

## FÍSICA TZ2 (IBAP & IBAEM)

### Bandas de calificación de la asignatura

#### Nivel Superior

#### Nivel Superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 16	17 - 30	31 - 42	43 - 52	53 - 63	54 - 72	73 - 100

#### Nivel Medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 14	15 - 26	27 - 39	40 - 48	49 - 59	60 - 68	69 - 100

### Evaluación Interna

#### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

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

#### Nivel Medio

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

### Comentarios generales

#### Procedimientos BI para la sesión de exámenes de mayo de 2012

La mayoría de los colegios cumplieron con las expectativas del BI. Tanto la portada como los pertinentes 4/PSOW acompañaron a todas las muestras de EI, así como las instrucciones a los candidatos para cada investigación. Algunos colegios incluyeron evidencia de su Proyecto del Grupo 4, aunque no se requiere hacerlo. La moderación global de la sesión de exámenes de mayo de 2012 transcurrió sin contratiempos y con solo algún problema. La

mayoría de los colegios evaluaron el trabajo de sus candidatos de manera aceptable y consistente. Hubo necesidad de una pequeña moderación.

La totalidad de los profesores conocían los requisitos, utilizaron apropiadamente los formularios y siguieron los procedimientos de selección de muestras. Los formularios 4/PSOW de elaboración propia fueron en su mayoría aceptables, pero algunos colegios olvidaron incluir las casillas para las calificaciones del moderador y del moderador principal. Se cumplieron los plazos de entrega y hubo muy pocas dificultades de procedimiento. La sesión de exámenes de mayo de 2012 transcurrió sin contratiempos.

### **Comentarios especiales para la sesión de exámenes de mayo de 2012**

Según el formulario 4/PSOW, los colegios ofrecen a sus alumnos programas prácticos ricos y diversos. Hay evidencia de un aumento en la utilización de las TIC y la mayoría de los informes de laboratorio de los estudiantes usan procesador de textos y gráficas generadas por ordenador. La mayoría de los colegios muestran, también, un tratamiento adecuado de errores e incertidumbres. Desafortunadamente, hay algunos colegios que permiten a sus estudiantes trazar a mano las gráficas, sin papel milimetrado y conectando entre sí los puntos dato. Hay un conjunto bien determinado de propuestas para el criterio de Diseño y la mayoría de los alumnos los lleva correctamente a cabo. Sin embargo y ocasionalmente, los profesores aún piden que se plantee una hipótesis en el criterio de Diseño, aunque no penalizan por ello a los alumnos. Además, en algunos casos la propuesta del profesor puede involucrar a dos variables; ello imposibilita al alumno seleccionar una variable independiente apropiada. Finalmente, algunos colegios tratan el criterio de Diseño como un tema de investigación, permitiendo a sus alumnos utilizar libros de texto e Internet. Ello es por completo inapropiado, ya que conduce a investigaciones estándar y bien conocidas, que incluyen ecuaciones relevantes.

Muchos colegios señalan ahora tan solo dos investigaciones, evaluando los tres criterios en cada una de ellas. Esto es injusto para el estudiante, ya que no tiene oportunidad de mejorar su trabajo, y resulta especialmente inquietante cuando un alumno obtiene calificaciones bajas.

Algunos colegios dan a sus estudiantes una lista de control de EI; esto es lo más útil para el alumno, ya que se explica en detalle lo que se espera de la EI. Se trata de una buena medida que se recomienda. Finalmente, la mayoría de los profesores califica el trabajo de sus alumnos con breves comentarios y niveles de logro de los criterios de EI. Estos comentarios benefician a los alumnos y ayudan a los moderadores a justificar la calificación de los profesores. Se recomienda esta forma de proceder.

## **Ámbito y adecuación del trabajo entregado**

Hay una amplia evidencia de que la mayoría de los colegios está proporcionando programas prácticos comprensivos, que cubren un amplio rango de investigaciones. El uso de las TIC es ahora un lugar común, la mayoría de los informes de los alumnos están hechos con un procesador de textos y las gráficas representadas utilizando el software apropiado. Las horas requeridas de trabajos prácticos no constituyen un problema y existen pruebas de una buena

cobertura del programa. Se recuerda a los profesores que las investigaciones pueden realizarse sobre temas no incluidos en el programa.

Algunos colegios siguen pidiendo a sus alumnos que planteen una hipótesis para sus investigaciones de Diseño; aunque no es algo que se penalice, puede inhibir la naturaleza de final abierto del diseño de los alumnos. Además, cuando los alumnos ya conocen la teoría relevante y las ecuaciones, no siempre resulta apropiado evaluar el Diseño.

Los profesores deben ser cuidadosos al dar la variable dependiente en la propuesta de Diseño, ya que hubo unos pocos casos en los que también se dio a los alumnos la variable independiente. Hubo algunos casos en los que los alumnos tenían en realidad dos variables independientes, tal como cambio de masa por cambio del tamaño de una bola. Los profesores deberían haber captado este grave error y conducido al alumno hacia un enfoque más productivo. Se permite una orientación general.

El Proyecto del Grupo 4 parece bien integrado en los programas prácticos. Una vez más, algunos centros proporcionaron evidencia del proyecto, pero tal evidencia no se solicita (únicamente una indicación de fecha y horas en el formulario 4/PSOW).

## Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

### Diseño

Los profesores han dominado el arte de dar propuestas de diseño. Sin embargo, en unos cuantos casos las propuestas no resultaban apropiadas, tales como pedir a los alumnos que diseñen una investigación para medir la gravedad o confirmar la ley de Ohm. Las mejores propuestas de diseño deben llevar a los alumnos a investigar una relación entre dos variables, no a un valor concreto. Se debe recordar a los alumnos que, para una propuesta de Diseño, es necesario definir las variables (y afirmaciones vagas como “Mediré el tiempo” necesitan ser aclaradas respecto a cómo se hará). También las definiciones operacionales ayudan en el diseño de un método. Ello cae dentro de la capacidad de controlar las variables.

### Obtención y Procesamiento de Datos

Los alumnos tienden a lograr sus mejores resultados en OPD. Los datos brutos siempre tienen incertidumbres. Los moderadores esperan una breve indicación respecto al porqué el alumno da un valor concreto a la incertidumbre, y ello resulta válido tanto para los datos brutos como para los procesados. Las cifras significativas y la última cifra de los dispositivos de medida resultan aquí relevantes. Para lograr un *completo* en OPD, se espera que los alumnos proporcionen gráficas.

Hubo varios casos en los que las gráficas habrían sido relevantes, pero los alumnos solo hicieron cálculos. Estos casos no pueden proporcionar un *completo* en el aspecto 3 de OPD. Los profesores deben ser conscientes de éstas expectativas. Además, es importante que los alumnos (y no el profesor) decidan que magnitudes representar gráficamente y cómo procesar los datos.

### Conclusión y Evaluación

Este puede ser el criterio en el que más difícilmente se logra la totalidad de los puntos, especialmente en el aspecto 1, y a menudo el profesor lo puntúa al alza. Los alumnos necesitan pensar más allá de los datos, en orden a proporcionar una justificación basada en una interpretación razonable de los datos. Tal perspicacia debe examinar los extremos del rango de datos, el origen de la gráfica, o el punto de corte con el eje y para buscar su significado físico. Los alumnos deben dar aún alguna interpretación física a la relación global (quizás una hipótesis). Es necesario que los profesores se fijen en ello cuando califican el aspecto 1 como *completo*, ya que a menudo los moderadores tienen que cambiar un *completo* por un *parcial*. Finalmente, si los alumnos realizan una práctica de física estándar y bien conocida, y se evalúa CE, entonces no resulta verosímil que puedan alegar debilidades o mejoras. La mejor forma de evaluar CE es cuando los alumnos han diseñado y llevado a cabo la investigación por sí mismos.

## Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos

- Los alumnos necesitan comprender claramente los criterios de EI. Para ayudarles, los profesores podrían proporcionarles una copia de una buena muestra de EI en la que todos los aspectos hayan logrado *completo*.
- Los alumnos necesitan entrenarse para salir exitosos en los aspectos de EI. El trabajo en grupo, la orientación del profesor y aún la crítica entre iguales pueden ayudar, pero, naturalmente, en tales casos el profesor no debería puntuar la EI para una calificación final del BI en el 4/PSOW.
- Cuando se evalúa el trabajo práctico, es importante que el alumno trabaje solo. Esto no significa, sin embargo, que otro alumno no pueda ayudar, digamos, a lanzar una pelota desde una altura dada cuando el alumno mide el tiempo. Todas las mediciones deben proceder del alumno que está siendo evaluado. Ocasionalmente, los moderadores encuentran conjuntos de datos idénticos y desconfían. Además, investigaciones basadas en Internet o en bibliotecas no resultan apropiadas,
- Los informes de laboratorio deben tener títulos descriptivos, del tipo “Cómo afecta la longitud del péndulo al periodo” y no “El péndulo”.
- Los profesores que incluyen comentarios sobre los informes de los alumnos o que añaden hojas en las que indican exactamente el nivel de logro alcanzado y el porqué otorgan la calificación que otorgan, a menudo no se les modera ni al alza ni a la baja, ya que una atención tan detallada a la evaluación consigue un nivel apropiado de calificación, que está normalmente justificada por el profesor. Se recomienda esta forma de proceder.

## Otros Comentarios

Un tema que surgió varias veces en la sesión de mayo 2011 fue el de evaluar el aspecto 3 de Diseño y el tema de la suficiencia de datos. Aunque los profesores esperan referencias explícitas a esto en los aspectos preliminares de los informes de los alumnos, hay casos en los que las evidencias pueden encontrarse en la parte del informe del alumno en que se considera la obtención y procesamiento de datos. Normalmente, los alumnos hacen mención de mediciones repetidas, pero si no hay tal mención y sin embargo claramente toman repetidas medidas y usan la media, entonces aún les daremos puntos por ello (similarmente,

para el rango y número de puntos dato). Si la tabla de datos pone de manifiesto un número suficiente de estos y un rango adecuado, entonces lo esperado en Diseño será satisfactorio. Los moderadores conceden a los alumnos el beneficio de la duda en ello y no sancionan a los alumnos que no hacen exactamente lo que al moderador le hubiera gustado ver. En lugar de ello, el moderador busca evidencias para conceder crédito a los alumnos.

La mayoría de los profesores evalúa el trabajo apropiadamente y concede los puntos oportunos. Por otra parte, la mayoría de los alumnos ha trabajado duro y ha elaborado buenos informes de experimentos de laboratorio de física. Sin embargo, los profesores deben recordar que las investigaciones de diseño no pretenden ser proyectos de investigación. La búsqueda en Internet no resulta apropiada.

Los moderadores mantienen normalmente las calificaciones de los profesores y, ocasionalmente, las aumentan o disminuyen. Si es que hay una tendencia, esta es que los profesores tienden a calificar al alza el criterio de Conclusión y Evaluación. Si los profesores han aplicado apropiadamente los criterios, entonces el sistema de moderación deberá apoyarlos. Los moderadores no están para aplicar sus propias convicciones, como profesores, sobre teoría y práctica, sino para asegurar que los colegios están utilizando los criterios dentro de márgenes aceptables de los descriptores oficiales. En otras palabras, los moderadores buscan los errores sistemáticos que van más allá del error aleatorio en la aplicación de los aspectos de los criterios.

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

#### **Cuándo reducen las calificaciones los moderadores —Diseño**

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

#### **Cuándo reducen las calificaciones los moderadores — Obtención y Procesamiento de Datos**

El moderador reducirá la calificación cuando se entrega una tabla fotocopiada con encabezamiento y unidades que los alumnos rellenan. Si el alumno no ha registrado las incertidumbres de algún dato cuantitativo, el máximo que puede conceder el moderador en el aspecto 1 es “parcial”. Si el alumno ha sido *repetidamente inconsistente* en el uso de cifras significativas, al registrar los datos, entonces lo máximo que puede conceder el moderador en el aspecto 1 es “parcial”. En física, los datos son siempre cuantitativos. Dibujar las líneas de campo alrededor de un imán no forma parte de OPD.

El moderador reducirá la calificación cuando se haya proporcionado una gráfica con los ejes rotulados (o se ha informado a los alumnos sobre las variables a representar), o los alumnos han seguido un cuestionario estructurado para llevar a cabo el procesamiento de los datos.

Para evaluar el aspecto 3 de OPD, se espera que los alumnos construyan gráficas. Para lograr “completo”, los puntos datos de la gráfica deben incluir barras de incertidumbre y debe calcularse la incertidumbre del gradiente de la línea de mejor ajuste.

### **Cuándo reducen las calificaciones los moderadores —Conclusión y Evaluación**

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

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

### **Cuándo no reducen las calificaciones los moderadores —Diseño**

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

El moderador no reducirá la calificación cuando para una tarea concreta se indican procedimientos similares (pero no idénticos palabra a palabra). El moderador hará un comentario en el formulario 4/IAF sobre lo inapropiado de la tarea. Los moderadores no califican solamente por la relación de materiales, sino que lo hacen también por su clara identificación en el procedimiento seguido. Se recuerda que los moderadores consideran el informe como un todo. Los moderadores no insisten en que la precisión +/- de los aparatos se indique en la relación de aparatos. Ello nunca se ha especificado así a los profesores, aparte de que la idea de registrar las incertidumbres se considera en OPD. Los moderadores nunca reducen la calificación de un profesor si no se relacionan los artículos habituales tales como gafas de seguridad o batas de laboratorio. Algunos profesores consideran vital enumerar cada uno de ellos, pero otros los consideran parte integral de todo trabajo de laboratorio y asumen su uso. En este punto, los moderadores apoyan la decisión de los profesores.

### **Cuándo no reducen las calificaciones los moderadores — Obtención y Procesamiento de Datos**

Si el alumno ha sido inconsistente con las cifras significativas para el caso de un punto dato u omite las unidades en el encabezamiento de una columna, en un ejercicio completo de obtención de datos, posiblemente con varias tablas de datos, entonces el moderador no reduce la calificación por este error mínimo. Si el moderador advierte que el alumno ha demostrado que les ha prestado atención a estos aspectos y ha cometido un error por descuido, entonces el moderador, aún así, puede respaldar la máxima calificación según la

regla de que “completo no significa perfecto”. Este es un principio importante puesto que a menudo los buenos alumnos que responden completamente a una tarea extensa resultan injustamente penalizados, con más frecuencia que los alumnos que abordan el ejercicio de manera simplista. El alumno no verá reducida su calificación si no incluye alguna(s) observación(es) cualitativa(s) y el moderador considera que de ninguna forma podría haber sido obviamente relevante. El moderador no reducirá la calificación si no hay título en una tabla, cuando resulte obvio a qué se refieren los datos contenidos en ella. A menudo, los alumnos llevan a cabo todo el trabajo duro de OPD, pero no titulan las tablas, y el profesor les reduce la calificación. Con la excepción de investigaciones extensas, normalmente resulta evidente en sí mismo a qué se refiere la tabla.

Lo que se espera en el tratamiento de errores e incertidumbres, en física, se describe en la Guía de la Asignatura y en el MAP (TSM). La evaluación de los alumnos tanto de nivel medio como de nivel superior se atiene al mismo programa de contenidos y al mismo estándar de rendimiento.

Se espera que todos los datos brutos incluyan unidades e incertidumbres. La última cifra de cualquier escala, o la última cifra significativa de cualquier medición, constituye una indicación de la incertidumbre mínima. Los alumnos pueden hacer indicaciones sobre la precisión que indica el fabricante, pero no es exigible. Cuando se procesen los datos brutos, es necesario procesar también las incertidumbres (véase la Guía de la asignatura, sección 1.2.11 del programa).

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

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

Si los alumnos han intentado claramente considerar o propagar las incertidumbres, los moderadores apoyarán lo concedido por el profesor, aún si consideraran que el alumno podría haber hecho un esfuerzo más complejo. Si se muestra la propagación en parte del experimento, entonces puede alcanzarse la totalidad de los puntos aún si el análisis de errores no se ha llevado a cabo en todos sus detalles (siempre que el alumno haya mostrado una estimación de la incertidumbre podrá obtener un *completo*).

Los moderadores **no** sancionan a un profesor o a un alumno si el procedimiento no coincide con el que se enseña i.e. las incertidumbres de una balanza de precisión de un solo platillo se han dado como  $\pm 0,01g$ , cuando se puede pensar que si se considera la tara del pesaje debería duplicarse. La moderación no es el momento, ni el lugar adecuado, para establecer el protocolo que resulte apoyado por el BI.

### **Cuándo no reducen las calificaciones los moderadores —Conclusión y Evaluación**

A menudo, los moderadores aplican el principio de “completo no significa perfecto”. Por

ejemplo, si el alumno ha identificado las fuentes más relevantes de error sistemático, el moderador puede apoyar lo concedido por el profesor, aun si le es posible identificar alguna fuente adicional. Los moderadores son algo más críticos en relación con el tercer aspecto que con las modificaciones asociadas a las citadas fuentes de error. Si el moderador advierte que una tarea resultó demasiado sencilla como para representar verdaderamente el espíritu del criterio, hace el oportuno comentario en el 4/IAF respecto a lo inadecuado de la tarea, dando todas las justificaciones. Esto proporcionará el oportuno comentario, pero el moderador no necesariamente reduce la calificación del alumno.

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

## Prueba Uno

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 – 10	11 – 17	18 – 232	24 – 26	27 – 30	31 – 33	34 - 39

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 – 7	8 – 11	12 – 16	17 – 18	19 – 21	22 – 23	24 - 29

### Comentarios generales

Algunas preguntas son comunes a las pruebas de NM y NS, y las preguntas adicionales en el NS permiten abarcar más a fondo el programa de estudios. Un número satisfactorio de centros enviaron los formularios G2. Para el NM, hubo 146 respuestas de 688 colegios, y para NS 144 respuestas de 729 colegios. Se trata de un agradable aumento en comparación con años anteriores, pero aún hay muchos colegios que no envían comentarios. Las respuestas indicaban que las pruebas de mayo de 2012 fueron, en general, bien acogidas y muchos de los formularios G2 recibidos expresaban comentarios favorables. Hubo, sin embargo, algunas cuestiones problemáticas que trataremos más abajo. La inmensa mayoría de los profesores que comentaron las Pruebas consideraba que contenía preguntas de un nivel apropiado.

Con pocas excepciones, los profesores consideraron que las Pruebas cubrían el programa de modo satisfactorio o bueno. Al comentar sobre la cobertura, debería tenerse presente que

esta prueba debe juzgarse en conjunción con la Prueba 2. Todos los profesores que enviaron el formulario G2 consideraron que la presentación de las Pruebas era o satisfactoria o buena.

### Análisis estadístico

El rendimiento global de los alumnos y el correspondiente a las diferentes preguntas se pone de manifiesto en el análisis estadístico de las respuestas. Estos datos se recogen en las tablas que siguen a continuación. Los números que aparecen en las columnas A-D y en Blanco representan el número de alumnos que eligieron esa opción o que dejaron la pregunta en blanco. La clave (opción correcta) está indicada por una casilla grisácea. El *índice de dificultad* (quizás mejor llamarlo índice de facilidad) es el porcentaje de alumnos que dan la respuesta correcta (la clave).

Un índice alto indica, por tanto, que la pregunta es fácil. El *índice de discriminación* es una medida de lo bien que discrimina la pregunta entre alumnos de capacidades diferentes. En general, un índice de discriminación alto indica que una gran proporción de los alumnos mejores identifica correctamente la clave, en comparación con los alumnos peores. Sin embargo, este puede no ser el caso cuando dicho índice es o alto o bajo.

### Prueba 1 del Nivel Superior Análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	3149	904	631	411	3	61.77	0.28
2	195	557	3794	547	5	74.42	0.4
3	29	412	3013	1641	3	32.19	0.25
4	3047	509	931	607	4	59.77	0.33
5	113	4751	213	19	2	93.19	0.17
6	4584	370	88	54	2	89.92	0.18
7	556	2186	647	1687	22	42.88	0.32
8	809	590	785	2913	1	57.14	0.49
9	4448	343	128	176	3	87.25	0.21
10	4043	630	222	197	6	79.31	0.28
11	522	434	1881	2258	3	44.29	0.42
12	205	422	1996	2460	15	39.15	-0.02
13	674	431	315	3675	3	72.09	0.45
14	165	3826	523	578	6	75.05	0.46
15	124	619	3105	1233	17	24.19	0.19
16	4772	86	215	24	1	93.61	0.14
17	4196	173	540	184	5	82.31	0.31
18	957	851	2300	972	18	45.12	0.42
19	772	340	3399	578	9	66.67	0.32
20	334	947	2230	1568	19	30.76	0.35
21	3042	909	513	629	5	59.67	0.6
22	55	335	4644	57	7	91.09	0.18
23	71	4715	179	130	3	92.49	0.16
24	2688	525	1602	266	17	31.42	0.24

25	363	406	161	4152	16	81.44	0.34
26	708	55	4282	49	4	83.99	0.17
27	1343	578	180	2987	10	58.59	0.52
28	3926	607	437	119	9	77.01	0.31
29	1670	669	2025	721	13	39.72	0.43
30	228	380	3607	877	6	70.75	0.52
31	2583	284	1096	1120	15	50.67	0.42
32	1119	602	406	2953	18		
33	2236	442	1634	772	14	32.05	0.32
34	395	3876	457	365	5	76.03	0.3
35	655	3980	353	89	21	78.07	0.33
36	4484	131	207	259	17	87.96	0.22
37	152	431	4310	196	9	84.54	0.21
38	98	150	4443	397	10	87.15	0.23
39	3351	352	946	427	22	65.73	0.5
40	527	3885	390	285	11	76.21	0.48

Número de alumnos: 5098.

#### Prueba 1 del Nivel Medio Análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	de	Índice de discriminación	de
1	2860	651	719	271	4	63.49		0.35	
2	1874	1062	1152	413	4	41.6		0.3	
3	301	750	2766	685	3	61.4		0.52	
4	71	397	2768	1267	2	28.12		0.12	
5	676	685	254	2877	13	63.86		0.47	
6	2080	727	855	838	5	46.17		0.29	
7	597	2966	723	217	2	65.84		0.37	
8	253	1249	1001	1990	12				
9	679	3293	118	411	4	73.1		0.41	
10	3340	472	317	373	3	74.14		0.44	
11	676	3162	189	473	5	70.19		0.5	
12	235	3206	909	151	4	71.17		0.41	
13	226	2635	719	913	12	58.49		0.58	
14	254	539	2604	1096	12	24.33		0.11	
15	27	36	3932	507	3	87.28		0.19	
16	2004	1169	415	906	11	44.48		0.57	
17	2137	574	1586	200	8	35.21		0.27	
18	130	554	3699	114	8	82.11		0.34	
19	850	1892	1420	330	13	31.52		0.33	
20	837	138	202	3316	12	73.61		0.35	
21	115	3610	519	248	13	80.13		0.32	
22	362	3177	500	457	9	70.52		0.48	

23	746	109	3536	107	7	78.49	0.22
24	1664	418	228	2187	8	48.55	0.54
25	1214	2049	624	599	19	45.48	0.54
26	598	3290	489	111	17	73.03	0.29
27	2541	806	454	686	18	56.4	0.36
28	3586	213	365	319	22	79.6	0.33
29	142	1779	1460	1111	13	64.14	0.35
30	119	676	3526	174	10	78.27	0.21

Número de alumnos: 4505.

## Comentarios sobre el análisis

### Dificultad

El índice de dificultad varió entre el 24% en NS y el 22% en NM (preguntas relativamente “difíciles”), hasta casi el 93% en NS y 87% en NM (preguntas relativamente “fáciles”). Alrededor de la mitad de las preguntas estaban en el rango entre el 50% y el 80%. Esto indica que los alumnos encontraron las pruebas relativamente fáciles en comparación con años anteriores, de modo que las preguntas dieron una amplia oportunidad a todos los alumnos para lograr algunos puntos y, al mismo tiempo, proporcionaron una buena distribución de las puntuaciones.

### Discriminación

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

### Respuestas "en blanco"

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

## Comentarios sobre preguntas seleccionadas

El rendimiento de los alumnos en cada una de las preguntas se indica en las tablas estadísticas anteriores, junto con los valores de los índices. Para la mayoría de las preguntas, esta información proporciona suficiente información cuando se considera una

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

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

#### **NM P4 y NS P3**

La mayoría de los alumnos eligió incorrectamente la respuesta C. La única diferencia entre C y D es la longitud relativa de la flecha vertical, y puesto que una componente de  $F$  contribuye a la fuerza hacia arriba, la respuesta correcta debe ser la D. Se ruega a los estudiantes que lean **todas** las opciones dadas, pues todas ellas deben considerarse para seleccionar la mejor opción y, en nuestro caso, D es claramente mejor que C.

#### **NM P6 y NS P4**

Algunos profesores comentaron que esta pregunta resulta un tanto farragosa. Sin embargo, las estadísticas muestran que la mayoría de los alumnos comprendió que no se efectúa trabajo sobre un cuerpo si la fuerza actúa formando un ángulo de  $90^\circ$  **con la dirección de su movimiento**, como es el caso en el movimiento circular.

#### **NM P10 y NS P9**

Hubo unos pocos comentarios de profesores diciendo que esto estaba fuera de los requisitos del programa. Sin embargo, según el apartado 3.2.6, sería de esperar que los alumnos comprendieran que la evaporación tiene lugar desde la superficie del líquido, con lo que la pregunta resultaba pertinente. Una aplastante mayoría de alumnos dio la respuesta correcta.

#### **NM P14 y NS P15**

Se trataba de una pregunta inusual, aunque perfectamente válida como prueba de 4.5.1. La mayoría de los alumnos no se dio cuenta de que la onda reflejada desde la frontera de un medio menos denso, no experimenta cambio de fase alguno. Por tanto, el pulso no se invertirá –al contrario de lo que ocurre si la reflexión es desde un medio más denso.

#### **NM P23 y NS P26**

La escala de tiempo necesario para reponer la fuente (uranio) es inmensa comparada con el ritmo habitual al que se consume. Por esta razón se considera como no renovable.

#### **NM P24 y NS P27**

Muchos alumnos no comprendieron claramente el papel del moderador en una central de energía nuclear.

**NM P30 y NS P37**

La quema de combustibles fósiles es la causa principal de la emisión de gases de efecto invernadero hacia el entorno. Una abrumadora mayoría de los alumnos así lo comprendió y no se dejó confundir por el distractor B (la deforestación).

**NS Preguntas****P1**

Muchos alumnos eligieron D, a pesar de utilizar  $Vm^{-1}$  como unidad de intensidad de campo eléctrico.

**P12**

Los profesores hicieron muchos comentarios a esta pregunta, yendo desde que era improcedente hasta que resultaba imposible. Sin embargo, la física de la situación es clara. El proceso es adiabático y no hay ninguna transferencia de energía térmica. Es también reversible. Por tanto, no hay cambio de entropía ni en el gas ni en los alrededores (Cambio de entropía =  $\Delta Q/T$ ). De modo alternativo, se puede argumentar que la entropía total no puede disminuir y por tanto, por eliminación, D debe ser la mejor respuesta. La pregunta está respaldada por el apartado 10.3.3 del programa y se considera válida.

**P18**

El experimento de Young de la doble rendija no está explícitamente en el programa. Pero se espera que los alumnos estudien la condición para interferencia constructiva en términos de diferencia de caminos (4.5.6). Esta pregunta se consideró válida y resultó agradable ver que muchos estudiantes elegían la respuesta correcta.

**P20**

Es razonable esperar que los estudiantes de física NS conozcan el valor de  $\cos 30^\circ$ , y si no es así, siempre pueden esquematizar el triángulo pertinente. Sin embargo, la evidencia que muestran las estadísticas sugiere que la mayoría de los alumnos o bien omitía el factor en el efecto de paso de la luz a través del primer polarizador, o consideraban que la intensidad se reducía en un factor  $\cos 60^\circ$  (en vez de  $\cos^2 60^\circ$ ) al pasar a través del segundo polarizador.

**P24**

Demasiados alumnos, aquí y allá, omiten leer los ejes cuando interpretan una gráfica. En este caso, olvidaron la potencia de diez.

**P32**

Esta pregunta estaba fuera de los requerimientos del programa, como observaron muchos profesores, por lo que fue descartada.

**P33**

A partir de sus respuestas, parecía que había muchos estudiantes que no estaban familiarizados ni con la estructura básica, ni con la función del espectrómetro de masas.

**NM Preguntas****P2**

B y C se eligen normalmente como distractores. Una estrategia educativa sencilla para abordar tales situaciones es invitar a los candidatos a considerar qué sucede si el ángulo es cero. Claramente, la componente requerida también se hace nula, en cuyo caso ni B ni C pueden ser correctas.

**P7**

La masa del resorte es despreciable, por lo que no puede tener energía cinética alguna y, por tanto, las opciones C y D quedan eliminadas automáticamente.

**P8**

Como señalaron muchos profesores, la pregunta debería haber hecho referencia a la tensión del hilo en vez de a la fuerza centrípeta. Desde luego, esto confundió también a muchos alumnos y la pregunta se descartó.

**P16**

La inmensa mayoría de los estudiantes comprendió, correctamente, que el radio tenía que ser mayor –pero muchos eligieron B, incorrectamente, pensando que el radio, en vez del área de la sección transversal, cambia proporcionalmente con la longitud para dos cables de igual resistencia.

**P17**

La mayoría de los alumnos eligió A –una conjetura intuitiva, pero incorrecta. Cuando X se rompe, la resistencia del circuito *aumenta* por lo que Z cambiará. Por lo tanto, solo C o D pueden ser correctas. Además, puesto que Y soporta la mitad del voltaje de la batería, en vez de la tercera parte que soportaba antes, habrá aumentado su brillo.

**P19**

La elección más popular fue la B, a pesar de que representaba claramente una fuerza, en vez de una intensidad de campo. La intensidad de campo en un punto es la aceleración de la masa situada en ese punto, por lo que C es claramente la respuesta correcta.

**P27**

Para que la fusión tenga lugar en un reactor, la temperatura del plasma necesita estar en la región de los 25 millones de grados –casi el doble de caliente que el núcleo del Sol.

Mantener tales temperaturas es el principal obstáculo para una producción viable de energía de fusión. La respuesta correcta es claramente la A.

### P29

La mayoría de los alumnos eligió la respuesta correcta, B. Muchos profesores observaron que algunas fuentes consideran como correcta la respuesta D. Ambas respuestas, la B y la D, se consideraron correctas.

## Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos

Los alumnos deberían abordar todos los ítems. Si no están seguros de cuál es la respuesta correcta, entonces siempre podrían elegir la opción que, para ellos, resulta ser la más probable. Debería recalcar que una respuesta incorrecta no reduce puntos.

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

Algunas de las respuestas serán discutibles, pero se pide al alumno que seleccione la *mejor* respuesta, por lo que debería leer todas las respuestas antes de tomar una decisión. Tras decidir, los alumnos deberían comprobar que las demás opciones no son viables o son manifiestamente incorrectas.

Las preguntas de opción múltiple debería ser parte integrante del curso de Física. Constituyen una forma excelente de evaluar la comprensión y el progreso de los alumnos, y proporcionan un material motivador para una discusión en grupo. Como deberes, tienen el potencial de estimular el pensamiento sin consumir demasiado tiempo.

Los alumnos pueden esperar que la proporción de preguntas cubriendo un tema concreto sea la misma que la proporción de tiempo asignado para enseñar ese tema, tal y como se especifica en la Guía. Debería dedicarse suficiente tiempo para enseñar temas tales como Calentamiento Global y el Efecto Invernadero. Lo que comúnmente sabe la mayoría de la gente sobre estas áreas de la Guía no es suficiente para responder a preguntas sobre estos temas, que no son triviales.

## Prueba Dos

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 – 11	12 – 22	23 – 31	32 – 41	42 – 52	53 – 62	63 - 95

## Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 – 5	6 – 10	11 – 14	15 – 19	20 – 24	25 – 29	30 - 50

Se recibieron los formularios G2 procedentes de 161 profesores de NM y de 159 profesores de NS, lo que representa aproximadamente un cuarto de los colegios. Los comentarios de los informes indicaban que, en líneas generales, el 90% pensaba que el nivel de dificultad de las pruebas de NM y NS era el apropiado. Nadie encontró demasiado fácil la prueba de NM, pero alrededor del 2% pensó que ese era el caso para la prueba de NS.

Para el NM, el 64% encontró que el nivel de dificultad fue comparable al de mayo de 2011, y un 12% y 15% consideraron el examen más fácil y más difícil, respectivamente. Los informes para NS, en líneas generales, son similares; un 56% consideró el examen comparable al de 2011 y aquellos que encontraron la prueba un poco más fácil o un poco más difícil se situaron en el 11% y el 21% respectivamente. Solo unos pocos consideraron la prueba mucho más fácil o mucho más difícil.

La claridad de la redacción y la presentación de la prueba resultaron completamente satisfactorias, considerándose la prueba de NS como satisfactoria o buena por el 98% de los colegios. El dato para NM en claridad y presentación fue del 97%.

Los comentarios escritos insinuaban, en algún caso, que era ir más allá del programa esperar que los estudiantes recordaran el valor del área superficial de una esfera y otros volúmenes y áreas estándar. Sin embargo, resulta claro que se espera este conocimiento en base a los requisitos matemáticos (Guía de Física, p.135).

## Comentarios generales

Los examinadores comentaron la muy pobre presentación que mostraron algunos estudiantes. Los ejemplos de ejercicios muy pobres pueden verse por igual tanto en los que han obtenido alta puntuación, como en los que ha sido baja.

Algunas explicaciones continúan escribiéndose de manera ilegible. Si el material no puede leerse, se juzga como incorrecto. Es responsabilidad del estudiante escribir claro y no que el examinador descifre un escrito redactado sin la debida atención. Ello se aplica por igual a palabras, números y unidades.

Las definiciones siempre se ponen de relieve en las preguntas (son un caso de los términos de examen del objetivo 1 de evaluación). Este año, muchos estudiantes no pudieron recordar o proponer definiciones adecuadas para términos estándar; o no habían aprendido la definición o la idea subyacente tras ella, por lo que no fueron capaces en ese momento de darle la forma apropiada. Para los examinadores se trata de una destreza fundamental. Los estudiantes deberían aprender a elaborar definiciones rigurosas y concisas.

Los estudiantes continúan presentando explicaciones que adolecen de claridad y enjundia, y que, evidentemente, se escriben sin meditarlas. Este es un área que los alumnos pueden abordar durante su trabajo de preparación con exámenes anteriores.

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

- definiciones de campo e intensidad de campo en los contextos eléctrico, gravitatorio y magnético
- análisis de proporcionalidad inversa
- el modelo cinético de gas ideal
- razones para la estabilidad o no de un núcleo atómico
- niveles de energía en el átomo de hidrógeno

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

- las matemáticas del movimiento armónico simple
- explicación del efecto Doppler
- cinemática

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

### A1 NS y NM Análisis de datos

(a) Se pedía a los estudiantes que dibujaran la línea de mejor ajuste a una serie de puntos. Pocos pudieron hacerlo adecuadamente y resultó raro ver una buena construcción. Habitualmente, las líneas se trazaban punto a punto, curvadas de alguna forma, o “con cabellera” (lo que significa que el alumno había intentado trazar la línea varias veces). Evidentemente, se trata de una destreza que no poseen todos los candidatos.

Todavía existe el error generalizado de que cuando en la pregunta se solicita que el alumno “dibuje la línea de mejor ajuste” ello implica que dicha línea sea una recta. Este error se da en trabajos presentados en todas las lenguas del IB y es algo sencillo en lo que incurren los alumnos año tras año.

(b) La pregunta exige una prueba de proporcionalidad inversa. Los examinadores esperaban que los alumnos mostraran que  $f \times h$  no era constante para dos puntos bien separados. Solo alrededor del 75% de la totalidad pudo manipularlo. Muchos intentaron probar que  $f/h$  era constante y obtuvieron muy pocos puntos, aparte de los obtenidos por la elección de dos puntos-dato bien separados.

(c)(i) Este apartado precisaba de una línea recta *pasando a través de todas las barras de error*. En este caso, los estudiantes hicieron buenos intentos. Un error corriente fue no dibujar la línea pasando por el origen.

(c)(ii) Debería haber sido un asunto sencillo determinar el gradiente de esta gráfica y su ordenada en el origen. Muchos alumnos olvidaron el factor  $10^{-3}$  de la escala del eje y omitieron la unidad en sus respuestas. Un fallo generalizado al añadir unidades a los cálculos del gradiente ha sido una característica de varios exámenes recientes de la prueba 2.

(d) Los alumnos comprendieron los peligros de la extrapolación, pero no pudieron expresarlos correctamente.

### A2 NS y NM Cinemática

(a) Como en la pregunta anterior, los alumnos parecen comprender la diferencia entre rapidez media y rapidez instantánea, pero no pueden dar una explicación concisa o (a veces) coherente. Se presentaron algunas respuestas de calidad que utilizaban ideas de cálculo, pero los examinadores no piden tal cosa.

(b)(i) Se pedía a los estudiantes que se dieran cuenta de que el área bajo una gráfica aceleración-tiempo proporciona el cambio en la rapidez de la partícula. Se esperaba, también, que proporcionaran un número realista de cifras significativas en sus respuestas. Demasiados quedaron atrapados en ello.

(b)(ii) Una gran mayoría de los alumnos fue capaz de proporcionar un buen esquema de parábola para su respuesta. Entre las respuestas fallidas estaban líneas rectas que pasaban por el origen y líneas rectas paralelas al eje  $x$ .

### A3 NS y NM Reacciones nucleares

(a)(i) Fue raro encontrar un buen enunciado del significado de *núclido*. El término *isótopo* fue mucho mejor comprendido y explicado.

(a)(ii) La mayoría identificó la partícula alfa como la otra partícula de la reacción. Las equivocaciones más habituales fueron el neutrón, varias formas de neutrino y la antes desconocida alfa-fotón.

(b) A los alumnos les resultó difícil explicar por qué el U-235 es más inestable que el isótopo estable del plomo. Fue raro encontrar enunciados claros sobre la naturaleza repulsiva de la fuerza de Coulomb y de que ella actúa entre protones mientras que la fuerza nuclear fuerte es atractiva, de modo que el balance protón-neutrón cambia en el caso del plomo, más estable. También se aceptaron explicaciones en términos de energía de enlace por nucleón. Las explicaciones formuladas exclusivamente en términos de energía de enlace fueron habitualmente incorrectas.

(c) **Solo NM** Muchos realizaron de manera competente los cálculos de la energía cinética de los productos de fisión en una reacción nuclear. Algunos, sin embargo, no mostraron claramente la transformación de unidades de masa atómica a electronvoltios y perdieron algún punto por ello.

**A4 NS; B1 Parte 1 NM Gases ideales y calor específico**

(a) Muchos solo pudieron dar una asunción razonable del modelo cinético de gas ideal. Fue muy corriente ver pura y simplemente que no hay fuerzas interatómicas entre las moléculas. Los alumnos no indicaron la condición de que ello no es cierto durante los choques entre moléculas y de éstas con las paredes del recipiente. Algunos alumnos pretendieron convencer sin éxito a los examinadores de que las leyes empíricas de los gases son, en sí mismas, suposiciones.

(b)(i) Muchos pudieron definir el mol de argón bien en términos de 12 g de carbono-12 o en términos de un enunciado correcto sobre el número de Avogadro. Se aceptaron ambos si estaban claros.

(b)(ii) Aunque casi todos fueron capaces de identificar el punto de partida para el cálculo del calor específico del argón, un error habitual fue olvidar que la masa molar está expresada en gramos, no en kilogramos. Por tanto, resultó frecuente encontrar respuestas que eran 1000 veces más pequeñas de lo esperado.

(c) **Solo NM** Las explicaciones para la disminución de la temperatura del gas en expansión fueron pobres. La clave para la explicación es que, a nivel molecular, la temperatura es una medida de la energía cinética de las partículas. Esto a menudo se olvidó en las respuestas.

**A5 NS Potencial eléctrico**

(a) De los tres puntos asignados a esta pregunta, la mayoría obtuvo 1 o 2. La definición completa de potencial eléctrico en un punto, sencillamente, no se recordó suficientemente bien. Muchos olvidaron que es (i) el trabajo por unidad de carga sobre una (ii) carga positiva de prueba (iii) cuando la carga se desplaza desde el infinito hasta el punto en cuestión.

(b)(i) La mayoría leyó mal la pregunta y no se dio cuenta de que lo que se pedía era la dirección respecto a una superficie equipotencial. Casi todos dieron la dirección relativa al diagrama.

(b)(ii) Una gran mayoría respondió bien a este apartado; sin embargo, los examinadores esperaban encontrar todo sustituido numéricamente, ya que no es aceptable dejar la permitividad del vacío como un símbolo en esta pregunta tipo “demuestre que”.

(b)(iii) Aún cuando los alumnos pudieron encontrar un procedimiento de solución para esta pregunta, las soluciones fueron raramente claras.

**A6 NS Fuerza electromotriz (fem) inducida**

Sigue estando claro que los estudiantes encuentran difícil esta parte del programa, en la que se requiere una clara e inquebrantable comprensión de los conceptos.

(a)(i) Un buen número no consideró como enseñadas las fuerzas que actúan sobre los electrones y, por tanto, obtuvo pocos puntos o ninguno. De los restantes, alguno fue capaz de discutir el movimiento forzado de los electrones en el campo y de cómo ello conduce a la dirección de las fuerzas sobre los electrones a lo largo de la barra. Fue raro encontrarse con que se considerara la conexión entre el trabajo realizado sobre los electrones y la fem.

(a) (ii) Solo unos pocos estudiantes pudieron explicar adecuadamente qué se entiende por ritmo de cambio del flujo. El aspecto “ritmo de cambio” usualmente se omitía.

(b)(i) El cálculo de la intensidad del campo magnético se sigue directamente de sustituir en una de las ecuaciones del Cuadernillo de Datos, por lo que frecuentemente se hizo bien, salvo los inevitables errores en las potencia de diez por parte de aquellos que olvidaron la “m” en “mV”.

(b)(ii) Este apartado se respondió en verdad pobremente. Muchos no fueron capaces ni siquiera de indicar la ley de Lenz adecuadamente y no pudieron avanzar más. Resultó raro encontrar una buena relación entre la ley en sí misma y la corriente inducida en el circuito.

### **B1 Parte 1 NS; B2 Parte 2 NM Campos y diferencia de potencial**

(a) **Solo NS** En este apartado, los estudiantes no supieron qué decir en absoluto y no fueron capaces de indicar el significado de los símbolos en las definiciones de intensidad de campo gravitatorio o eléctrico. Resultó ser un fallo decepcionante en aquello que cabía esperar fuera una introducción a la pregunta.

(b) **NS** Al igual que en (a), los alumnos también fallaron completamente en este apartado. A menudo tenían poca idea de qué datos utilizar (masa y carga se confundieron con frecuencia) y, a veces, también se confundió el significado de las constantes en las ecuaciones. Todo esto se agravó con los errores aritméticos cometidos al hacer sencillos cálculos, demasiado arduos para muchos.

(c) **NS**; (a) **NM** Sin embargo, esta apartado se hizo bien.

(d)(i) **NS**; (b)(i) **NM** Muchos no habían aprendido la definición de resistencia requerida en el programa. Algunos siguieron aún proporcionando explicaciones (espurias) de cómo surge la resistencia.

(b)(ii) **Solo NM** Se trataba de una descripción y muchos alumnos fueron capaces de obtener un punto. Pero el segundo punto, por el análisis de la disipación de potencia interna de la batería, brilló por su ausencia en todos los casos.

(d)(ii) **NS** Resultó gratificante ver un buen número de intentos consistentes y exitosos para calcular la resistencia del circuito. Aquellos que fallaron, normalmente pudieron probar que la diferencia de potencial a través de la batería era de 3 V, aunque en ocasiones no fueron más allá.

(d)(iii) **NS** Casi todos presentaron una ecuación que, en principio, puede conducir a un cálculo de la potencia suministrada; el principal fallo fue utilizar datos incorrectos para la determinación (hay tres posibles valores de diferencias de potencial o fem para elegir).

### **B1 Parte 2 NS Termodinámica**

(a)(i) Algunos estudiantes repitieron la información que ya habían proporcionado en A4(a) sin pensar el problema completamente de nuevo. Las ideas correctas de baja presión y alta temperatura fueron corrientes en los escritos.

(a)(ii) Muchos se dieron cuenta de que los procesos adiabáticos no involucran intercambio de energía. Se penalizó a quienes dijeron que no se intercambiaba calor. El simple término “calor” no permite obtener puntos en el examen.

(b) A menudo se hizo bien y quizás un tercio de los alumnos obtuvo todos o casi todos los puntos por el reconocimiento del trabajo realizado y por una deducción, a partir de ello, del signo de  $\Delta U$  y  $W$ .

(c) Aunque casi la mitad fue capaz de llegar a una estimación directa del trabajo efectuado en un ciclo, a veces las explicaciones fueron breves y poco claras. Una ristra de números sin explicación no se granjea por sí misma la simpatía de los examinadores, quienes solo raramente otorgan puntos a las soluciones parciales, si no está claro qué ideas se utilizan o de dónde surgen los datos.

### **B2 Parte 1 NS; B3 Parte 1 NM Energía solar**

(a) En una sencilla primera pregunta, se preguntaba a los estudiantes por la diferencia entre un panel de calentamiento solar y una célula fotovoltaica. A veces, la palabra “energía” no aparecía en las respuestas. Es importante que los alumnos indiquen claramente las formas de energía inicial y final, expresándolas en lenguaje científico.

(b) (i) and (ii) Hubo una amplia variedad de respuestas correctas. Sin embargo, algunas confundían claramente el uso de los paneles de calentamiento solar y los fotovoltaicos.

(c) Se respondió correctamente y muchos mostraron, correctamente, la intensidad procedente del Sol e incorporando apropiadamente el efecto albedo.

(d) No resultó tan impresionante como (c), apareciendo muchas veces un factor 4 sin explicación alguna de su origen. Esto no resulta aceptable.

(e) Fue sencilla, pero se necesitaba manipular claramente la ley de Stefan, idealmente calculando con el número suficiente de cifras significativas para mejorar la respuesta. Muchos fallaron en este sentido, haciendo tan solo una sustitución inicial. Los examinadores necesitan ver la manipulación correcta de la raíz cuarta para otorgar la totalidad de los puntos.

### **B2 Parte 2 NS Almacenamiento digital**

(a) Esta pregunta se caracterizó, como ocurre con frecuencia, porque los candidatos repitieron dos veces lo mismo. Es importante en este tipo de preguntas identificar dos ejemplos o asuntos distintos para estar seguro de no repetirse.

(b)(i) Muchos alumnos no fueron capaces de recordar la capacidad o la característica de almacenamiento de carga de un píxel e hicieron comentarios generales sobre la respuesta al color o, de manera imprecisa, sobre el efecto fotoeléctrico.

(b)(ii) Resultó bastante frecuente encontrar una discusión sobre la diferencia de potencial a través del píxel, pero las descripciones sobre la digitalización fueron, como mucho, demasiado esquemáticas y a menudo inexistentes.

(c) Como en otras partes del examen, el cálculo y la decisión relativos o no a la resolución, raramente se explicaron bien. Los alumnos no utilizaron bien el espacio disponible, y a veces resultó difícil descifrar el significado del revoltijo de números y símbolos al que se enfrentaron los examinadores. En el caso de perder puntos, los estudiantes solo pueden culparse a sí mismos cuando no se puede determinar en qué consiste su trabajo.

### **B3 parte 1 NS; B2 Parte 1 NM Cinemática**

(a) El momento lineal se definió con exactitud. Solo unos cuantos utilizaron en la definición la rapidez en lugar de la velocidad.

(b) La segunda ley de Newton del movimiento parecía comprenderse bien, pero algunos no la enunciaron en términos de momento lineal, formulándola como  $F=ma$ .

(c) Muchos fueron capaces de demostrar que el impulso es igual al cambio en el momento.

(d)(i) Fue otra pregunta en la que los alumnos decepcionaron con la calidad de sus explicaciones y de la presentación. Aunque muchos lograron llegar a la respuesta correcta, a menudo no estaba del todo claro lo que habían entendido en las suposiciones que habían hecho. Los examinadores buscaban (para dar todos los puntos) explicaciones típicamente en términos del área bajo la gráfica F-t, lo que resultó raro, junto a una consideración completa de la evaluación del triángulo isósceles. Muchos alumnos lograron solo un punto por una determinación del cambio en el momento (normalmente por inferencia en vez de por un enunciado exacto del alumno) y un punto por la respuesta.

(d)(ii) A menudo se hizo bien esta sencilla aplicación de las ecuaciones de la cinemática, pero algunos estudiantes no leyeron la pregunta cuidadosamente y no fueron capaces de identificar los valores correctos de la rapidez del vagón.

(d)(iii) Un error frecuente fue calcular  $(4.8 - 2.3)^2$  en vez de la expresión correcta  $(4.2^2 - 2.8^2)$ , al determinar el cambio en la energía cinética. Sin embargo, tanto si calcularon correctamente ese cambio como si no, la mayoría pudo dividir el valor del cambio por el tiempo calculado en (ii) para determinar el ritmo medio al que se disipaba la energía.

(d)(iv) Se pedía a los alumnos que indicaran las bases de sus cálculos (conservación del momento lineal) y que identificaran el método algebraico o numérico que utilizaran. Aunque algunos lograron todos los puntos, una vez más los alumnos no pusieron fácil a los examinadores el determinar las bases de dicho método. Resultaron raros los enunciados claros de la conservación del momento lineal y los examinadores tuvieron frecuentemente que inferir el método a partir de un conjunto de símbolos no definidos y en ocasiones sin relación con el problema.

(d)(v) La mayoría de los alumnos obtuvo un punto en esta pregunta, al resumir la transferencia de energía cinética del primero al segundo vagón. Pocos se dieron cuenta del papel del mecanismo de unión de los vagones, prefiriendo enfatizar el papel general y relativamente secundario de la disipación de calor y de sonido en el choque. Se trata de una respuesta frecuente en preguntas, como esta, sobre transferencia de energía; los alumnos deberían considerar ejemplos específicos en la pregunta en vez de echar mano de los temas más generales sobre transferencia de energía.

**B3 Parte 2 NS Resolución**

(a)(i) Muchos constataron que el fenómeno en cuestión es la difracción. Las respuestas incorrectas más corrientes fueron “criterio de Rayleigh” e “interferencia”.

(a)(ii) A menudo, los alumnos no dejaron claro que su respuesta se refería a los patrones de difracción de  $G_1$  y  $G_2$ , siendo frecuente encontrarse con expresiones del tipo de “primer máximo de  $G_1$ , etc.

(a)(iii) Muchos fueron capaces de superar con facilidad este cálculo en dos pasos.

(b)(i) A menudo se presentaron buenas descripciones del desplazamiento hacia el rojo en términos del efecto Doppler, obteniendo excelente puntuaciones.

(b)(ii) Los alumnos se confundieron frecuentemente en sus cálculos a causa del significado de los símbolos que aparecen en el Cuadernillo de Datos. A menudo, los examinadores encontraron respuestas de alrededor de  $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  (o superior) sin que los estudiantes se dieran cuenta de que una respuesta de esta magnitud es inverosímil.

**B3 Parte 2 NM Campos**

(a) En este apartado, los estudiantes se encontraron completamente perdidos y no fueron capaces de indicar el significado de los símbolos en las definiciones de las intensidades de campo gravitatorio y eléctrico. Se trató de un fallo decepcionante en lo que se pensaba que iba a ser una fácil introducción a la pregunta.

(b)(i) Los diagramas que se presentaron a los examinadores daban con frecuencia una clara indicación de la dirección y sentido, y de la forma del patrón del campo. Se hizo bien.

(b)(ii) Al igual que en (a), los alumnos también fallaron completamente en este apartado. A menudo tenían poca idea de qué datos utilizar (frecuentemente se confundieron masa y carga) y en ocasiones tampoco acertaron con el significado de las constantes de las ecuaciones. Esto se agravó con los errores aritméticos al hacer un sencillo cálculo que resultó muy difícil para muchos.

**B4 Parte 1 NS; B1 Parte 2 NM Movimiento armónico simple**

Hubo algunos comentarios G2 que sugerían que esta pregunta estaba fuera del programa, ya que involucraba (afirmaban los G2) el uso de la ley de Hooke. De hecho,  $k$  estaba definida como fuerza por unidad de alargamiento en vez de cómo constante del muelle, y la pregunta completa resultó accesible basándose exclusivamente en los conocimientos de la teoría del MAS.

(a)(i) Muchos se dieron cuenta de que, por dos puntos, se les pedía indicar la relación entre la aceleración y el desplazamiento, así como la dirección y sentido de la aceleración.

(a)(ii) y (iii) Muchos del NS determinaron correctamente la aceleración máxima y el periodo de oscilación. Para resolver el apartado (iii) eran posible varias posibilidades, pudiéndose ganar en todas ellas los mismos puntos. Las respuestas más irregulares fueron las de los alumnos de NM, que pasaron más apuros que los de NS en este apartado.

(a)(iv) **Solo NM** Los resultados fueron, de nuevo, irregulares. Alguno de los candidatos de NM no parecían cómodos con las ideas y ecuaciones subyacentes a la teoría del MAS.

(b) A pesar de tener adjudicados 2 puntos, los alumnos presentaron una de las dos ideas siguientes sobre amortiguamiento crítico: o no había oscilación, o el sistema retornaba a la posición de equilibrio lo más rápidamente posible. Fue muy raro ver ambos enunciados juntos.

(c)(i) Los examinadores se decepcionaron al ver que los alumnos solo raramente podían dar una descripción completa de una onda progresiva longitudinal. Las descripciones eran imprecisas y raramente indicaban, de manera clara e inequívoca, las direcciones relativas de propagación de la energía y del desplazamiento de las partículas

(c)(ii) Aunque muchos llegaron a la respuesta correcta, a menudo no explicaron los métodos utilizados si relaciones evidentes con la gráfica de cara a indicar la frecuencia o el periodo. Tal falta de claridad fue penalizada.

(c)(iii) La mayoría de los estudiantes fueron incapaces de desarrollar esta pregunta y resultó frecuente que la dejaran en blanco. El problema necesitaba comprender que una distancia de 1,8 cm correspondía a un desplazamiento de  $\frac{3}{4} \lambda$  y, por tanto, de un desplazamiento correspondiente en la gráfica.

#### **B4 Parte 2 NS Niveles de energía en átomos**

(a)(i) Aunque muchos presentaron buenas líneas argumentales, algunos estudiantes sufrieron para relacionar el diagrama con la existencia de niveles de energía. A veces, ello dio como resultado una descripción de la emisión del fotón que era exacta, pero irrelevante.

(a)(ii) Algunos errores algebraicos impidieron que muchos obtuvieran la solución correcta. Fue corriente encontrar restas de los valores de las dos longitudes de onda en vez de la resta de sus recíprocas. Los estudiantes que determinaron ambas energías separadamente obtuvieron una puntuación más alta que aquellos que abordaron las restas anteriores.

(b)(i) Con frecuencia se responde a esta pregunta y, normalmente, la responden pobremente aquellos que olvidan definir el significado de los símbolos que usan en sus respuestas.

(b)(ii) La mayoría de los alumnos que abordaron este apartado convencieron a los examinadores de que la demostración era completa y precisa.

(c) Esta pregunta de un punto con que concluía la prueba requería, sencillamente, de una sustitución apropiada en la ecuación de (b)(ii). La mayoría no pudo llevarlo a cabo correctamente.

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

- Animar a los estudiantes a exponer los cálculos de una manera lógica y presentable.
- Animar a los estudiantes a escribir de manera legible y a expresar sus ideas claramente.

- Animar a los estudiantes a aprenderse las definiciones como una ayuda a la comprensión de los conceptos.
- Recomendar a los estudiantes a leer detenida y rigurosamente las preguntas antes de comenzar a responderlas.

## Prueba Tres

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 – 7	8 – 14	15 – 22	23 – 28	29 – 33	34 – 39	40 - 60

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 – 3	4 – 7	8 – 13	14 – 17	18 – 21	22 – 25	26 - 40

### Comentarios generales

Estas pruebas discriminaron bien. Hubo muy buenos exámenes pero, de igual forma, muchos otros mostraron muy poca comprensión completa de las opciones elegidas por los estudiantes. No hubo evidencia de que los alumnos tuvieran dificultades para terminar la prueba en el tiempo concedido.

En ambos niveles NM y NS, la pregunta E1 (a)(iii) daba, incorrectamente, un valor de luminosidad en  $W m^{-2}$  en lugar de en  $W$ , la unidad correcta. No hubo evidencia de que este error equivocara a los estudiantes; sin embargo, aquellos alumnos que definieron la luminosidad como potencia por unidad de área en (a)(ii) obtuvieron la totalidad de los puntos por sus respuestas.

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

Hubo una considerable diferencia entre la popularidad de las diferentes opciones: en NM, las opciones A (Visión y fenómenos ondulatorios), E (Astrofísica) y G (Ondas electromagnéticas) fueron las que se respondieron más frecuentemente; en NS, la extensión de opciones populares fue más amplia, siendo a menudo elegidas las opciones E (Astrofísica), G (Ondas electromagnéticas) y H (Relatividad), pero también fueron muy elegidas las opciones I (Física médica) y J (Física de partículas). Con frecuencia, estas opciones proporcionaban la más alta calificación, pero muchos estudiantes encontraron serios retos en aspectos de estos temas así como en los temas respondidos menos comunes. Los temas en los que los estudiantes a menudo encontraron dificultades fueron:

- Comprensión del término “profundidad de visión”.
- Utilización de los términos sustracción y adición de colores.
- Uso de la geometría y de las ecuaciones de la difracción en el problema sobre resolución.
- Explicación del por qué la teoría ondulatoria no puede explicar el efecto fotoeléctrico.
- Resumen del por qué los espectros alfa y gamma proporcionan evidencia de la existencia de niveles nucleares de energía.
- Uso de la ecuación de la desintegración radiactiva.
- Explicación del concepto de tierra virtual en el amplificador operacional no inversor.
- Resumen del papel de la comunicación celular en una red de telefonía móvil.
- Comprensión del por qué la constante de Hubble tiene una tolerancia tan ancha.
- Explicación de la multiplexación por división de tiempo.
- Sugerencia del por qué las franjas claras y oscuras no contravienen la conservación de la energía.
- Derivación de la fórmula de interferencia para películas delgadas
- Explicación relativista de observaciones en términos de simultaneidad.
- Aplicación del principio de equivalencia.
- Explicación del papel de los campos magnéticos en las imágenes por RMN.
- Interpretación de los diagramas de Feynman.
- Resumen de la existencia del gluón a partir de la dispersión inelástica profunda de electrones.

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

En general, las preguntas que precisaban de las matemáticas se respondieron mejor que las preguntas descriptivas. La mayoría de los estudiantes tenía una buena comprensión de las ecuaciones a utilizar más apropiadas, y llevó a cabo las adecuadas sustituciones y los cálculos posteriores. La clara mayoría de los alumnos mostró comprender el uso razonable de cifras significativas y de unidades apropiadas.

**Puntos fuertes y débiles de los alumnos al abordar las distintas preguntas****Solo NM****Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios****A1 Visión**

Pocos alumnos fueron capaces de diferenciar entre profundidad de visión y acomodación. Las mejores respuestas se dieron en términos del rango de formación de una imagen clara entre los puntos próximo y remoto. La mayoría de los alumnos comprendía cómo un filtro secundario de color transmitía la luz por adición y sustracción de los colores primarios componentes.

**A2 Ondas estacionarias**

La mayoría de los alumnos fue capaz de indicar una diferencia perceptible entre ondas estacionarias y ondas progresivas, y pudo dibujar la onda fundamental de un cuarto de longitud de onda en el tubo y llevar a cabo el cálculo de la rapidez del sonido. Muchos supieron seguir adelante hacia las partes siguientes, más difíciles, y con frecuencia confundieron la longitud de onda con la longitud del tubo, usando un valor para la longitud de onda de  $\frac{3}{4}$  de la longitud del tubo.

**A3 Resolución**

La mayoría de los alumnos sabía el significado del término “resuelto” en ese contexto, pero raramente se dieron cuenta de que con el máximo principal de una imagen situado sobre el primer mínimo de la otra imagen, el ángulo  $\theta$  era de 0,008 rad. Muchos alumnos pudieron calcular el diámetro de la abertura teniendo presente el error arrastrado.

**A4 Polarización**

Resultó relativamente infrecuente mencionar que la vibración del **campo eléctrico** estaba restringida a un plano. Aunque muchos estudiantes mostraron la luz polarizada horizontal con un pico a  $90^\circ$  y cero a  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , las formas frecuentemente no se aproximaban a la gráfica del  $\cos^2$ . La gráfica de la luz no polarizada resultó en general bien conocida.

**Opción B – Física cuántica y Física nuclear****B1 El efecto fotoeléctrico**

Casi todos los alumnos escribieron algo relevante respecto a los fotones, sin embargo pocos fueron capaces de resumir en qué fallaba la teoría ondulatoria de la luz en dar cuenta de la frecuencia umbral. La mayoría de las respuestas eran demasiado imprecisas y no explicaban que la energía de una onda está relacionada con la amplitud y, por lo tanto, disponiendo de tiempo suficiente, la teoría ondulatoria indicaba que sería esperable que luz de cualquier frecuencia provocara emisión fotoeléctrica desde la superficie de cualquier metal. La explicación del fotón se entendió mucho mejor. En (c)(i), muchos alumnos intentaron calcular la frecuencia umbral utilizando la ecuación fotoeléctrica y en (c)(ii) hubo mucha confusión en relación con el uso del electronvoltio.

**B2 Niveles nucleares de energía y desintegración nuclear**

Pocos alumnos se dieron cuenta de que los espectros alfa y gamma son, ambos, discretos y resultan de procesos nucleares, por lo que sugieren que el núcleo tiene niveles discretos de energía. Muchos parecían conocer que el espectro beta es continuo, pero demasiado a menudo expresaban su opinión sobre los neutrinos en términos de conservación del momento en vez de la necesaria diferencia entre la máxima energía del positrón y la de los demás positrones emitidos. Aquellos alumnos preparados para utilizar la ecuación exponencial de desintegración la utilizaron bien en (b), pero muchos, simplemente, no tenían ni idea de cómo utilizar la ecuación y fue algo corriente sustituir “e” por la carga elemental.

**Opción C – Tecnología digital****C1 Aparatos digitales**

Las diferencias entre los CD y los LP se comprendieron bien, aunque el propósito de la ranura de los LP fue raramente explicado con claridad. La mayoría de los alumnos constató que la profundidad de un pozo es un cuarto de la longitud de onda, pero para muchos esto fue el final de su argumentación, no pudiendo explicar cómo una diferencia de camino de media longitud de onda produce interferencia destructiva. Definiciones formales de capacitancia fueron inusuales y lo más común fue “capacidad para almacenar carga”. Pocos alumnos fueron capaces de completar todos los cálculos, usando a menudo el inverso del rendimiento cuántico y, cuando se utilizaron picofaradios y milivoltios, la confusión general dio como resultado errores generalizados en las potencias de diez.

**C2 El amplificador operacional**

Esta pregunta es idéntica a la pregunta F3 de la opción F y se remita al lector a los comentarios a dicha pregunta.

**C3 Comunicación celular en telefonía móvil**

Esta pregunta es idéntica a la pregunta F4 de la opción F y se remita al lector a los comentarios a dicha pregunta.

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

Esta pregunta es idéntica a la pregunta H1 de la opción H y se remita al lector a los comentarios a dicha pregunta.

**D2 Cinemática relativista**

Esta pregunta es idéntica a la pregunta H2 de la opción H y se remita al lector a los comentarios a dicha pregunta.

### D3 La desintegración de un kaón

Esta pregunta es idéntica a la pregunta J1 de la opción J y se remita al lector a los comentarios a dicha pregunta.

### NM y NS combinados

#### Opción E – Astrofísica

#### E1 Propiedades de Aldebarán y distancias galácticas

La mayoría de los estudiantes pudo dar respuestas coherentes respecto a las diferencias entre una constelación y un cúmulo estelar, así como definir correctamente la luminosidad. Aunque casi todos los alumnos “demostraron” que Aldebarán está a 19 pc de la Tierra, pocas respuestas obtuvieron la totalidad de los puntos, con muchos ejemplos de pasos intermedios omitidos en los cálculos. Pocos alumnos indicaron que la magnitud aparente es una **medida** de cuán brillante resulta una estrella vista **desde la Tierra**. Un error corriente al determinar la magnitud absoluta de Aldebarán fue la conversión de unidades, dando  $d$  en parsec. Aunque la mayoría de los estudiantes comprendía que las variables Cefeidas experimentaban variaciones periódicas en la luminosidad, pocos llegaron a explicar cómo eso podía utilizarse para medir la distancia. Fue corriente que los alumnos indicaran, incorrectamente, que hay una relación de proporcionalidad entre la frecuencia o el periodo de una variable Cefeida y su luminosidad. [Solo NS] La mayoría de los alumnos indicó que el destino de Aldebarán es el de una enana blanca y el de Betelgeuse es el de una estrella de neutrones, un agujero negro o un púlsar; pocos mencionaron las fases intermedias de nebulosa planetaria y supernova, respectivamente. La mayoría de los alumnos parecía confundida porque Betelgeuse pudiera sufrir el mismo destino que Aldebarán, sin darse cuenta de que en la etapa de supernova podría perder suficiente masa como para quedar por debajo del límite de Chandrasekhar.

#### E2 Evolución del universo

Pocos alumnos indicaron que un universo con densidad crítica debería ser uno que detuviera la expansión, pero que en ello invirtiera un tiempo infinito. La mayoría de los alumnos obtuvo los 3 puntos por rotular y añadir algo al diagrama. Aunque no se aplicaron penalizaciones en este caso, pocos alumnos comenzaron sus líneas desde un tiempo anterior al presente.

#### E3 [Solo NS] Ley de Hubble

Los enunciados de la ley de Hubble fueron a menudo imprecisos, sin referencias a las galaxias o dado a  $d$  un significado poco claro en la ecuación. Pocos se dieron cuenta de que la amplia variación de valores para la constante de Hubble es debida a la gran incertidumbre en la estimación de las distancias intergalácticas. A menudo, el cálculo de la distancia de la galaxia a la Tierra se hizo bien.

## **Opción F – Comunicaciones**

### **F1 Transmisiones por radio**

Pocos alumnos fueron capaces de explicar inequívocamente cómo se utiliza la amplitud de la señal para cambiar la frecuencia de la onda portadora. Aunque muchos alumnos se dieron cuenta de que las frecuencias de banda lateral deberían ser de 185 kHz y de 195 kHz, la mayoría olvidó incluir la frecuencia portadora. Casi todos dividieron la banda asignada de frecuencias entre la anchura de banda y presentaron correctamente redondeado su resultado a 13. El diagrama de bloques del receptor de radio parecía ser bien conocido, pero un error común para la puesta a punto fue la antena; pocos se dieron cuenta de que el receptor debería captar una banda de frecuencias y por lo tanto necesitaba ponerse a punto en la frecuencia correcta para una estación. La mayoría de los alumnos reconoció C como un demodulador, pero las explicaciones al efecto de que separa la señal de la onda portadora fueron con frecuencia poco claras.

### **F2 Transmisión de señales digitales en una fibra óptica**

Pocas respuestas fueron claras en indicar que al muestrear una señal hay, normalmente (comparativamente), muchos intervalos de tiempo entre señales que pueden usarse para enviar otras muestras secuencialmente. El cálculo de la distancia máxima entre amplificadores se hizo frecuentemente bien, pero resultó confuso ver entre las respuestas intentos de determinar el número de canales separados que podrían transmitirse.

### **F3 [Solo NS] El amplificador operacional**

La mayoría de los alumnos calculó correctamente que la ganancia era de 9; una minoría utilizó la fórmula del amplificador inversor. Casi ningún alumno fue capaz de explicar por qué la muy alta ganancia del amplificador operacional significa que la diferencia de potencial entre las entradas invertida y no invertida debe ser esencialmente cero, para el amplificador en funcionamiento normal. La carencia de corriente significativa entre la entrada invertida debida a la alta ganancia a menudo se comprendió mejor.

### **F4 [Solo NS] Comunicación celular en telefonía móvil**

Esta pregunta se respondió pobremente y la mayoría de las respuestas no llegaron a decir mucho más que los teléfonos móviles están conectados entre sí a través de la comunicación celular. Aunque se preguntó a los alumnos que indicaran un aspecto medioambiental que consideraran que se deriva del uso de comunicaciones celulares en una red de telefonía móvil, muchos insistieron en mencionar temas posibles de salud.

## **Opción G – Ondas electromagnéticas**

### **G1 Naturaleza de las ondas electromagnéticas**

Muchos alumnos aprovecharon la oportunidad para dibujar un diagrama que ayudara a sus explicaciones, pero varios no lo rotularon y dibujaron diagramas pobres. Sin hacer referencia a los campos eléctrico y magnético, es difícil resumir cuál es el significado de las ondas electromagnéticas. Los ejemplos de situaciones en las que los electrones pueden producir

ondas electromagnéticas eran con frecuencia más que imprecisos; por ejemplo, “en un laser” –lo que es cierto, pero precisa de posterior clarificación.

### **G2 Telescopio astronómico**

Pocos alumnos se dieron cuenta de que un telescopio en ajuste normal forma una imagen final en el infinito, así que los focos principales se señalaron en una posición distinta a la P y en un punto equidistante por el otro lado de la lente ocular. Es imposible obtener puntos por medio de diagramas hechos a mano alzada, como fue a menudo el caso. Al determinar el diámetro de la imagen de la Luna formada por la lente objetivo, muchos alumnos no reconoció la sencilla geometría de la situación y  $\theta$  como ángulo opuesto que hace  $\tan \theta = d/f_0$ . A pesar de no lograr determinar  $d$ , muchos alumnos llegaron al correcto valor de  $\theta_E$ .

### **G3 Interferencia con dos fuentes**

La inmensa mayoría de los alumnos constató que la difracción juega un papel vital en la interferencia con dos rendijas. Hubo considerable confusión al esquematizar la variación de la intensidad con el ángulo; muchos dibujaron, incorrectamente, la variación para una sola rendija en vez de la esperada gráfica de amplitud constante. Se concedió la totalidad de los puntos a aquellos alumnos que mostraron correctamente la intensidad modulada por el perfil de una sola rendija. La mayoría de los alumnos aplicó correctamente la fórmula de la doble rendija para calcular, pero olvidó frecuentemente la mitad de la separación entre rendijas así como la distancia entre la franja central brillante y la primera franja oscura. Pocos alumnos fueron convincentes en su afirmación de que la energía perdida en las franjas oscuras había ido a las franjas brillantes por superposición.

### **G4 [Solo NS] Difracción de rayos X**

Muy pocos alumnos puntuaron más de un punto al intentar explicar por qué hay un intenso rayo para ciertos valores de  $\theta$ . Fue bastante corriente la omisión del factor 2 en la ecuación de difracción de rayos X, pero, por lo demás, el cálculo de  $d$  se hizo generalmente bien.

### **G5 [Solo NS] Interferencia en películas delgadas**

A menudo daba la impresión de que los alumnos repetían la demostración de la ecuación de las películas delgadas. Pocos explicaron el cambio de fase que ocurría en ambas superficies, por lo que de hecho se cancelaba. Resultó frecuentemente poco claro que los estudiantes comprendieran que la longitud de onda de la luz que pasaba al fluoruro de magnesio disminuía, aunque la mayoría jugaron con los números para asegurarse de que dividían 640 entre 1,38. Muchos alumnos fueron capaces de llevar a cabo los cálculos finales, reconociendo que para interferencia destructiva el espesor de la película era de un cuarto de longitud de onda en el fluoruro de magnesio; una minoría sustituyó  $m = 0$  en la ecuación.

## Solo NS

### Opción H – Relatividad

#### H1 Simultaneidad

Menos estudiantes de los que cabía esperar obtuvieron el punto por indicar el postulado de la relatividad especial relacionado con la velocidad de la luz; resultó corriente olvidar expresiones clave como “en el vacío” o “para observadores inerciales”. Muchas explicaciones de las observaciones fueron equivocadas debido a la confusión respecto a quién está haciendo la observación: puesto que el observador del suelo y los árboles están en el mismo sistema de referencia, el observador del suelo mide que el intervalo de tiempo propio entre los impactos es cero (como se había dicho) por lo que los impactos deben ser simultáneos para el observador del cohete y para todos los observadores inerciales. Además, puesto que para el observador en el cohete el observador en el suelo se está moviendo hacia la luz del impacto en el árbol L y alejándose de la luz del impacto en el árbol R, pero la velocidad de la luz es constante y las señales llegan simultáneamente, el impacto en el árbol R debe haber ocurrido, por lo tanto, antes que en el L.

#### H2 Cinemática relativista

Esta pregunta se respondió en general bien. La mayoría de los estudiantes calculó correctamente el tiempo para que el pulso recorra la distancia de S a D, a partir del punto de vista de ambos observadores (ocasionalmente se invirtió el factor gamma). La mayoría calculó también la distancia entre S y D según el observador Q. Una minoría de alumnos se equivocó al calcular la rapidez del electrón. Una vez más, fue la descripción lo que hizo fallar a los alumnos al resolver el por qué los observadores deberían estar de acuerdo en el número de núcleos desintegrados: Q está en el mismo sistema de referencia y, por tanto, mide el intervalo de tiempo propio, pero el observador del laboratorio mide que el viaje del pulso es más largo que el de Q de modo que se requiere de la dilatación temporal para evitar que el observador del laboratorio observe que más de la mitad del número de núcleos se haya desintegrado.

#### H3 [Solo NS] Masa y energía

Hubo muchas respuestas buenas a esta pregunta y alguna confusión con las unidades en el apartado (b). La mayoría de los alumnos leyó correctamente  $v$  como  $0,96c$ , calculó el factor gamma y la masa. Casi todos los alumnos determinaron correctamente que el cambio en la energía cinética era de 320 MeV, pero, a continuación, no reconocieron que una partícula con carga  $+e$  requería de un potencial de 320 V para alcanzar esa energía.

#### H4 [Solo NS] Mecánica relativista

La mayoría de los alumnos trató de manipular las ecuaciones  $p = \gamma mv$  y  $E = \gamma mc^2$  para obtener la ecuación pedida; sin embargo, no todas las respuestas fueron suficientemente claras como para lograr los dos puntos. Muchos sencillamente indicaron que en el caso de masa nula la rapidez debería ser necesariamente  $c$ . Esto era insuficiente, esperándose que se sustituyera  $E = pc$  en la ecuación para  $v$ .

**H5 [Solo NS] Principio de equivalencia**

Fue bastante corriente encontrar buenas respuestas al enunciado del principio de equivalencia y muchos aplicaron exitosamente el principio a la caja en caída libre. Hubo pocas buenas explicaciones de que la caja acelerada en el seno de un campo gravitatorio fuera equivalente a un sistema de referencia estacionario en un campo gravitatorio que debería, por tanto, desplazar hacia el rojo la luz, dando una frecuencia observada inferior a  $f_0$ . La mayoría de los alumnos dio respuestas aceptables a los tiempos de llegada de las señales procedentes de los dos satélites.

**Opción I – Física médica****I1 Niveles de intensidad del sonido**

La mayoría de los alumnos fue capaz de definir el nivel de intensidad del sonido y de indicar una unidad adecuada. Una minoría significativa se confundió al calcular la intensidad, pero los cálculos se hicieron bien en general. La mayoría comprendió los efectos de un sonido tan fuerte, tanto a corto como a largo plazo.

**I2 Resonancia magnética nuclear**

Pocos alumnos mostraron comprender realmente el propósito del intenso campo magnético constante y el del campo con gradiente. Muchos hablaron de que los protones radiaban sin el estímulo de la señal de radiofrecuencia aplicada.

**I3 Absorción de rayos X**

La mayoría de los alumnos dibujó una curva apropiada que pasaba por los puntos clave y calculó el valor correcto del coeficiente de absorción. Los argumentos relativos a comparar el coeficiente de atenuación fueron de calidad variable, pero muchos siguieron un argumento lógico, reconociendo que la curva que caía más rápido tenía un mayor exponente (negativo), por lo que, para un valor dado de  $x$ ,  $\mu$  debería ser mucho mayor.

**I4 Isótopos radiactivos usados en medicina**

Aunque parecía que la mayoría de los alumnos comprendía el término semivida efectiva, fallaron al indicar el significado de semivida y, por lo tanto, se auto-limitaron a lograr solo uno de los dos puntos posibles. Muchos alumnos llegaron a ganar la mayoría de los puntos por los cálculos. La mayoría hizo comentarios acertados relativos al reducido riesgo de utilizar el núclido con la menor semivida física. La mayoría de los alumnos se dio cuenta de que la protección de plomo era una buena manera de protegerse para los trabajadores médicos; además, pocos mencionaron que la seguridad podría lograrse también por la distancia física.

**Opción J – Física de partículas****J1 La desintegración de un kaón**

Muchos se dieron cuenta de que un bosón es una partícula con espín entero; pocos explicaron que debería ser 0 o 1 ya que consta de dos quarks con espines  $\pm\frac{1}{2}$ . Un número significativo de alumnos no logró identificar X e Y (la flecha indicaba la dirección y sentido de

la carga, de modo que el antiquark extraño siendo positivo se mueve en sentido opuesto al tiempo  $y$ , por lo tanto, es  $X$ ; el antimuón siendo positivo de nuevo se mueve contra la dirección del tiempo y así es  $Y$ ). La mayoría se dio cuenta de que se violaba la conservación de la extrañeza y de que eso solo podía suceder en una interacción débil (de lo contrario esos neutrinos solo estarían involucrados en interacciones débiles). La mayoría de los alumnos constataron que la partícula intercambiada debía ser un bosón  $W$  o un bosón  $Z$ , pero resultó bastante azaroso cuál se elegía (varios citaron a ambos) y solo hubo una ligera mayoría a favor del cargado positivamente. La mayoría de los alumnos calculó correctamente el alcance, pero pocos fueron precisos al decir que tenía que conservarse el número leptónico **muónico**.

### J2 Aceleradores lineales

La mayoría de los alumnos no pudo poner en claro que los protones son acelerados por el campo eléctrico entre los tubos y viajan con velocidad constante en su interior. La mayoría se dio cuenta de que puesto que los protones se aceleraban entre los tubos, deberían atravesar más rápido el interior de cada tubo consecutivo, así que manteniendo constante la frecuencia o el periodo, cada tubo sucesivo necesitaba ser más largo que el anterior; sin embargo, redactar eso claramente resultó raro. El choque protón-pión se hizo, en general, completamente bien; la mayoría se dio cuenta de las reglas de conservación apropiadas y probó a utilizar la ecuación disponible para la energía (sin embargo, resultó bastante frecuente confundir la partícula blanco con la partícula acelerada). En (c) normalmente se calculó correctamente la longitud de onda de De Broglie (aunque los errores con las potencias de 10 fueron bastante frecuentes) y muchos se dieron cuenta de que este era el factor determinante en la resolución, y que siendo los núcleos mayores que esa longitud de onda los nucleones podían resolverse, pero los quarks, al ser más pequeños, no. Pocos alumnos fueron capaces de resumir que los momentos de los quarks medidos en la dispersión inelástica profunda eran mayores de lo esperado, implicando que otras partículas (sin masa) estaban presentes.

### J3 El universo primitivo y el bosón de Higgs

Aquellos alumnos que se dieron cuenta de que la energía  $= \frac{3}{2} kT$  da una temperatura de  $1,4 \times 10^{12}$  K, respondieron relativamente bien; la mayoría tomó el logaritmo para obtener  $\log t$  y  $t$ . Aunque la mayoría constató que el bosón de Higgs puede ser el responsable de dar masa a las partículas, pocos dijeron que se trataba de la única partícula no descubierta del modelo estándar, o que de no descubrirse se necesitaría un cambio en dicho modelo.

### Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos:

- Los alumnos deberían ser advertidos de tener en cuenta los términos de examen –en particular “determine” requerirá una respuesta más detallada que “calcule”.
- El etiquetado de los diagramas a menudo ayudará a ganar puntos, así como a clarificar lo que el alumno está intentando mostrar o explicar.
- Presentar las etapas intermedias en los cálculos, en vez de una única respuesta final, ayudará a ganar puntos si hay un error arrastrado al seguir un método correcto.

- La simultaneidad en Relatividad no es aún comprendida del todo.
- La RMN no se comprende bien.
- La evidencia de gluones no es bien comprendida.