas con una cifra significativa más que en la pregunta.

(b)(ii) Los pocos alumnos que comprendieron los principios físicos supieron dar una buena descripción de la solución. Muchos no supieron identificar el factor de  $\frac{1}{2}$  en la variación del nivel del agua e introdujeron posteriormente un factor 2 arbitrario. Otros malinterpretaron completamente la naturaleza (sencilla) del problema y utilizaron una ecuación al azar del cuadernillo de datos (normalmente  $\frac{1}{3}\rho Av^3$ ). Esto obviamente no dio puntos. Dibujar un diagrama sencillo inicial habría ayudado a muchos a evitar errores.

(b)(iii) Como en la pregunta 1, ha habido demasiados alumnos que claramente no comprenden y no han practicado el problema de convertir entre unidades de energía. El uso eficaz de las unidades habría facilitado este cálculo. Hubo pocas explicaciones; es evidente que los alumnos pasaron apuros con este aspecto de la energía.

(c)(i) Muchos alumnos supieron dar una razón coherente, pero pocas veces dos respuestas diferentes.

(c)(ii) Muchos alumnos describieron el efecto invernadero o el efecto invernadero intensificado sin leer la pregunta. Lo que se pedía era un análisis del efecto de las variaciones en la temperatura terrestre sobre, por ejemplo, el tamaño de la capa de hielo. En consecuencia, los examinadores se encontraron con puntuaciones bajas en lo que debía haber sido una pregunta inmediata.

#### [Solo NS] Potencial gravitatorio de la Tierra

Esta pregunta en su conjunto revela lo mal que los alumnos entienden las relaciones entre las magnitudes de campo. No hay evidencia de que esto se limite a aspectos gravitatorios ya que en exámenes anteriores hubo preguntas que revelaban también errores conceptuales sobre los campos eléctricos.

(d) Se trataba de una prueba sencilla de si los alumnos sabían comprobar la coherencia de los datos. La mayoría no supo hacerlo. Fue raro encontrar la solución obvia (evaluar dos veces  $V_r$ , primero incorporando el radio de la Tierra). Muchos alumnos prefirieron calcular dos veces la masa de la Tierra y comprobar la similitud de los valores obtenidos. En principio, esto podía haber valido la puntuación total, pero los examinadores vieron pocos casos de tres puntos.

(e)(i) Resulta obvio que los alumnos no entienden la relación entre el potencial gravitatorio y la energía potencial gravitatoria. Tomar en cuenta las unidades podría haberles orientado en la dirección correcta. Muchos solo lograron abordar esto hallando una solución completa a partir de la ecuación del potencial gravitatorio del cuadernillo de datos.

(e)(ii) Análogamente, los alumnos no supieron utilizar la variación conocida en la energía potencial gravitatoria para establecer la variación en energía cinética. La mayoría pensó que había que calcular las energías cinéticas a partir de principios básicos, lo que llevó normalmente a una respuesta incorrecta.

(e)(iii) La mayoría de los alumnos no pasaron de (i) y (ii) a este apartado; o se dejó en blanco o se hizo un intento de argumento basado en la conservación de la energía. Fue un caso más en que el conocimiento de un principio no permite necesariamente al alumno aplicarlo

de manera eficaz. Aun los alumnos más brillantes parecieron tener problemas con esta tarea típica de libro de texto.

[Solo NM]

4 (d)(i) Como suele ocurrir con esta pregunta, los alumnos afirman que “el momento se conserva” y no logran explicar lo que esto significa. Hubo mucha confusión acerca de las reglas de conservación de la energía.

4 (d)(ii) Los cálculos de la velocidad final del neutrón fueron confusos, con poca o ninguna explicación de las ecuaciones. A menudo no estaba claro qué valores de masa, de haberlos, se estaban utilizando en la solución.

4 (d)(ii) Hubo pocas soluciones limpias para este problema. Algunos alumnos no captaron el significado de cambio de energía fraccionario, mientras que otros se aferraron a los argumentos sobre el momento de un apartado anterior, obteniendo pocos o ningún punto.

4 (d)(iv) Evidentemente, los alumnos no habían considerado durante su estudio los aspectos mecánicos de la moderación. En pocos casos se acertó a ver que la variación en energía fraccionaria era de  $0,33n$ , en donde  $n$  es el número de colisiones. La respuesta más frecuente fue que la variación es de  $0,33n$ .

4 (d)(v) Hubo más claridad sobre las razones de la moderación; pero, aun así, las respuestas se expresaron con torpeza. Solo una minoría reconoció que la probabilidad de absorción es mayor cuanto menor es la energía de incidencia de neutrones.

7 [NS] y 5 [NM] MAS y sonido

Este fue un ejemplo de una pregunta extensa en un contexto con el que los alumnos no están familiarizados. Quienes eligieron esta opción respondieron bien y supieron aplicar los principios físicos sin dificultades.

(a) Rara vez se dieron los cuatro puntos en las preguntas sobre las condiciones para la oscilación armónica y en el reconocimiento de estas en la gráfica de línea recta. Los alumnos se conformaron por lo general con decir que la aceleración es directamente proporcional al desplazamiento y que la línea recta que pasa por el origen justificaría esto. Más raras fueron las exposiciones correctas y detalladas de la dirección de la fuerza/aceleración. La pendiente negativa por lo general no se mencionó. Al disponer de cuatro puntos, los alumnos deberían haber reconocido que se pedían los cuatro aspectos.

(b) Este cálculo se resolvió mal en el NM. Los alumnos del NS lo hicieron mejor, dando muchas veces amplios detalles y confirmando convincentemente la respuesta correcta.

(c)(ii) P – cuando se indicó sobre la gráfica – apareció o bien en el origen (correcto) o en un extremo (incorrecto) de la gráfica en números aproximadamente iguales.

(d)(i) A los alumnos se les exige conocer la relación entre rayos y frentes de onda. Sorprendió que muchos completaran el diagrama con frentes de onda, lo que además atrajo poca puntuación dada la escasa calidad de ejecución mostrada. Pocos alumnos se

molestaron en leer la pregunta. No consiguieron apreciar que lo que se les pedía consistía en construir rayos incidentes y reflejados plausibles que permitirían oír el sonido al observador en el punto 1.

(d)(ii) Hubo muchos casos de evaluación correcta de la longitud de onda del sonido, pero fueron demasiados los alumnos que no supieron completar esta tarea sencilla. Fueron habituales las inversiones de la ecuación y los errores de potencias de diez y redondeo.

(d)(iii) En inglés, se observó la habitual falta de ortografía “defraction” (por “diffraction”). Los examinadores no suelen conceder el beneficio de la duda en lo que o bien podría ser un error ortográfico o bien resultado de la confusión con la “refracción” en este caso particular. Muchos alumnos supieron identificar que el sonido se estaba difractando, pero fueron mucho más infrecuentes las explicaciones en contexto de lo que es la difracción.

(e) En comparación, muchos supieron expresar bien tanto la naturaleza de la interferencia como la diferencia de trayectoria/fase que habría dado lugar a esta. Rara vez se concedió el cuarto punto al ser pocos los alumnos que leyeron la pregunta con la atención suficiente para explicar por qué la amplitud del sonido es pequeña y no nula.

(f) [Solo NS] Fueron muchos los que supieron citar un ejemplo de un dispositivo de almacenamiento de audio analógico. Pero menos los que leyeron la pregunta entera y supieron dar una breve descripción de cómo funcionaría. Tales descripciones fueron limitadas.

(g) [Solo NS] Muchos alumnos respondieron a la pregunta que imaginaron y no a la realmente planteada. Fueron muchos los que se extendieron sobre la conversión de la luz en lugar de concentrarse en las etapas que se suceden una vez que la carga se ha liberado en el píxel. Fueron infrecuentes las consideraciones sobre la conversión de la diferencia analógica de potencial a forma digital.

[Solo NM] Campos eléctricos y magnéticos

5 (e) [Solo NM] Fueron habituales las respuestas superficiales. Los alumnos continúan pasando por alto las asignaciones de puntos en las preguntas y, por consiguiente, el número de aspectos independientes que deberían mencionar en la respuesta. Aquí, la mayoría dijo que los conductores contenían electrones libres (o no para los aislantes), pero no procedió a discutir el papel de los electrones libres en el transporte de la carga o a relacionar la corriente con la existencia de un campo eléctrico a través del conductor. Fueron demasiados los que dieron respuestas de tipo “los conductores conducen bien”, que no dan ninguna puntuación.

5 (f) [Solo NM] Hay tres elementos en un buen dibujo del campo magnético en torno a un conductor largo y recto: la circularidad concéntrica de las líneas, el sentido de las líneas en relación con el sentido del flujo de la carga y la separación creciente entre las líneas al aumentar la distancia al conductor. Fueron pocos los alumnos que consiguieron convencer al examinador con estos tres elementos. En retrospectiva, el diagrama en la página podría haber sido mayor. No obstante, los alumnos podrían haber dedicado más esfuerzo a sus esquemas, por lo general imprecisos.

5 (g)(i) [Solo NM] Muchos olvidaron las reglas de signo que afectan a la corriente convencional y perdieron el punto.

5 (g)(ii) [Solo NM] Se observaron pocas soluciones correctas. Se trataba de un problema trivial que implicaba reordenar una ecuación típica e incorporar el peso de un conductor.

8 [NS] y 6 [NM] Células eléctricas

(a)(i) [Solo NS] Fueron habituales las respuestas superficiales. Los alumnos siguen ignorando las asignaciones de puntos en las preguntas y, por ello, no entienden el número de aspectos independientes que deberían mencionar en la respuesta. En este caso, la mayoría mencionó que los conductores contienen electrones libres (o no, para los aislantes), pero no procedieron a discutir el papel de los electrones libres en el transporte de la carga o a relacionar la corriente con la existencia de un campo eléctrico a través del conductor. Fueron demasiados los que dieron respuestas del tipo “los conductores conducen bien”, que no dan ninguna puntuación.

(a)(ii) [Solo NS] Con demasiada frecuencia, los alumnos se contentaron con sugerir que la resistencia interna de una célula sería la resistencia del contenido de la célula, sin discutir las implicaciones físicas de esto. Fueron infrecuentes las consideraciones de la disipación de energía en la célula o las explicaciones de la manera en que la pérdida de potencia está relacionada con una “resistencia”.

(b)(i) [NS] y (d)(i) [NM] Los diagramas de circuito continúan suponiendo una dificultad particular para muchos alumnos. Es raro encontrar diagramas ordenados y bien trazados. Algunos diagramas mostraban dos células, la del limón y otra. A veces faltaban las resistencias variables (o se habían dibujado fijas) Se intentó dibujar divisores de potencial, por lo general sin éxito. En general, los alumnos obtuvieron una media de un punto en lo que debería haber sido una tarea rutinaria.

(b)(ii) [NS] y (d)(ii) [NM] Aquellos que citaron la ecuación del cuadernillo de datos y la definición de resistencia lograron por lo general alcanzar la expresión final. Algunos, pese a todo, no lograron convencer a los examinadores de que sabían lo que estaban haciendo.

(b)(iii) [NS] y (d)(iii) [NM] Se esperaba que los alumnos entendieran la idea física de que la fem puede determinarse cuando la corriente en la célula se anula. Para muchos, bastó con extrapolar la línea recta obvia al eje de la fem junto a una lectura correcta para lograr un par de puntos fáciles. No obstante, algunos no comprendieron la física del circuito y dieron soluciones mal descritas.

(b)(iv) [NS] y (d)(iv) [NM] La mejor manera de obtener la resistencia interna era a partir de un triángulo grande dibujado sobre la gráfica. Muchos, sin embargo, lograron dos de los tres puntos porque incurrieron en errores de potencias de diez o porque utilizaron solo un punto o porque su triángulo era demasiado pequeño.

(b)(v) [NS] y (d)(v) [NM] Solo una minoría supo utilizar los datos para calcular correctamente la carga transferida.

(b)(vi) [Solo NS] Las determinaciones de la energía utilizadas fueron también por lo general flojas, con algunas respuestas absurdamente fuera de rango.

[Solo NS] Átomos

(c) [Solo NS] Fueron muchos los alumnos que supieron dar una descripción completa del efecto fotoeléctrico.

(d)(i) [Solo NS] Aunque la mayoría supo relacionar la función de trabajo con la física de los electrones en el metal, algunos respondieron aludiendo solo a la frecuencia mínima necesaria para producir una fotocorriente. Esto por lo general no dio puntuación sin explicaciones adicionales.

(d)(ii) [Solo NS] Por lo general, los alumnos lograron alcanzar al menos dos puntos. Las soluciones se vieron perjudicadas por errores en las potencias de diez y por fallos al convertir entre electronvoltios y julios. Un motivo importante de errores fue que los alumnos no siempre partieron de una expresión clara de la ecuación fotoeléctrica seguida por un reemplazo de variables de forma organizada.

(e) [Solo NS] Las respuestas para este tipo de pregunta fueron bastante mejores que en convocatorias anteriores. Muchos supieron vincular al electrón como onda estacionaria con el valor entero de la longitud de onda y, de ahí, con los valores discretos de las energías.

(f) [Solo NS] Una cantidad significativa de alumnos logró dos de los tres puntos. Hubo algunos buenos intentos de relacionar la idea de la función de onda con las ideas probabilísticas de la teoría.

9 [NS] y 6 [NM] Motor/movimiento de automóvil

Es otra de las preguntas en que se utilizó un contexto único para desarrollar diversas áreas de la física. La mecánica resultó exigente para los alumnos aun cuando estos problemas se habían planteado en contextos diferentes en exámenes anteriores.

(a) [Solo NS] Este cálculo simple de la ley de los gases se resolvió sorprendentemente mal. Sin duda preguntas similares arrojaron mejores resultados en exámenes anteriores. Entre los errores comunes estuvo la dificultad inevitable para trabajar en kelvin, así como fallos aritméticos simples.

(b) [Solo NS] La mayoría de los alumnos supieron describir la naturaleza de volumen constante del cambio.

(c) [Solo NS] Fueron muchos los alumnos que obtuvieron la puntuación completa en una pregunta que ha sido ampliamente planteada en exámenes anteriores. La variación nula en la transferencia de energía térmica se identificó habitualmente y muchos supieron deducir que  $\Delta U$  es por lo tanto igual a  $-W$ . Esto llevo de inmediato a una deducción de la reducción en temperatura.

(d) [Solo NS] Casi todos advirtieron que el trabajo efectuado estaba relacionado con alguna área bajo la gráfica. En una parte minoritaria de los casos, la especificación concreta del área fue demasiado imprecisa para poder lograr el segundo punto.

(e)(i) [Solo NS] Fue habitual encontrar el valor correcto para el volumen de combustible empleado pero con unidad incorrecta.

(e)(ii) [Solo NS] Muchos supieron deducir el tiempo de viaje proporcionado por el combustible y sacar de ahí la distancia recorrida. No obstante, los desarrollos fueron indirectos y prolijos y fueron pocos los que dieron con la respuesta de manera directa.

(f) [NS] y (a) [NM] Había dos maneras como mínimo de afrontar este problema. Algunas soluciones eran tan confusas que resultaba difícil decidir qué método se había aplicado. Entre los errores habituales destacan: el olvido de que la velocidad inicial era de  $12 \text{ ms}^{-1}$  y no nula, errores de potencias de diez y errores simples en el uso de las ecuaciones cinemáticas o no saber evaluar correctamente trabajo efectuado = fuerza x distancia. No obstante, muchos alumnos lograron puntuaciones parciales. Fueron habituales las puntuaciones de dos o tres de un máximo de cuatro, lo que demuestra que muchos perseveran hasta llegar lo más lejos posible.

(g)(i) [NS] y (b) (i) [NM] Se vieron muchas soluciones correctas. Los alumnos se sienten claramente cómodos con el uso de la ecuación fuerza = potencia/velocidad.

(g)(ii) [NS] y (b)(ii) [NM] A muchos les resultó obvio el método que había que aplicar aquí. Lo que faltó fue una comprensión clara de lo que ocurre por causa de la fuerza de resistencia del sistema. Fueron muchos los que obtuvieron dos puntos de tres al indicar un método razonable pero utilizando un valor incorrecto para la fuerza. Para lograr dos puntos se exige que la explicación del método sea al menos sólida. Los alumnos que dan explicaciones endebles de su método y acaban obteniendo una respuesta errónea lograrán pocos puntos. Una sugerencia (nunca encontrada en las respuestas) es que los alumnos deberían haber partido de un diagrama de fuerzas de cuerpo libre, que habría revelado la relación entre todas las fuerzas.

(h)(i) [NS] y (c)(i) [NM] El principal problema aquí consistió en que la mayoría de los alumnos no advirtió que 1500 N de fuerza actuando en cada una de las cuatro ruedas implicaría una fuerza total de 6 kN. Una vez más, se concedió una puntuación parcial solo si quedaba claro lo que el alumno estaba haciendo y dónde estaba el error.

(h)(ii) [NS] y (c)(ii) [NM] Los enunciados de la primera ley de Newton fueron sorprendentemente flojos. Como en exámenes anteriores, pocos alumnos parecen haber aprendido de memoria este principio fundamental y elaboran una versión confusa e incompleta bajo la presión del examen. A partir de ahí, la primera ley guardaba poca relación con el contexto concreto de esta pregunta. Los alumnos no parecen haber aprendido a relacionar la física que aprenden con contextos diarios.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

- Debería alentarse a los alumnos a aprender las definiciones de modo que no se le escapen los detalles concretos cuando se encuentren bajo la presión del examen.
- Uso de contextos diversos para la práctica de preguntas.
- Animar a los alumnos a leer las preguntas completas y con atención.
- Estimular buenas habilidades de presentación en los alumnos. Son demasiados los que continúan perdiendo una cantidad considerable de puntos por una presentación descuidada e imprecisa de las respuestas.

## Prueba 3 del Nivel Superior

### Bandas de calificación del componente

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Rango de puntuaciones:</b>	0 – 8	9 – 16	17 – 25	26 – 31	32 – 37	38 – 43	44 – 60

## Comentarios generales

Se vio prácticamente todo el abanico de puntuaciones, y la inmensa mayoría de los alumnos pareció tener tiempo suficiente para completar sus respuestas. Algunos de los comentarios de los profesores en los formularios G2 se resumen a continuación. Quienes elaboran las preguntas agradecen estos comentarios.

### Nivel Superior

172 de los 183 colegios estimaron apropiado el nivel de dificultad de las pruebas. 8 lo consideraron demasiado difícil. Ninguno lo encontró demasiado fácil. 140 colegios consideraron que la prueba tenía el mismo nivel que el año pasado. 19 colegios la vieron más difícil. 16 colegios la consideraron más fácil que la del año pasado. De los 182 colegios que respondieron, 159 consideraron que la presentación de las pruebas ha sido entre buena y excelente. 23 centros la consideraron correcta. Ninguno consideró que la presentación fuera mala o muy mala.

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

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

### Dificultades generales (NS y NM)

- Advertir que las respuestas serán escaneadas, por lo que deben utilizarse bolígrafos o lápices oscuros
- Resaltar las frases o los datos claves en cada pregunta
- Saber qué representan los símbolos en las fórmulas y ecuaciones del Cuadernillo de datos
- Saber que el uso de unidades incorrectas, aunque no se penalice en la respuesta final, resultará en una pérdida de la puntuación concedida a un desarrollo correcto
- Las potencias de 10 y los prefijos de unidades
- La fórmula del área superficial de una esfera
- El uso de la ley del cuadrado inverso
- Errores y despistes aritméticos y algebraicos Los errores con la calculadora son habituales.
- Presentar los desarrollos en su totalidad en las preguntas de tipo “demuestre que” Se exige prueba de los cálculos.
- Presentación general de los desarrollos en las preguntas numéricas; debe mostrarse planificación y método.
- Tachar trabajo correcto
- No utilizar regla al dibujar diagramas
- Prestar poca atención al número de puntos concedido por cada apartado Con frecuencia los alumnos mencionan menos hechos clave de los requeridos.
- Prestar poca atención a los verbos de instrucción específicos: “resumir”, “mostrar que”, “calcular”, “determinar”, “explicar”, “estimar”, etc...
- Secuenciar la presentación de datos para apoyar una explicación o descripción
- Definiciones convencionales – Fueron por lo general flojas

### Dificultades de nivel más alto

También son aplicables a las preguntas comunes del NM.

- Conocer la unidad para  $d$  en la ecuación de magnitud estelar
- Los valores de los límites de Chandrasekhar y OV para las estrellas de neutrones.
- Hacer referencia a la masa remanente de una estrella
- Características de la radiación del fondo cósmico de microondas
- Uso correcto de las unidades convencionales para la constante de Hubble
- Describir la naturaleza de la FM
- Circuitos con amplificadores operacionales
- Ordenar los sucesos en las comunicaciones por telefonía móvil
- Conocer la función de un intercambio celular
- Definiciones convencionales de “punto cercano”, “coherente” y “monocromático”
- El cambio de fase en las reflexiones “duras”
- Cinemática relativista, especialmente el tiempo propio, la simultaneidad, la dilatación temporal y el uso de la fórmula de velocidades relativas
- La mecánica relativista, especialmente el uso de las unidades  $\text{MeV}c^{-1}$  y  $\text{MeV}c^{-2}$
- Aplicación del principio de equivalencia
- Falta de referencia a la geodésica
- Imágenes por tomografía computarizada (TC): ordenar los pasos del proceso
- Uso terapéutico de radioisótopos
- El uso de la ecuación de energía disponible para las colisiones de partículas
- La cámara de hilos – pero es evidente una leve mejora
- La dispersión inelástica profunda y la evidencia de los quarks, el color y los gluones

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

Los mejores alumnos han seguido el programa de estudios completo, muestran una buena comprensión, saben manejar ecuaciones, tienen cuidado con las unidades, 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, tienen descuidos con las unidades, 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 del programa que se preguntan habitualmente. 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 ese tipo de pregunta es el que les resulta más familiar. Las opciones A, B, E y G del NM y E, G e I del NS son muy populares y la mayoría de alumnos se esfuerzan por intentar estas preguntas.

### **Mejoras observadas en el NS**

También son aplicables a las preguntas comunes del NM.

- Muy pocos alumnos responden menos o más de dos opciones
- Se escriben las respuestas dentro de la casilla de respuesta provista

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

- El uso de la longitud de onda máxima en un diagrama de cuerpo negro
- El uso de la ecuación magnitud – distancia (véanse, no obstante, los puntos débiles antes mencionados)
- La interpretación de las formas de onda de la FM
- El muestreo de señales y las conversiones de analógico a digital
- Los cálculos en decibelios
- El diseño de tubos de rayos X
- La contracción de longitudes
- La descripción de la paradoja de los gemelos
- Los cálculos cinemáticos en los que aparece el factor de Lorentz gamma (véanse, no obstante, las dificultades antes mencionadas)
- Enunciado del principio de equivalencia (con una mejora moderada)
- Números cuánticos y sus reglas de conservación

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

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

### Opción E – Astrofísica

Fue claramente la Opción más popular, casi siempre en combinación con la opción G.

\*1. (a)(i) fue sencilla, pero muchos optaron por no indicar que la presencia de la fusión nuclear es la diferencia obvia entre estrellas y planetas. En (ii) Fue habitual que las respuestas indicaran o bien la característica de un cúmulo estelar o bien de una constelación, pero no ambas. Se contestó bien a (b). En (c) casi todos los alumnos hallaron correctamente la temperatura superficial de la estrella utilizando la longitud de onda máxima del pico de la gráfica.

\*2. (a) dio dos puntos fáciles, aunque en (ii) hubo algunos alumnos que indicaron que la distancia a las Cefeidas era variable. En (b) a los alumnos con frecuencia les costó determinar el período de la Cefeida a partir de la gráfica o usar el valor medio para la magnitud aparente, pero en general se obtuvieron puntos por los desarrollos correctos. Fueron demasiados los alumnos que no sabían que la unidad de  $d$  en la ecuación de la magnitud estelar era el pársec En (c) muchos alumnos no supieron convertir los pársecs a metros y perdieron puntos.

\*3. 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 isotrópica, etc. Por lo general, no se mencionó en (b) el hecho de que el fondo cósmico de microondas fue una predicción específica del modelo del Big Bang, muy anterior a su descubrimiento. Muchos alumnos lograron al menos un punto por indicar que la longitud de onda o la temperatura del Big Bang sería coherente con la expansión o “enfriamiento” del universo.

\*4. En (a) la mayor parte de los alumnos recurrieron correctamente a la ecuación de masa – luminosidad, pero luego afirmaron que la luminosidad sería proporcional a la temperatura, sin tomar en cuenta el área de la superficie de las estrellas. La mayoría respondió bien a (b) En (c)(i) se esperaban encontrar los límites de Chandrasekhar y de Oppenheimer-Volkoff (o sus valores), pero se mencionaron en pocos casos. También fue habitual referirse a la “masa” de una estrella en vez de a su “masa remanente” o “masa del núcleo”. Muchos alumnos se percataron de que era un púlsar lo que se describía en (c)(ii).

5. En (a) hubo demasiadas respuestas imprecisas en las que simplemente se indicaba que “las galaxias están desplazadas hacia el rojo”. En (b) se vieron muchas respuestas correctas, pero hubo también muchos errores de potencias de diez cuando no se usaron  $\text{kms}^{-1}$  en el cálculo de la distancia. Otro error común fue el de utilizar en el denominador la frecuencia observada.

## Opción F – Comunicaciones

Esta opción fue elegida por pocos alumnos.

\*6. Fueron flojas las respuestas a (a)(i). Una mayoría simplemente repitió la pregunta con otras palabras sin aludir a la relevancia del desplazamiento de la onda de señal. En (ii) hubo muchos más alumnos que supieron dibujar la onda de señal con la amplitud y período correctos. Las dos partes de (b) se resolvieron muy bien, pero con los habituales errores en las potencias de diez al determinar la frecuencia de la señal. En (c) las ventajas y desventajas de la FM en comparación con la AM constituyen una pregunta habitual y se respondió bien.

\*7 (a) supuso dos puntos fáciles, aunque con muchos errores de potencias de diez. La mayoría comprendió que el error de cuantización era 1V en (b) y determinó que se necesitaban 12 niveles y por tanto 4 bits. Se eligieron en algunos casos otros errores de cuantización para las puntuaciones con errores acumulados. (c) fue otro punto fácil, pero se exigían los 4 bits (0111).

\*8. La mayoría conoce el significado del término “atenuación”. En (b)(i) muchos supieron determinar la distancia de señal máxima de 22 km y lograron tres puntos con suma facilidad. La mayoría de los demás obtuvo cero. (b)(ii) era muy fácil, pero hubo bastantes alumnos que no advirtieron que se necesitaba calcular una velocidad.

\*9. La impedancia infinita de entrada fue la respuesta más popular a (a)(i). En (ii) la ganancia es -5, pero fueron muchos los que omitieron el signo negativo o utilizaron la fórmula del amplificador operacional no inversor. No obstante, se aplicó la política de errores acumulados para permitir utilizar la respuesta errónea en (iii) En (b) apenas se encontraron respuestas correctas para las características de la salida.

\*10. Los alumnos no lograron muchas veces desarrollar sus respuestas en un orden lógico. Muchos aún consideran que lo que la Guía de la Asignatura llama un “intercambio celular” (más en general conocido en siglas inglesas como MTSO o MSC) es un proceso en lugar de un centro de conmutación físico. Se trata claramente de un tema en el que se necesita un planteamiento diagramático. Un resumen razonable (en inglés) se encuentra en: <http://cordsplus.com/phoneinfo/portal/cellularsystem.html>.

## Opción G – Ondas electromagnéticas

Esta opción es casi tan popular como astrofísica.

\*11. En las definiciones del punto focal en (a)(i) a veces se omitió mencionar el eje principal. El diagrama de rayos de (ii) supuso tres puntos fáciles para casi todos. En (b)(i) la mayoría sabía vagamente lo que era el “punto cercano”, pero muy pocos supieron dar una definición convencional. Muchos indicaron que se trataba de una distancia. Muy pocos sabían que el aumento de la lupa es un máximo para una imagen en el punto cercano. (c) supuso puntos muy fáciles para la mayoría de los alumnos.

\*12. En (a) los términos “coherente” y “monocromático” se explicaron a menudo de una manera torpe. Las definiciones formales son fáciles de aprender, pero se echan en falta muchas veces. En (b) se expresó correctamente por lo general la diferencia de fase, en grados o radianes, aunque muchos dieron una diferencia de camino. En (c) la mayoría supo reordenar los datos para obtener la respuesta dada para la longitud de onda, pero en muchos casos con poca convicción. A muchos les resultó difícil determinar el número de líneas por metro para la red de difracción de (d) A menudo se utilizó un ángulo erróneo o un valor erróneo para  $n$ . Se omitió el recíproco final en muchos casos.

13. Muchos resolvieron bien el diagrama de (a). No obstante, fue habitual omitir el vacío y la polaridad aceleradora correcta de la fuente de tensión. En (b) la mayor parte de los alumnos supo indicar que la diferencia de potencial aceleradora era demasiado baja para la expulsión de electrones internos en el ánodo objetivo, pero fueron escasas las respuestas bien redactadas de forma concisa.

14. En (a) se eligió a veces la fórmula correcta del cuadernillo de datos para la película delgada, pero muchos alumnos fueron capaces de responder la pregunta mediante principios básicos. Un error común fue el de dar el valor de la mitad de la longitud de onda en el aire y no en el aceite u olvidar el cambio de fase en la reflexión dura. Fueron pocos los que supieron dar una respuesta razonada a (b) y a veces lograron un punto con fortuna.

### Opción H – Relatividad

\*15. (a) se respondió mal. La única respuesta aceptable es que Judy (en concreto su reloj) se encuentra en ambos sucesos. Es decir, que los sucesos tienen lugar en el mismo punto del espacio para ella. Muchos mencionaron erróneamente que “los sucesos ocurren en reposo” o que “los sucesos ocurren en el mismo sistema de referencia”, expresiones que no tienen significado en la relatividad. La mayoría resolvió bien (b) y (c), pero no siempre utilizando las unidades más obvias de “años” y “años luz”. A los que utilizaron segundos y metros se les dio la puntuación total, aunque hicieron más difícil la pregunta. Lamentablemente, el 99% de las respuestas a (d) fueron, como de costumbre, incorrectas. Prácticamente todos los alumnos explicaron que la señal procedente de P llegaría antes a Judy, lo cual es irrelevante. La pregunta consiste en qué señal se emitió primero en el sistema de Judy. Otro error común consistió en indicar que Judy vería al observador S alejándose del planeta P. Para Judy, S se aleja de la señal que procede de P. (e) se respondió muy bien y muchos alumnos obtuvieron puntos al aludir a la simetría aparente y a la paradoja consiguiente de la ralentización del envejecimiento para cada gemelo según cada uno de los dos sistemas. Por lo general se indicó correctamente por qué en realidad no hay esa simetría.

16. (a)(i) En toda pregunta con unidades expresadas en función de MeV y  $c$  hay un enorme margen para la confusión. No obstante, un número razonable de alumnos saben utilizar correctamente la ecuación relativista de energía frente a momento ( $E^2 = (mc^2)^2 + p^2c^2$ ). El error más habitual fue el de intentar utilizar el valor de  $c$  en el cálculo en lugar de simplemente ceñirse a los valores dados. En (a)(ii) fueron pocos los que supieron determinar gamma. (iii) fue mucho más fácil. (b) exigía el uso de la fórmula relativista de suma de velocidades. Algunos restaron las velocidades.

17. Por lo general se enunció el principio de equivalencia, pero no siempre de forma clara. En (b), se confundieron a menudo las dos situaciones. Los alumnos mostraron más dudas respecto a la frecuencia en la situación de caída libre y por lo general no identificaron la caja como sistema inercial. Muchos supieron explicar por qué la frecuencia recibida por P era menor que  $f_0$ . La mayoría logró mencionar que el Sol “dobla” el espacio-tiempo. Fueron menos los que aludieron a la geodésica o a la correspondencia con la órbita circular/elíptica de un planeta.

### Opción I – Física médica

18. La definición de la intensidad de sonido fue por lo general correcta en (a). En (b) se dio el error habitual de utilizar la fórmula incorrecta para la ley del inverso del cuadrado, pero al tratarse de una pregunta de tipo “mostrar que”, la mayoría se acercó a la respuesta dada. (ii) supuso dos puntos fáciles para casi todos.

19. (a) Una minoría logró describir bien el proceso de la tomografía computarizada (TC, o tomografía informatizada). Entre los problemas comunes se vieron malas ordenaciones de los pasos implicados, no mencionar los rayos X y la confusión con la tomografía por resonancia magnética. (b) se respondió normalmente bien. En (c) se utilizaron dos métodos populares y hubo muchas respuestas correctas. Entre los errores frecuentes estuvo el de utilizar 0,65 en lugar de 0,35, así como errores logarítmicos.

20. (a) supuso un punto fácil, pero fueron muchos los que no concretaron los valores para el medio particular. (b)(i) supuso otro punto fácil. El cálculo del espesor de músculo en (ii), en cambio, fue muy susceptible a errores. Muchos alumnos olvidaron dividir por dos la diferencia de tiempo entre los pulsos reflejados. Con frecuencia se recurrió a la práctica de aceptar errores acumulados para la puntuación. (c) se resolvió razonablemente bien, aunque algunos confundieron las ventajas y las desventajas.

21. En (b)(i) muchos alumnos supieron determinar la energía absorbida, pero no supieron qué hacer a continuación. La unidad eV se comprende mal en muchos casos. El período temporal de 5 días se pasó por alto a menudo. En (c)(i) muchos alumnos indicaron que el isótopo con menor semivida era preferible al proporcionar una dosis más pequeña, luego más segura. Pasaron por alto el hecho de que se trata de una técnica terapéutica y que la fuente se retira después del proceso. (ii) se respondió bien.

### Opción J – Física de partículas

Muy pocos alumnos eligieron esta opción.

\*22. En (a)(i) muchos alumnos fueron conscientes de que el principio de exclusión de Pauli solo es aplicable a los fermiones y que los kaones son bosones. En (ii) se mencionó frecuentemente la producción de pares quark/antiquark con color/anticolor, así como la imposibilidad de producir quarks libres debido al confinamiento de quarks/color. En (b)(i) se dio normalmente una razón válida de por qué el diagrama de Feynman correspondía a una interacción débil, pero en (ii) muy pocos alumnos supieron convertir la masa de la partícula W en kg. (c) se respondió bien, aunque algunos alumnos indicaron que la extrañeza no se conservaría, que es irrelevante.

23. (a)(i) se respondió con frecuencia correctamente pero en (ii) se vieron muchos errores en el uso de la ecuación de energía disponible. Fueron excepcionales las respuestas correctas. En (iii) la ventaja más mencionada fue la mayor energía disponible en el sincrotrón y la desventaja más mencionada fue la pérdida de energía en forma de radiación de sincrotrón. En (b) se exigía describir el funcionamiento de la cámara de hilos. Muy pocos alumnos lograron la máxima puntuación. Entre los aspectos omitidos estarían: no mencionar el gas, no indicar que los hilos se encontrarían a altas diferencias de potencial o cargados, no explicar qué ocurre a los iones producidos y, en general, no ordenar las respuestas de manera eficaz.

24. En (a) los alumnos no consiguieron en muchos casos mencionar que la dispersión implica leptones a altas energías. Las dos partes de (b) se respondieron de forma muy deficiente, pero unas pocas respuestas aludieron a la conservación del momento como argumento para la necesidad de los gluones.

25. (a) es una pregunta habitual. El error típico consistió en utilizar un solo electrón o en desarrollar mezclando unidades. En (b) muchos alumnos hicieron el esfuerzo de explicar, recurriendo a su respuesta anterior, por qué la formación de pares partícula-antipartícula se haría imposible al enfriarse el universo. Normalmente supieron explicar la aniquilación continua de la materia y de la antimateria. Mostraron menos seguridad al explicar el desequilibrio inicial o subsiguiente.

## 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 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 estas 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.

Un error conceptual común es el de que las unidades no importan porque no se suele penalizar el error o ausencia de unidades en la respuesta final. Esta es una suposición peligrosa, pues los errores en las unidades conducen de manera evidente en los cálculos a valores numéricos incorrectos o a errores en las potencias de diez. Tales errores sí se penalizan. El tratamiento riguroso de las unidades en una parte fundamental de cualquier curso de física, pero la evidencia disponible actualmente muestra que un alto porcentaje de alumnos no maneja bien las unidades. Se anima a los profesores a asignar ejercicios que impliquen la manipulación de unidades siempre que sea posible y a asegurarse de que las unidades tengan una presencia destacada en los ejemplos detallados que se proporcionen.

Las pruebas anteriores 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 anteriores) les permite comprender el nivel de respuestas que se espera. Estas están muchas veces disponibles en los libros de texto de física del IB.

En muchos colegios se proporcionan rutinariamente respuestas modelo para los ejercicios del trabajo en casa. 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 para los profesores, con referencias a las páginas de los libros de texto, direcciones de sitios web y referencias a preguntas de pruebas anteriores. 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 a veces incluyen quejas de que las preguntas piden información que no se encuentra en la Guía. Es importante recordar que la guía de la asignatura proporciona un marco, una lista de metas, objetivos y criterios de evaluación y no pretende ser un listado definitivo de hechos. Hay varios libros de texto excelentes de IB que interpretan los diversos objetivos. Los planes de trabajo de los departamentos de física recurrirán normalmente a muchas fuentes adicionales de información 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. Estas pueden ser organizadas por los profesores como una herramienta de aprendizaje muy valiosa para complementar los libros de texto, al enseñar cada una de las opciones (así como la parte troncal).

## Prueba 3 del Nivel Medio

### Bandas de calificación del componente

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Rango de puntuaciones:</b>	0 – 5	6 – 11	12 – 17	18 – 21	22 – 24	25 – 28	29 – 40

### Comentarios generales

Se vio prácticamente todo el abanico de puntuaciones y la inmensa mayoría de los alumnos tuvo aparentemente tiempo suficiente para completar sus respuestas. Algunos de los comentarios de los profesores en los formularios G2 se resumen a continuación. Quienes elaboran las preguntas agradecen estos comentarios.

### Comentarios al G2 para el Nivel Medio

136 de 144 colegios que respondieron consideraron apropiado el nivel de dificultad. 101 colegios consideraron que la prueba tenía el mismo nivel que el año pasado. 20 colegios la vieron más difícil. 16 la encontraron más fácil que el año pasado. 127 colegios consideraron que la claridad de la redacción y la presentación de la prueba fueron entre satisfactorias y excelentes. Un colegio estimó que la presentación de la prueba fue deficiente, principalmente por la numeración consecutiva de las preguntas. 127 colegios estimaron que la presentación fue entre satisfactoria y excelente.

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.

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

Estas dificultades son específicas del NM.

- Mezcla de colores
- Discusión de la polarización por reflexión
- Aplicación del efecto Doppler.
- Manipulación algebraica de la constante de desintegración y la semivida
- Determinación de la longitud de onda de De Broglie
- Discusiones de los espectros atómicos de líneas
- Cálculos de dispositivos acoplados por carga (CCD).

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

Los mejores alumnos han seguido el programa de estudios completo, muestran una buena comprensión, saben manejar ecuaciones, tienen cuidado con las unidades, 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, tienen descuidos con las unidades, no indican todos los desarrollos o utilizan la ecuación inapropiada. Está claro que muchos alumnos han estudiado pruebas anteriores y saben demostrar un buen conocimiento de las partes del programa que se preguntan habitualmente. 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 ese tipo de pregunta es el que les resulta más familiar. Las opciones A, B, E y G del NM y E, G, I y H del NS son muy populares y la mayoría de alumnos se esfuerzan por abordar estas preguntas

#### Mejoras observadas específicas del NM

- Descripción del efecto Doppler
- Aplicación del criterio de Rayleigh
- Cálculos de niveles atómicos de energía

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

Estos comentarios se refieren a las preguntas específicas del NM. Para las preguntas comunes, véase la sección del NS.

### Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios

1. (a) y (b)(i) supusieron puntos fáciles, pero muchos trataron los colores como pigmentos. (b)(ii) se respondió bastante bien, con un pequeño número de alumnos que aludió a los bastones en lugar de a los conos.

2. (a) se respondió normalmente bien, pero debe enfatizarse que lo que cambia es la frecuencia percibida. En (b), hubo muchas respuestas correctas, pero a veces se utilizó la ecuación de Doppler equivocada o se eligió una convención incorrecta de signos. Tras haber encontrado la frecuencia mínima (en la posición B) la inmensa mayoría indicó a continuación, en (b)(ii), que la frecuencia disminuía de B a C. Esta pregunta requiere un tratamiento cuidadoso en las clases con los alumnos futuros.

3. Se observó una mejora en las respuestas a (a). En (b), fueron muy pocos los alumnos que omitieron el factor de 1,22 y en muchos casos se logró la puntuación total para ambos cálculos. En (c) la mayoría fue consciente de que el radio de la pupila era menor y de que el ángulo formado se hacía mayor, pero algunos pasaron a decir, erróneamente, que la distancia entre las torres se haría mayor. En general se respondió bien a esta pregunta. (d) se respondió mal; muchos no supieron dejar claro que la luz reflejada por el mar quedaría parcialmente polarizada en horizontal. Algunos solamente aludieron a la oscuridad de la lente de las gafas de sol.

### Opción B – Física cuántica y física nuclear

4. La hipótesis de De Broglie se enunció a veces de manera deficiente y también sin definir símbolos. En (b)(i) la energía cinética fue generalmente correcta, pero en (ii) se vieron muchas menos respuestas correctas debido a errores algebraicos y aritméticos. Un error común fue el de tratar la longitud de onda de De Broglie como electromagnética.

5. En (a) la secuencia lógica sería: espectros de líneas  $\Rightarrow$  energía discreta de los fotones  $\Rightarrow$  transiciones discretas de los electrones  $\Rightarrow$  niveles discretos de energía de los electrones. Sin embargo, muy pocos supieron ordenar su respuesta de esta manera. Pese a esto, hubo

muchas respuestas razonables. En (b)(i) se vieron muchas respuestas correctas, pero en algunas contestaciones se utilizó incorrectamente la fórmula de De Broglie. (ii) se respondió de manera deficiente ya que pocos supieron explicar que un fotón de 12,5 eV no correspondía a ninguna de las energías posibles de transición.

6. (a) fue un punto fácil. En (b) alrededor de la mitad de los alumnos supo derivar la relación entre la semivida y la constante de desintegración, pero muchos se mostraron desorientados. El cálculo de semivida en (c) se resolvió en general bien, pero se dio el error habitual de utilizar 0,65 como la fracción restante.

### Opción C - Tecnología digital

7. (a) se resolvió bien por lo general, al igual que (b)(i). (b)(ii) arrojó muy pocas respuestas correctas en su totalidad; relativamente pocos consiguieron algún punto por desarrollos parciales. La mayoría no consiguió darse cuenta de que había que encontrar el número de electrones. Muchos no parecen empezar listando los datos y las ecuaciones que podrían necesitarse (por ejemplo,  $E = hf$ ,  $Q = CV$ ) ni trazando un esquema rápido que les ayude a visualizar la situación.

Las preguntas de la 8 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

Véase la sección del NS.