

Informe general de la asignatura  
Noviembre 2012

## FÍSICA

### Bandas de calificación de la asignatura

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 15	16 - 29	30 - 41	42 - 51	52 - 61	62 - 71	72 - 100

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 13	14 - 25	26 - 36	37 - 45	46 - 55	56 - 65	66 - 100

### Evaluación interna del Nivel Superior y del Nivel Medio

#### Bandas de calificación del componente

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

### Comentarios generales

La moderación de la EI está bien consolidada. Los colegios conocen los trámites burocráticos requeridos y cada vez son más los que llevan a cabo las investigaciones estipuladas de EI. No surgieron problemas significativos en esta sesión. Hubo una variedad de impresos 4/PSOW, pero todos ellos incluían la información requerida y se cumplimentaron correctamente. La mayoría de los informes de los alumnos se hicieron con procesador de texto y las gráficas se dibujaron con programas de trazado de gráficos. En ocasiones se utilizaron las TIC, incluyendo una investigación que utilizaba la TRF para determinar la velocidad de rotación de un motor eléctrico.

## Ámbito y adecuación del trabajo entregado

La mayoría de los colegios presentaron un programa práctico comprensivo y los profesores evaluaron apropiadamente los trabajos. Aunque la mecánica viene siendo tradicionalmente el elemento central del trabajo práctico, existe una variedad de actividad manipulativa en las principales áreas temáticas de la física. La dificultad de las investigaciones es consistente con el alto nivel del colegio. A decir verdad, en esta sesión de exámenes la calidad del trabajo de EI fue excepcional.

## Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

### Diseño (D)

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

### Obtención y Procesamiento de Datos (OPD)

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

### Conclusión y Evaluación (CE)

En lo que se refiere al aspecto 1 de CE, los alumnos necesitan pensar más allá de los datos, al objeto de proporcionar una justificación basada en una interpretación razonable de los datos. Tal comprensión debe examinar los extremos del rango de datos, el origen de la gráfica, el punto de corte con el eje *y*, para buscar su significado físico. Los alumnos deben dar aún alguna interpretación física de 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*. 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. Muchos alumnos hacen dos columnas paralelas para los aspectos 2 y 3 de CE, lo que les ayuda a aclarar sus ideas.

## Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos

- Muchos colegios están concediendo a sus alumnos tan sólo dos oportunidades para lograr sus mejores puntuaciones. Es recomendable que, después de que los alumnos se hayan familiarizado con las expectativas de la EI, tengan algunas oportunidades de ser evaluados, quizás 3 o 4, 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 lleven a cabo su propio trabajo. Ellos deben obtener sus propios datos, decidir cómo procesarlos y escribir por sí mismos el informe. El trabajo en grupo no está permitido.
- 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.

## Otros comentarios

Esta sesión de exámenes fue exitosa y funcionó correctamente. Hubo poca necesidad de una moderación de importancia.

La clave está en que los profesores deben asignar tareas apropiadas para evaluar la EI. Solo unos pocos colegios no se dieron cuenta de ello.

Se recuerda a los profesores que una investigación dedicada a Diseño no es un proyecto de investigación, y que en ese criterio de Diseño no se espera que se hagan hipótesis.

## Prueba 1 Nivel Superior y Nivel Medio

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 10	11 - 16	17 - 23	24 - 27	28 - 30	31 - 34	35 - 40

#### 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 - 20	21 - 22	23 - 30

### Comentarios generales

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

Sólo un pequeño porcentaje del número total de profesores, o de colegios, que enviaron los impresos G2 cumplimentados. Para el NM hubo 30 respuestas de 151 colegios, y para NS 27 respuestas de 212 colegios. Con tan bajo porcentaje de respuestas solo se puede inferir que la mayoría de los colegios quedó satisfecha con las dos pruebas de este año. Quienes hicieron comentarios dejaron claro que, en general, las pruebas de noviembre de 2012 fueron bien recibidas, y muchos G2 contenían comentarios favorables. La mayoría de los profesores que comentaron las pruebas consideraron que constaban de preguntas de un nivel apropiado y casi todos estuvieron de acuerdo en que la prueba de NS estaba en la línea de la del año pasado, pero hubo un ligero sentir de que la de NM resultó un poco más fácil. Un profesor consideró que la prueba de NS era considerablemente más fácil que las de años anteriores.

Todas las respuestas indicaron que la presentación de las pruebas y la claridad de la redacción eran satisfactorias o buenas.

### Análisis estadístico

El rendimiento global de los alumnos y el correspondiente a las diferentes preguntas se ponen de manifiesto en el análisis estadístico de las respuestas, presentado más abajo. 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	13	1009	19	10	1	95.91	0.1
2	36	148	54	812	2	77.19	0.51
3	291	18	13	727	3	69.11	0.47
4	367	26	514	144	1	34.89	0.49
5	306	36	89	620	1	58.94	0.69
6	66	41	828	116	1	78.71	0.43
7	606	327	82	33	4	57.6	0.51
8	899	24	108	21		85.46	0.24
9	117	474	409	41	11	45.06	0.62
10	99	32	48	871	2	82.79	0.3
11	98	105	210	636	3	60.46	0.57
12	84	871	52	45		82.79	0.35
13	739	112	120	79	2	70.25	0.6
14	54	102	410	485	1	46.1	0.72
15	61	262	609	117	3	57.89	0.71
16	50	662	178	160	2	62.93	0.6
17	129	44	200	677	2	64.35	0.64
18	201	246	537	64	4	23.38	-0.07
19	91	55	163	740	3	70.34	0.58
20	43	87	91	829	2	78.8	0.42
21	588	16	415	32	1	55.89	0.22
22	765	158	91	37	1	72.72	0.44
23	75	48	232	696	1	66.16	0.62
24	96	33	859	63	1	81.65	0.36
25	37	798	70	143	4	75.86	0.53
26	71	588	230	158	5	55.89	0.58
27	903	18	66	62	3	85.84	0.25
28	941	76	7	27	1	89.45	0.28
29	117	721	207	5	2	68.54	0.53

30	428	41	72	503	8	40.68	0.53
31	76	123	763	85	5	72.53	0.52
32	16	824	180	23	9	78.33	0.41
33	47	92	814	95	4	77.38	0.51
34	686	211	34	112	9	65.21	0.65
35	209	145	578	111	9	54.94	0.35
36	189	458	101	299	5	43.54	0.45
37	695	168	96	86	7	66.06	0.58
38	40	61	910	36	5	86.5	0.29
39	113	35	819	81	4	77.85	0.4
40	21	954	21	48	8	90.68	0.17

Número de alumnos: 1052

### Prueba 1 del Nivel Medio Análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	32	843	30	27	4	90.06	0.23
2	223	153	519	39	2	23.82	0.2
3	89	310	68	468	1	50	0.63
4	62	35	768	69	2	82.05	0.36
5	165	58	448	265		17.63	0.21
6	425	78	132	298	3	31.84	0.55
7	65	297	530	41	3	56.62	0.42
8	373	18	13	526	6	56.2	0.4
9	78	200	258	398	2	42.52	0.48
10	590	202	46	97	1	63.03	0.43
11	135	666	38	96	1	71.15	0.51
12	41	68	188	636	3	67.95	0.27
13	23	34	851	28		90.92	0.19
14	694	56	109	75	2	74.15	0.44
15	497	178	119	140	2	53.1	0.63
16	99	49	755	30	3	80.66	0.36
17	114	396	269	152	5	28.74	0.44
18	65	397	181	292	1	42.41	0.43
19	51	132	112	639	2	68.27	0.48
20	67	430	145	289	5	45.94	0.27
21	161	99	246	424	6	45.3	0.66
22	84	20	810	20	2	86.54	0.24
23	666	172	20	75	3	71.15	0.64
24	101	83	95	649	8	69.34	0.47
25	142	96	670	24	4	71.58	0.26

26	61	614	85	168	8	65.6	0.63
27	258	83	533	56	6	56.94	0.48
28	715	34	97	86	4	76.39	0.34
29	545	197	143	48	3	58.23	0.51
30	127	37	650	119	3	69.44	0.41

Número de alumnos: 936

## Comentarios sobre el análisis

### Dificultad

El índice de dificultad varió entre el 23% en NS y el 18% en NM (preguntas relativamente “difíciles”), hasta casi el 96% en NS y 91% en NM (preguntas relativamente “fáciles”). La mayoría de los ítems se encontraba en el rango de 45% a 75%. Estas estadísticas indican que los alumnos encontraron las pruebas en la misma línea que las pruebas de noviembre de 2011. Las pruebas permitieron a todos los alumnos lograr algunos puntos y, al mismo tiempo, proporcionaron una buena distribución de las puntuaciones.

### Discriminación

Todas las preguntas, excepto la P18 de NS, presentaron un valor positivo para el índice de discriminación. Lo ideal sería que el índice fuera mayor que 0,2 aproximadamente. Esto se alcanzó en todas las preguntas de NS, excepto tres, y en todas las preguntas de NM. 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 (en la estadística se constata que las preguntas fáciles tienen a menudo un bajo índice de discriminación).

### Respuestas "en blanco"

En ambas pruebas, el número de respuestas en blanco estaban distribuidas al azar a lo largo del test, indicando que no hubo problemas de tiempo con ninguna pregunta de la prueba. 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, los alumnos deberían ser capaces de eliminar algunos de los “distractores”, 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 basta con esta información. 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 Pregunta 3 y NS Pregunta 2

La respuesta B constituyó un distractor popular, especialmente en NM, y los alumnos no se dieron cuenta de que elevar el tiempo al cuadrado duplica su incertidumbre.

### NM Pregunta 5 y NS Pregunta 4

La respuesta C fue la más popular en ambos niveles. El valor del gradiente es la aceleración de gravedad, que naturalmente resulta constante en las proximidades de la superficie de la Tierra.

### NM Pregunta 6 y NS Pregunta 5

La mayoría de los alumnos de NM consideró que el cambio en el momento lineal era cero (respuesta A), en vez del correcto  $2mv$  (respuesta D). Esa también fue una elección popular en NS, pero la mayoría reconoció este ejemplo de libro.

### NM Pregunta 8 y NS Pregunta 3

La mayoría de los alumnos se dio cuenta de que no se pueden lograr 19 N con esas tres fuerzas, pero una proporción considerable de ambos niveles creyó que dichas fuerzas no podían sumarse para dar cero.

### NM Pregunta 14 y NS Pregunta 8

Una minoría de alumnos de ambos niveles optó por la respuesta C, creyendo que la energía interna es sólo la energía cinética de cualquier sustancia, lo que resulta cierto únicamente para los gases ideales.

### NM Pregunta 17 y NS Pregunta 15

Los alumnos tenían que darse cuenta de que la diferencia de caminos ha de ser igual a un número impar de semilongitudes de onda, para que haya interferencia destructiva. Para una diferencia de caminos de 0,60 m, eso es cierto solo para una longitud de onda de 0,40 m y una semilongitud de onda de 0,20 m, y dando lugar, por tanto, a tres semilongitudes de onda.

### NM Pregunta 21 y NS Pregunta 19

Aparentemente, un número significativo de alumnos de ambos niveles desconocía el prefijo GeV.

**NM Pregunta 29 y NS Pregunta 22**

La respuesta B, en la que muchas partículas eran desviadas significativamente, fue una elección muy corriente en ambos niveles; A mostraba claramente que la mayoría de las partículas atravesaba la lámina sin desviarse.

**NS Preguntas****Pregunta 7**

La respuesta B fue muy popular, a pesar de que no lo fuera la D. Esto podría significar que la fuerza aceleradora debería ser la misma sobre el esquiador y sobre la lancha, a pesar de la significativa diferencia de masa y de que ambos se estaban moviendo conjuntamente.

**Pregunta 9**

Suministrando la energía a ritmo constante, el tiempo para cada uno de los procesos resulta proporcional a la energía suministrada. Así, para la fusión el tiempo fue de 300 s, y para el calentamiento del líquido 400 s. Con un aumento de la temperatura de 40 K y la misma masa, el cociente es  $\frac{300 \times 40}{400} = 30 \text{ K}$ .

**Pregunta 11**

Hubo dos aspectos a considerar: *adiabático* significa que no hay transferencia de energía térmica (lo que descarta A y B) y *expansión* significa trabajo hecho sobre los alrededores y pérdida de energía interna para hacer el trabajo. D es la única respuesta que concuerda con ello.

**Pregunta 14**

No demasiados alumnos se dieron cuenta de que la intensidad depende del cuadrado de la amplitud. La opción C fue casi tan popular como la correcta D.

**Pregunta 16**

A menudo, los alumnos encontraron difícil la pregunta. En una onda estacionaria cada partícula tiene su propia amplitud, por lo que en los nodos es cero y en los antinodos es máxima. Para una onda progresiva todas las partículas siguen a las de su entorno y tienen la misma amplitud.

**Pregunta 18**

Los alumnos encontraron que esta pregunta fue la que más les dio que pensar de la prueba. Para el ángulo de Brewster la luz reflejada está polarizada en un plano pero eso no significa que la luz transmitida (refractada) esté polarizada en un plano. Aún habrá alguna luz en el mismo plano de vibración que la luz reflejada, pero habrá menos. La luz transmitida está, por tanto, parcialmente polarizada en un plano.

**Pregunta 21**

Demasiados alumnos no comprenden realmente el concepto de resistencia. Es simplemente la razón del voltaje a la corriente y no el gradiente de una gráfica V-I, como muchos alumnos creían.

**Pregunta 26**

Dada la importancia de las unidades en el curso, pocos alumnos deberían haber elegido opciones incorrectas. La única unidad que precisaba ser convertida a unidades fundamentales era el julio ( $\text{N m} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$ ). En este caso,  $\text{m}^2$  se cancela con  $\text{m}^{-2}$  llegándose a  $\text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$ .

**Pregunta 30**

Se trata de una aplicación de la ley de Lenz que necesita ser completamente entendida. La corriente convencional implica un polo sur en el extremo izquierdo de la bobina y así debe oponerse al movimiento del imán. El imán debe estar moviéndose hacia afuera de la bobina o la bobina debe estar moviéndose alejándose del imán.

**Pregunta 34**

Puesto que se emiten electrones, la longitud de onda de la luz es más pequeña que el umbral de longitud de onda. Duplicando la longitud de onda puede que se haga tan grande que el umbral y así es la única opción que puede dar lugar a que no se emitan electrones. La intensidad de la luz (esto es, el número de fotones por segundo) no tiene ninguna influencia.

**Pregunta 36**

El espectro continuo para la emisión beta es aquí la clave. Un espectro continuo no es característico de niveles de energía discretos (pero las emisiones alfa y gamma tienen lugar a diferentes energías y, por tanto, deben estar relacionados con los niveles de energía nucleares).

**NM Preguntas****Pregunta 2**

La opción C fue más popular que la respuesta correcta A. Los alumnos no se dieron cuenta de que la muestra presentada indicaba que había errores aleatorios, además del claro error sistemático.

**Pregunta 7**

Una clara mayoría de los alumnos se dio cuenta de que tanto el seno como el coseno estaban involucrados, pero una alta proporción fue incapaz de resolverlo correctamente.

**Pregunta 9**

Las respuestas B y C demostraron ser distractores efectivos. La pelota estaría en reposo en el punto más alto después de rebotar, y con el rebote ocurriendo en ABC (lo que sería una pendiente negativa muy empinada en una escala más grande). La respuesta correcta solo podía ser la D.

**Pregunta 10**

En este caso, considerar las unidades es una ayuda: la fuerza en N y la velocidad en  $\text{m s}^{-1}$ , el producto en  $\text{N m s}^{-1}$  o  $\text{J s}^{-1}$ , o sea, W; así que la respuesta correcta debe ser potencia.

**Pregunta 18**

La asociación de resistores en serie da una resistencia de  $2R$ . Ésta está en paralelo con  $R$ , lo que significa que la resistencia total debe ser menor que cualquiera de ellas, por lo que debe ser menor que  $R$  (así se descartan C y D). Utilizando la fórmula para asociaciones en paralelo, se tiene  $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{2R}$  o  $R_t = \frac{2}{3}R$ .

**Pregunta 20**

Muchos alumnos optaron por D, sin darse cuenta de que el hilo es un hilo con resistencia y el voltaje caerá a lo largo de su longitud.

**Pregunta 27**

Se trataba de una pregunta poco corriente en la que la ley de la inversa del cuadrado es usualmente utilizada para indicar proximidad a un objeto y a continuación alejarlo; aquí se utilizó al revés. Sin embargo, una distancia era cuatro veces más alejada que la otra y por tanto la razón de intensidad debería ser 1:16 resultando 16 veces mayor para el planeta más cercano a la estrella.

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

- Los alumnos deberían abordar todos los ítems. Si no están seguros de cuál es la respuesta correcta, entonces siempre podrían elegir la opción que, para ellos, resulta ser la más probable. Debería recalcar que una respuesta incorrecta no reduce puntos.
- En la preparación de los alumnos para la Prueba Uno puede ser una buena estrategia animarles a ejercitarse con exámenes, tratándolos como preguntas de final abierto y, por tanto, explicando por qué los distractores son incorrectos o, por el contrario, realizar los cálculos en detalle para explicar por qué la clave es la respuesta correcta.
- 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.

- Los alumnos deberían consultar la Guía de Física en la que pueden encontrar mucha información concerniente a las definiciones que son esperables.
- La proporción de preguntas que cubren un tema concreto está generalmente en línea con la cantidad de tiempo dedicado a la enseñanza de ese tema, como se especifica en la Guía. Resulta imprudente correr en el estudio de un tema particular ya que probablemente se incluirán preguntas no triviales sobre esos temas en los exámenes.

## Prueba 2 Nivel Superior y Nivel Medio

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 10	11 - 21	22 - 31	32 - 41	42 - 50	51 - 60	61 - 95

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 17	18 - 22	23 - 27	28 - 50

Se recibieron formularios G2 de 35 profesores de NM y de 32 profesores de NS. Considerando el examen como un todo, este pequeño número puso de manifiesto que alrededor del 70% consideró apropiado el nivel de dificultad de la prueba. Alrededor del 25% pensó que era mucho más difícil. Estos resultados estadísticos fueron casi idénticos para ambos niveles.

Esto se veía reforzado por la comparación con las pruebas del año anterior, en las que el 32% en NS (40% en NM) encontró la prueba un poco más difícil, y el 20% en NS (17% en NM) la encontró mucho más difícil. La claridad de la redacción se consideró satisfactoria o buena por todos los colegios en NS, excepto 3 (2 en NM), y la presentación de la prueba fue considerada como satisfactoria o buena por todos los que respondieron.

Entre los comentarios específicos, algunos hacían referencia (como en sesiones anteriores) a la frecuencia con que aparecen preguntas del Tema 8, mientras que otros se quejaban de que el efecto invernadero no se había considerado en el NS. Los profesores deberían darse cuenta de que el Tema 8 tiene dedicadas muchas horas de enseñanza y ello tiene que ponerse de manifiesto en la estructura de los exámenes. De igual manera, ha habido un cierto número de preguntas específicas sobre el efecto invernadero en sesiones anteriores y resulta poco realista esperar pruebas escritas que planteen este tema en cada prueba.

### Comentarios generales

Muchos examinadores comentaron sobre lo poco que se indicaban las unidades. Ello se observó en los exámenes de los dos niveles. Los alumnos que vayan a estudiar o a trabajar en ciencias o ingeniería encontrarán que su falta de habilidad para desarrollar estas competencias en este nivel de enseñanza secundaria no les servirá en la educación o la formación terciaria.

Los alumnos han logrado ser también más cuidadosos al utilizar potencias de diez en los cálculos. Las operaciones llevadas a cabo con una calculadora se comprueban mejor cuando se dispone de tiempo suficiente.

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

El equipo de examinadores identificó las siguientes áreas:

- Distinción entre fuerza y momento lineal
- Efectos de la difracción con luz blanca
- Explicación de los efectos magnéticos
- Explicaciones completas del funcionamiento del transformador
- Cálculos y deducciones que involucren refracción de los frentes de onda

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

Resultó gratificante constatar las siguientes destrezas:

- Teoría eléctrica y cálculos
- Teoría del gas ideal y entropía
- Teoría fotoeléctrica básica y cálculos
- Cálculos sobre transferencia de energía térmica

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

### Sección A

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

- a) **[NM (a)(ii)]** Las líneas de mejor ajuste a través de los puntos datos eran o curvas (aunque pobremente dibujadas) o líneas rectas que podían no ajustarse al criterio de estar próximas a los puntos dato ni a las barras de error. Los alumnos cometieron el error de suponer que el término “línea” que aparecía en el enunciado significaba siempre “línea recta”.

- a) (i) **[solo NM]** Normalmente las barras de error se dibujaron con una longitud apropiada.

- b) La inmensa mayoría de los alumnos dio una buena explicación de si los datos apoyan la hipótesis, independientemente de su éxito o fracaso en los apartados previos de la pregunta.
- c) Los cálculos de incertidumbres se hicieron en general bien, pero hubo algún fallo al tomar en consideración el factor 3. Algunos también fallaron al calcular la incertidumbre final, dejando la respuesta como un porcentaje o en forma de fracción.
- d) (i) Esta parte resultó más variada y con pobres resultados. Se pedía a los alumnos que usaran el gradiente en su determinación. El gradiente necesita calcularse a partir de un gran triángulo situado sobre el cuadrículado. Ya que la gráfica tiene un falso origen, los alumnos que trabajaron con un único punto dato no lograron puntuación alguna.  
  
(ii) Alrededor de la cuarta parte de los alumnos fue capaz de indicar una unidad apropiada.

### **A2 [NS] y B1 Parte 1 [NM] Cambio en el momento lineal**

Muchos encontraron difícil la pregunta. Los alumnos de ambos niveles, y en ambas pruebas, mejoraron en (b) pero se encontraron con temas más difíciles en (c), que abordaba aspectos físicos que no se habían planteado desde hacía un tiempo.

- a) Muchos enunciados de la ley de conservación del momento lineal resultaron insatisfactorios. El enunciado "*el momento se conserva*" no permite obtener ningún punto salvo que se respalde de algún modo. Como ocurre a menudo, muchos alumnos olvidaron matizar la ley refiriéndose correctamente a la necesaria ausencia de una fuerza externa neta.
- b) (i) Aunque hubo muchas respuestas correctas que lograron la totalidad de los puntos, el nivel de explicación fue bajo y muchas soluciones constaban de una línea de números como respuesta.  
  
(ii) De nuevo, a excepción de los alumnos más flojos, muchos echaron mano de una ecuación del Cuadernillo de Datos y obtuvieron todos los puntos, aunque de su trabajo no siempre resultaba obvio que estuvieran calculando un ritmo de cambio. En este caso se concedió a los alumnos el beneficio de la duda.  
  
(iii) La fuerza vertical total que ejerce la gravilla tiene dos partes: el peso total de la gravilla que ha caído en los 5,0 s y la fuerza debida al impacto de la gravilla. La mayoría de los alumnos despreció la segunda componente y solo los mejores alumnos obtuvieron el máximo de tres puntos. Resultó mucho más corriente ver un valor correcto del peso de la gravilla que ya había caído.
- c) La pregunta planteaba, ahora, una consideración del movimiento horizontal de la cinta transportadora.

(i) De nuevo esto resultó sencillo y muchos lograron el punto utilizando simplemente la ecuación del Cuadernillo de Datos para obtener el valor de la energía cinética.

(ii) Esta parte no se hizo bien. Hubo un alumno singular que fue capaz de ver que la potencia no es más que  *fuerza  $\times$  rapidez* (otra ecuación del Cuadernillo de Datos) y lo aplicó correctamente. Fue raro encontrar respuestas correctas.

(iii) Se pedía, tan solo, una explicación sencilla, pero las respuestas típicas de “rozamiento” o “resistencia del aire” no eran suficientes. Los examinadores pedían que se constataste que la mitad de la energía se va en acelerar la gravilla hasta su rapidez final o en aumentar la energía interna de la gravilla.

### A3 [solo NS] Difracción e interferencia

- a) Una pregunta relativamente sencilla (que se había propuesto anteriormente varias veces) que fue respondida solo moderadamente bien. Se incurrió en pérdidas de puntos al utilizar el factor 1,22 o indicando la ecuación de interferencia de la doble rendija, a partir del Cuadernillo de Datos. Se trataba de una única rendija, como indicaba claramente el diagrama.
- b) (i) Aunque se presentaron muchos buenos enunciados del criterio de Rayleigh para la resolución, algunos alumnos omitieron decir al examinador que el criterio se refería a un patrón de difracción. Algunos alumnos también malentendieron la pregunta “Indique qué se entiende por...” Esta formulación necesita de un enunciado del criterio no un enunciado general del tipo “el criterio trata de la resolución”.
- (ii) La estructura de la pregunta debería haber dado la pista de que este apartado era una prueba numérica de la capacidad de los alumnos para utilizar el criterio de Rayleigh. No se trataba de una prueba de la doble rendija y hubo muchas explicaciones confusas de los cálculos.
- c) Se aceptaban varias respuestas posibles, pero la mayoría de los alumnos, en general, solo pudo referirse a la apariencia coloreada de los bordes en los máximos subsidiarios.

### A4 [NS] y B3 Pt 1 [SL] Sistema de iluminación eléctrica

Muchos alumnos respondieron bien a esta pregunta, lográndose muchos puntos en todo el rango de capacidades.

- a) Aunque la inmensa mayoría se dio cuenta de la base de la ley de Ohm, algunos perdieron el punto al olvidar que la ley se aplica solo cuando la temperatura (o las condiciones físicas) permanece constante
- b) (i) Se respondió correctamente; casi todos los alumnos fueron capaces de llegar al número entero de lámparas requerido (¡y redondear a la baja en vez de al alza!).
- (iii) **[NS]** De nuevo, los cálculos se hicieron satisfactoriamente y en muchos casos bien organizados. Los examinadores estaban satisfechos de ver la claridad y la

facilidad con que los alumnos hacían cálculos tan extensos como los de este apartado.

**[NM]** Aunque la mayoría de los alumnos indicó que la resistencia del LDR aumentaba en la oscuridad, pocos fueron capaces de interpretar las consecuencias de ello en términos del divisor de potencial.

### **A5 [NS] y A2 [NM] Campos magnéticos**

- a) **[solo NM]** Pocos alumnos se dieron cuenta de que un campo magnético se origina cuando las cargas se mueven.
- a) **[(b) NM]** Los diagramas del campo magnético alrededor del conductor rectilíneo y largo se dibujaron correctamente (en su mayoría, a mano alzada). La intencionalidad de los alumnos era clara. Alrededor de la mitad de los alumnos indicaron con sus diagramas que la intensidad de campo disminuye con la distancia al conductor (aunque no fuera un aspecto puntuable en esta ocasión).
- b) (i) **[(c)(i) NM]** Este apartado de la pregunta puso de manifiesto muchos errores de concepto de los alumnos sobre los fundamentos subyacentes a la fuerza magnética. Las explicaciones correctamente fundamentadas fueron habitualmente pobres y no indicaban la física esencial: (1) el campo de una espira se extiende hasta (y más allá de) la posición de la siguiente espira, (2) una regla indica la dirección y sentido de la fuerza magnética sobre la espira. Sin embargo, estaba claro que muchos sencillamente no comprendían el origen del magnetismo. Demasiado a menudo, los examinadores vieron descripciones que eran esencialmente enunciados indicando que las cargas positivas de una espira atraían a los electrones de la otra espira.
- (ii) **[(c)(ii) NM]** Alrededor de la mitad de los alumnos fue capaz de sacar adelante el sencillo cálculo, como un balance entre el peso de la espira y la fuerza magnética  $BII$ .

## **Sección B**

### **B1 NS**

#### **B1 Parte 1 Procesos en un gas**

Muchos hicieron bien este apartado. Normalmente, las explicaciones y los cálculos eran claros, y hubo una respuesta satisfactoria a la explicación sobre la entropía.

- a) Muchos alumnos fueron capaces de calcular correctamente el número de moles. Los pocos errores cometidos involucraban normalmente a las potencia de diez.

- b) (i) Muchos se dieron cuenta de que se necesitaba hacer un cálculo para deducir que el proceso no era isotérmico. La prueba podía hacerse de varias maneras; todas ellas se pusieron de manifiesto y muchas estaban bien explicadas.
- (ii) Se reconoció que la rapidez de la compresión era el motivo de la naturaleza adiabática del proceso, considerándose como razón física subyacente la incapacidad del sistema para transferir energía interna en ese tiempo.
- (iii) El único problema fue que los alumnos no fueron capaces, normalmente, de indicar claramente lo que significaban los símbolos empleados y, simplemente, se pusieron a buscar una solución en la que el examinador tuvo que hacer algunas deducciones sobre los signos y significados de algunas magnitudes. Los alumnos deben presentar sus soluciones a los examinadores con una claridad cristalina.
- (iv) Alrededor de la mitad de los alumnos no fue capaz de darse cuenta de cómo su respuesta a (iii) (en su caso, con un error arrastrado) podía emplearse más adelante (de manera sencilla) para determinar el cambio en la energía cinética de una sola molécula de aire. Habían olvidado lo que previamente habían respondido en (a) y (b)(iii).
- c) Este difícil apartado se hizo bien. Hubo un reconocimiento general de que la entropía está asociada al desorden y de que al comprimir el gas se reduce el desorden. Muchos pudieron entonces continuar utilizando el concepto de aumento del desorden para deducir el efecto sobre los alrededores.

### **B1 Parte 2 Movimiento de un proyectil**

- a) (i) Muchos calcularon el área bajo la gráfica (asumiendo que el cohete alcanzaba una rapidez vertical final de  $35 \text{ ms}^{-1}$ ). Menos se dieron cuenta de que el cohete no alcanzaba la rapidez final y, por tanto, no llegaba a alcanzar la altura final. Esto hizo perder un punto.
- (ii) Se trataba de un cálculo largo en el que los alumnos necesitaban calcular (1) la rapidez vertical final del cohete después de caer 170 m, (2) el vector suma de las componentes horizontal y vertical de la velocidad, y (3) el ángulo de impacto con el que el cohete conca contra el terreno. La mayoría de los alumnos omitió este tercer paso.
- b) Se trataba de un cálculo derivado del tema 6 en el que los alumnos necesitaban darse cuenta de que el valor de  $g$  en esa órbita es mucho más reducido que su valor en la superficie. Así, usar simplemente  $mg$  no resultaba apropiado. Muchos incurrieron en este error.

### **B2 NS**

### **B2 Producción de energía eléctrica utilizando energía nuclear**

- a) Alrededor de la mitad de los alumnos fue capaz de indicar dos problemas de seguridad distintos. Los restantes normalmente pudieron encontrar uno (o citar dos que eran demasiado similares como para obtener dos puntos).
- b) El enriquecimiento es un área de estudio del Tema 8. Resultó frecuente ver que los alumnos se daban cuenta de que se necesita uranio-235 para la fisión en el reactor y que es poco abundante en el mineral extraído. Fue poco común ver un tercer aspecto (algunos son posibles, incluyendo el problema de absorción de neutrones por uranio-238).
- c) (i) **[solo NS]** Fue decepcionante comprobar que tres puntos fácilmente accesibles no lo eran para muchos alumnos. Puntuaciones de 1 y 2 (incluso 0) fueron bastante corrientes.

A3 (a) **[solo NM]** A los alumnos se les daba el símbolo de la particular beta y se les pedía que dedujeran el resto. Esto se hizo bien.

(ii) **[solo NS]** Los cálculos se hicieron bien. Los alumnos están claramente bien entrenados en sacar adelante estos desafiantes cálculos exponenciales.

A3 (b) **[solo NM]** La mayoría de los alumnos se dio cuenta de que habían transcurrido cuatro semividas, pero entonces fue algo corriente equiparlo con 1/16 en vez de 15/16.

A3 (c) **[solo NM]** Habitualmente, los alumnos lograron uno de los dos puntos posibles. Las respuestas no fueron incisivas y trataron de vagas generalidades sobre los efectos de la radiación.

- d) Los alumnos no llegaron al fondo de la pregunta y a menudo repitieron simplemente que los neutrones son absorbidos por los residuos (indicado en el enunciado). Muchos olvidaron las sencillas matemáticas que nos dicen que reduciendo el número de átomos de uranio se reduce el ritmo de fisión y, por lo tanto, la producción de energía. De modo similar, pocos dedujeron el impacto de generar dos o más tipos de átomos de residuos en la barra de combustible (aumenta su volumen) y por tanto la necesidad de retirarlos antes de que aparezcan deformaciones graves.
- e) (i) La explicación de la generación de corriente en un transformador de corriente alterna se hizo solo medianamente. Aunque los alumnos tenían una idea razonable de lo que sucedía, demasiados detalles se expresaron mal. Por ejemplo, los alumnos se lanzaron rápidamente a afirmar que “se induce corriente en el secundario” sin darse cuenta del paso de la generación de una fem inducida y de su interacción con la resistencia en el segundo circuito.
  - (ii) Se vieron muchas respuestas correctas.
  - (iii) Como en (i), faltaban pasos aún en las respuestas correctas y con alta puntuación. La sencilla afirmación de que  $potencia\ perdida \propto corriente^2$  despreja la influencia de la resistencia del cable, lo que vale un punto adicional. Se remite a los

profesores al esquema de corrección publicado para un tratamiento detallado de la pregunta.

(iv) Muchos fueron capaces de calcular la fracción de potencia perdida en los cables, pero a veces los cocientes se calcularon al revés. Es preciso que los alumnos tengan cuidado en este aspecto.

### B3

#### B3 Parte 1 [NS] y B2 Parte 1 [NM] Movimiento ondulatorio

- a) Muchos comprendieron perfectamente, en la teoría de ondas, la naturaleza del rayo y del frente de onda, así como su relación mutua. De hecho, los que no supieron tratar el rayo y el frente de onda, pudieron citar fácilmente la relación entre ellos.
- b) (i) El frente de onda en el medio Y se dibujó correctamente y solo hubo unas cuantas líneas rebeldes que no eran paralelas al frente de onda dibujado.
- (ii) Se respondió pobremente, tanto en términos de comprensión como de explicación. A quienes utilizaron las determinaciones (con una regla) de la longitud de onda a partir del diagrama les fue mucho mejor que a quienes midieron ángulos (con un transportador). Los alumnos que utilizaron ángulos normalmente se confundieron respecto a los ángulos a que hacían referencia (de incidencia o de refracción) mientras que el método directo de la longitud de onda enlazaba directamente con la definición de índice de refracción.
- c) Las descripciones de las diferencias entre ondas transversales y longitudinales fueron sorprendentemente pobres. Aunque era evidente que los alumnos tenían una idea vaga de las diferencias (normalmente en términos de movimiento de las “partículas” o del “aire”), encontraron estos conceptos demasiado difíciles para expresarlos con palabras. Los examinadores (para dar todos los puntos) necesitaban ver una referencia clara a la dirección de oscilación de las partículas de la onda en términos de su relación con la dirección de propagación de la energía de la onda.
- d) (i) Con frecuencia, los cálculos se mezclaron con un decepcionante número de fallos debidos a errores de concepto sobre la relación entre periodo y frecuencia, y a un gran número de errores con las potencias de diez.
- (ii) Muchos fueron capaces de localizar M en la gráfica (en un corte con el eje x) pero, como cabía esperar, muchos eligieron un pico o una depresión de la gráfica.
- (iii) Se observaron pocas buenas soluciones a este problema. Eran posibles dos opciones: una determinación del área bajo la gráfica, otra el cálculo, utilizando, por ejemplo, la rapidez máxima de la partícula en Y. Se vieron pocas de las primeras (pero a menudo estaban bien hechas). La opción del cálculo estuvo formalmente llena de errores en la manipulación algebraica y en la correcta sustitución de datos.

#### B3 Parte 2 [NS] Electrones

- a) (i) Las explicaciones de los aspectos del efecto fotoeléctrico son bastante corrientes en los exámenes y así se puso de manifiesto, ya que la mayoría de los alumnos pudo obtener uno o dos puntos por los enunciados relevantes sobre fotones y electrones. Los mejores alumnos lograron habitualmente los tres puntos por sus buenas y claras explicaciones de los efectos.
- (ii) No se respondió bien a este apartado. La mayoría parecía no darse cuenta de la dependencia de la intensidad con el número de fotones que llegan por segundo, e intentó responder en términos del apartado (i).
- b) (i) Muchos hicieron bien este cálculo.
- (ii) Esto desafió a muchos con el factor de 1 por cada 300 fotones influyendo sobre la corriente de electrones. También hubo muchos errores con las potencias de diez surgidos al utilizar los milímetros en los datos de la pregunta.

### B3 P2 [NM] Satélites

- a) Pocos alumnos fueron capaces de indicar la ley de gravitación de Newton y la mayoría solo dio descripciones vagas de lo que la ley establece.
- b) (i) El orden de magnitud de la longitud de onda de las microondas no era bien conocido. Muchos alumnos no escribieron unidades, dejando sus respuestas sin sentido.
- (ii) En general, este cálculo lo hicieron bien aquellos alumnos que se dieron cuenta de que necesitaban usar la velocidad de la luz.
- c) (i) Pocos alumnos fueron capaces de dar una explicación convincente.
- (ii) La mayoría de los alumnos no sumó al radio de la Tierra la altura del satélite por encima de la superficie terrestre.
- (iii) Pocos fueron capaces de abordar este apartado de la pregunta.
- (iv) A raíz de (iii), este apartado de la pregunta solo fue abordado someramente y en contadas ocasiones.

### B4

#### B4 [NS] y B1 Parte 2 [NM] Convertidor de energía de columna de agua oscilante (CAO)

- a) (i) **[solo NM]** Muchos respondieron bien, pero los alumnos más flojos dieron respuestas sobre flujos de agua que no estaban basadas en el océano.
- (i) **[NM (ii)]** Muchos se perdieron por completo, describiendo centrales hidroeléctricas y sistemas de almacenamiento del agua de las mareas. Estos no lograron puntuar. Aquellos que reconocieron el dispositivo requerido, omitieron el detalle que rodea al mecanismo interno y no prestaron suficiente atención al aire atrapado, y a su compresión por la acción de las olas. La mayoría se mostró más

a gusto con el uso del aire comprimido para hacer girar las turbinas. De nuevo se constató la habitual confusión entre turbina y dinamo.

- (ii) **[NM (iii)]** El esquema de calificación era generoso y permitía omitir algunos pasos sin perder puntuación. Esto fue una suerte para los alumnos, ya que se mostraron muy flojos al identificar todas las transformaciones en una CAO.
- b) (i) Se mezclaron los cálculos; algunos alumnos estaban bien entrenados en adoptar el proceso multi-pasos. Otros, sin embargo, vencieron el obstáculo de calcular la energía requerida de las olas e identificaron la ecuación correcta en el Cuadernillo de Datos.
- (ii) **[solo NS]** Los inconvenientes de trasladar el CAO fueron a veces simplistas. Los examinadores vieron muchas afirmaciones diferentes, pero la mayoría no obtuvo ningún punto.
- (ii) **[solo NM]** Los diagramas de Sankey se dibujaron adecuadamente, pero demasiado a menudo no tuvieron en cuenta los datos de la pregunta y no tenían escala; esto impidió lograr la totalidad de los puntos.

#### **B4 Parte 2 [NS] y B2 Parte 2 [NM] Isla de hielo Pobeda**

- a) (i) **[solo NM]** La mayoría de las respuestas no relacionaban el movimiento molecular con la energía, más allá del hecho de que el hielo sólido tiene una forma fija y el agua líquida toma la forma del recipiente que lo contiene.
- a) (i) **[NM (ii)]** Muchos desglosaron las dos partes de los cálculos (calor específico para llevar el hielo hasta 0°C y calor latente para fundirlo), sumando al final las dos energías. Algunos olvidaron la fase de fusión y perdieron puntos.
- (ii) **[NM (iii)]** Algunos alumnos (quizás un tercio) utilizaron en sus cálculos el factor 0,8, el valor del albedo, en vez de 0,2. Pero, habiendo superado este obstáculo, muchos fueron capaces de estimar el tiempo que tarda la isla en fundirse. En esta ocasión se vieron pocos errores con las potencias de diez.
- b) **[solo NS]**
  - (i) El apartado final de la pregunta lleva a considerar un dispositivo acoplado por carga (CCD), utilizado para observar la isla de hielo. Los alumnos lograron puntual normalmente 2/3 por un resumen de cómo se crea la diferencia de potencial ( $dp$ ) cuando llega la energía y los electrones se transfieren, produciendo así un cambio y (por acción de la capacitancia) una  $dp$ . Los alumnos deben evitar la repetición del enunciado como una parte sustancial de su respuesta. Esto ocurrió de cuando en cuando.
  - (ii) Los alumnos están ahora muy acostumbrados a estos cálculos y les resultaron sencillas algunas partes de este cálculo. Sin embargo, solo los más capacitados lograron obtener una respuesta final correcta. Resultó más habitual ver que se ganaban dos puntos por el cálculo de la  $dp$ , usando la capacitancia.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

- Pasar tanto tiempo revisando preguntas explicativas como preguntas de cálculo.
- Insistir en que los cálculos se muestren de forma lógica y comunicativa.
- Conceder el tiempo adecuado para la enseñanza de todas las áreas del Tema 8.
- Leer la pregunta cuidadosamente.

## Prueba 3 Nivel Superior y Nivel Medio

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

#### Nivel Medio

<b>Calificación final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 3	4 - 7	8 - 11	12 - 15	16 - 19	20 - 23	24 - 40

### Comentarios generales

Prácticamente todos los alumnos respondieron exactamente dos opciones, como se requería. Quedó claro que la mayoría de los colegios enseñó solo dos opciones. Aquellos que respondieron opciones diferentes de las normales de su colegio, casi siempre fracasaron.

La mayoría de los alumnos fue capaz de responder dentro de las cajas de respuestas y las hojas suplementarias se utilizaron con muy poca frecuencia. La inmensa mayoría de los alumnos pareció disponer de 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. Sería útil disponer de respuestas más detalladas y de más colegios.

#### Nivel Superior

- 26 colegios de 30 encontraron un nivel de dificultad apropiado. 4 colegios consideraron que era demasiado difícil. Ningún colegio lo consideró demasiado fácil.
- 20 colegios de 29 consideraron que la prueba era del mismo nivel que el año anterior. 8 colegios la encontraron más difícil y 1 la consideró más fácil que el año anterior.
- Ningún colegio consideró que la claridad o la redacción de la prueba fuera pobre. La mayoría pensó que era buena o satisfactoria.
- La opción I (Física médica) continua aumentando rápidamente su popularidad a

expensas de las opciones F (Comunicaciones) y J (Física de partículas). Las opciones G (Ondas electromagnéticas), E (Astrofísica) y H (Relatividad) continúan siendo opciones populares.

### Nivel Medio

- De los 35 colegios que respondieron, 32 encontraron un nivel de dificultad apropiado. 3 colegios consideraron que era demasiado difícil. Ningún colegio lo consideró demasiado fácil.
- 29 colegios de 34 consideraron que la prueba era del mismo nivel que el año anterior. 5 colegios la encontraron más difícil y ninguno la consideró más fácil que el año anterior.
- Ningún colegio consideró que la claridad o la redacción de la prueba fuera pobre. La mayoría pensó que era buena o satisfactoria.
- Las opciones A (Visión y fenómenos ondulatorios) y G (Ondas electromagnéticas) continúan siendo las más populares, mientras que las opciones C (Tecnología digital) y F (Comunicaciones) son elegidas por pocos candidatos.

En la prueba 3 la percepción del nivel de dificultad depende un tanto de las opciones elegidas, pero globalmente las estadísticas muestran diferencias mucho menores que las mencionadas antes.

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

### Dificultades generales

- Resaltar las frases o los datos claves en cada pregunta
- Elegir la fórmula o ecuación adecuada del Cuadernillo de Datos
- Saber el significado de los símbolos en las fórmulas o ecuaciones del Cuadernillo de Datos
- Las potencias de diez y la multiplicación de unidades siguen siendo dificultades perceptibles
- Enunciados de definiciones, leyes, etc., de los libros de texto
- Aritmética descuidada y errores algebraicos
- No realizar simplificaciones algebraicas antes de sustituir los datos
- Presentar el trabajo en su totalidad en las preguntas tipo “demuestre que”

- Presentar desorganizadamente el trabajo en todas las preguntas
- Prestar atención más a menudo al número de puntos concedidos en cada apartado de la pregunta
- Presentar menos datos clave que los necesarios
- Secuenciar la presentación de datos para apoyar una explicación o descripción

### **Nivel superior**

- Magnitudes aparente y absoluta
- Interpretación de los diagramas HR
- Procesamiento de la señal
- Circuitos con amplificadores operacionales
- Detalles sobre el efecto Doppler
- Radiación de frenado de rayos X
- Cinemática relativista
- Dinámica relativista
- Respuesta logarítmica del oído
- Radioterapia
- La cámara de hilos
- Dispersión inelástica profunda

### **Nivel medio (solo preguntas individuales)**

- Significados de “fotópico” y “escotópico”
- Reflexión de la luz de color
- Diagramas del efecto Doppler
- Explicación de la resolución de imágenes
- Espectros de absorción

- Redes de telefonía móvil

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

Los mejores alumnos han cubierto todo el programa y muestran buena comprensión de él, pueden manipular las ecuaciones, muestran *todo* su trabajo de manera *metódica* y explican los conceptos con claridad. Los alumnos más flojos no leen completamente los enunciados de las preguntas, tienen un conocimiento pobre de los conceptos, les falta concisión y claridad en sus respuestas, *no* presentan todo su trabajo o utilizan la ecuación equivocada. Es evidente que muchos alumnos han estudiado exámenes de años anteriores y son capaces de mostrar buen conocimiento de las partes del programa propuestas habitualmente. Los alumnos suelen realizar mucho mejor las preguntas con cálculos que las preguntas que requieren recordar leyes, definiciones, experimentos y conceptos. Los candidatos más flojos pueden lograr todos sus puntos con los cálculos. Las opciones A, B, E, y G en NM, y E, H, G e I en NS son muy populares y la mayoría de los alumnos hace un gran esfuerzo para abordar sus preguntas.

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

### Solo NM

#### Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios

Esta fue la opción más popular en NM.

#### A1 El ojo

- A menudo, los alumnos no mencionaron específicamente las diferencias entre conos y bastoncillos. No siempre se comprendió el significado de fotópico y escotópico.
- La gráfica de la sensibilidad de los bastoncillos a menudo no mostraba mayor sensibilidad que para los conos.
- Fueron demasiados los alumnos que indicaron que la luz roja que incide sobre un objeto azul produce magenta.

#### A2 El efecto Doppler

- Como es habitual, algunos alumnos se refirieron al cambio de sonoridad en contraposición a la frecuencia. Los diagramas fueron normalmente pobres, pero muchos pudieron obtener 2 de los 3 puntos posibles.
- Muchos alumnos pudieron calcular la rapidez del coche de bomberos, pero algunos utilizaron incorrectamente la fórmula para un observador móvil.

### A3 Luz polarizada

(a) A menudo, los alumnos eran incapaces de indicar qué es lo que vibra en un plano.

(b)(i) La ley de Brewster parecía bien conocida y b)(ii) fueron dos puntos muy fáciles.

### A4 Resolución

Muchos alumnos pudieron dibujar los patrones de difracción superpuestos. Pocos hicieron mención de la difracción que tiene lugar en el ojo o explicaron claramente por qué no podían resolverse las imágenes.

## Opción B – Física cuántica y física nuclear

### B1 Espectro de absorción y niveles atómicos de energía

(a) A menudo no se mencionó la luz *blanca*. Demasiados alumnos explicaron cómo producir un espectro de emisión.

(b)(i) La mayoría fue capaz de describir el aspecto de un espectro de absorción.

(ii) Muchos sabían que las líneas de absorción se relacionaban con transiciones entre niveles de energía, pero a menudo encontraron difícil secuenciar sus respuestas con claridad.

(c) Hubo muchos cálculos de longitud de onda, pero también muchos errores aritméticos básicos al calcular la diferencia entre 2 fracciones.

### B2 Desintegración radiactiva

(a) Por lo general, se identificaron el positrón y el neutrino electrónico.

(b) Se utilizaron varios métodos para determinar la edad de la roca y la mayoría de ellos eran correctos.

(c) A menudo, se indicaron correctamente la actividad y la masa de la muestra. Demasiados alumnos se refirieron a la “cantidad” de muestra o a determinar la constante de desintegración.

### B3 Neutrinos

Demasiados alumnos se limitaron a parafrasear la pregunta o no indicaron que la energía liberada está cuantificada/fijada. Hubo un buen número de respuestas correctas.

## Opción C - Tecnología digital

### **C1 CDs**

- (a)(i) Una pregunta habitual, pero la mayoría de las respuestas carecían de detalles.
- (b) Un error extendido fue dividir por 32 bits en vez de multiplicar, pero la pregunta se hizo bien en general.

### **C2 CCDs**

- (b) Muchos alumnos no supieron indicar los datos en forma simbólica. Otros no utilizaron el tiempo de 30 ms. Hubo pocas respuestas totalmente correctas.

### **C3**

Esta pregunta es idéntica a la pregunta F4 de la opción F, remitiéndose al lector a los comentarios a dicha pregunta.

**A partir de la C3, algunas preguntas figuraban también en la prueba de NS. Son las marcadas con \* en esta sección.**

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

#### **D1 Relatividad**

Esta pregunta es similar a la pregunta H1 de la opción H, remitiéndose al lector a los comentarios a dicha pregunta.

### **NM y NS combinadas**

#### **Opción E - Astrofísica**

Una opción muy popular.

#### **\*E1 Estrellas**

- (a)(i) No fueron muchos los alumnos que hicieron referencia a la magnitud aparente en la definición de magnitud absoluta.
- (a)(ii) Habitualmente se mencionaron el color o la temperatura.
- (a)(iii) Muchos alumnos pasaron por alto el hecho de que la estrella tuviera la misma temperatura superficial que el Sol.
- (b)(i) Los alumnos respondieron bien.
- (b)(ii) Solo alrededor de la mitad de los alumnos colocó correctamente a la estrella B en la región de las enanas blancas.
- (c) A menudo no se rotularon las líneas espectrales.

### \*E2 Cefeidas

(a)(i) La mayoría de los alumnos sabían que las cefeidas se expanden y se contraen.

(a)(ii) Al calcular la distancia a la estrella ocurrieron muchos errores aritméticos por descuido, al evaluar la expresión logarítmica, pero muchos alumnos encontraron la distancia correcta de 445 pc.

(b) Unos pocos alumnos no se dieron cuenta de que las estrellas equidistaban de la Tierra o mencionaron incorrectamente la determinación del área superficial de la no cefeida.

### \*E3 Cosmología

La mayoría respondió correctamente a (a) y (b), pero demasiados alumnos no hicieron mención específica a las *galaxias* en (b).

### E4 [solo NS] Evolución estelar

Ambas (a)(i) y (ii) eran preguntas fáciles del tipo “demuestre que”, pero muchos alumnos no justificaron sus respuestas.

(b)(i) Muchos conocían la evolución desde gigante roja hasta nebulosa planetaria, así como el límite de Chandrasekhar en (b)(ii).

### E5 [solo NS] Ley de Hubble

(a) Los cálculos con la constante de Hubble se hicieron bien.

(b) No muchos alumnos hicieron referencia al mayor ritmo de expansión del universo en el pasado.

### Opción F - Comunicaciones

Esta opción fue elegida por muy pocos alumnos.

### \*F1 Gráfica de modulación en amplitud

No muchos alumnos supieron interpretar correctamente los datos y los errores con las potencias de diez fueron habituales.

### \*F2 Señales digitales

(a)(i) se hizo en general correctamente, pero en (a)(ii) casi ninguno de los alumnos pudo explicar la función del conversor serie-paralelo.

(b) A menudo se mencionaron una mayor frecuencia de muestreo y más bits por muestra, pero no se explicaron bien.

**\*F3 Fibras ópticas**

- (b) Raramente se mencionó la menor atenuación de las longitudes de onda IR.
- (c)(i) Se hizo bien.
- (c)(ii) Los alumnos se mostraron a menudo inseguros sobre qué valores de potencia debían utilizar.

**\*F4 El amplificador operacional (AO)**

Una de dos, o los alumnos respondieron muy bien o tenían poca idea sobre los AO.

**\*F5 Sistemas de telefonía móvil**

- (a) Rara vez se mencionó la disminución de la intensidad de la señal con la distancia.
- (b) Este apartado de la pregunta se hizo mal.

**Opción G – Ondas electromagnéticas**

Una opción muy popular.

**\*G1 Interferencia**

La mayoría de los alumnos respondió bien todos los apartados.

**\*G2 Microscopio y lupa**

- (a) Se definió el punto cercano de muy diversas maneras.
- (b) El diagrama de rayos se dibujó correctamente.
- (c) A veces se presentaron tratamientos algebraicos infructuosos, puesto que se pasó por alto que  $v = D$ .
- (d) Se cometieron muchos errores en los cálculos sobre el microscopio, debido a la confusión entre las distancias focales del objetivo y el ocular. Sin embargo, hubo también muchas respuestas correctas –excepto para (iii), donde el cociente entre distancias focales fue una elección popular para el aumento global.

**\*G3 Atardecer rojo**

Algunos alumnos pasaron apuros para organizar sus respuestas en una secuencia lógica, sin embargo la mayoría conocían los detalles de la dispersión de Rayleigh.

#### **G4 [solo NS] Rayos X**

(a)(i) Normalmente, los alumnos pudieron explicar el espectro característico, pero no el espectro continuo.

(b)(i) El cálculo de la longitud de onda mínima se hizo bien.

(b)(ii) Unos pocos alumnos eligieron el complemento del ángulo de incidencia en la fórmula de Bragg.

#### **Solo NS**

##### **Opción H – Relatividad**

Esta opción continua siendo bastante popular.

##### **\*H1 Cinemática relativista**

(a) La mayoría de los alumnos fue incapaz de indicar que un evento es un punto en el espacio-tiempo.

(b)(ii) Se respondió pobremente ya que raramente se mencionó el tiempo propio (del fotón).

(c)(i), (ii), (iii) se respondieron bien, pero solo una pequeña minoría de los alumnos obtuvo 60 ns como respuesta a (iv).

(d) **[solo NS]** Muchos conocían bien el experimento de Hafele-Keating, pero unos pocos alumnos describieron en su lugar, e incorrectamente, la dilatación temporal del muón, el experimento de Pound- Rebka o el de Michelson-Morley.

##### **H2 Mecánica relativista**

(a)(i) y (ii) usualmente se hicieron bien.

(b)(i) Muy pocos alumnos determinaron los valores para el sistema de referencia Y, eligiendo en su lugar el sistema CM.

(b)(ii) Muchos alumnos lograron determinar la energía de la particular Z, pero a menudo solo se utilizó la energía de una de las partículas que chocaban.

##### **H3 Relatividad general**

(a) El principio de equivalencia se indicó correctamente.

(b) Generalmente, el desplazamiento hacia el rojo de un fotón gamma se explicó y calculó correctamente.

#### H4 Agujeros negros

- (a) Normalmente, se mencionó correctamente la velocidad de escape  $c$  en la definición de radio de Schwarzschild.
- (b) La curvatura del espacio-tiempo era bien conocida, pero, a menudo, los alumnos pasaron apuros para secuenciar de manera lógica sus respuestas a la pregunta. Raramente se mencionaron las geodésicas.

#### Opción I – Física médica

Actualmente es la tercera opción más popular.

#### I1 El oído

- La mayoría hizo bien (a) y (b).
- (c) Demasiados alumnos repitieron la pregunta al intentar explicar el significado de una respuesta logarítmica.
- (d) El cálculo del nivel de intensidad se hizo muy bien.

#### I2 Imágenes por rayos X

- (a) Muchos alumnos definieron incorrectamente el coeficiente de atenuación en términos del espesor hemirreductor.
- (b) La deducción se hizo bien.
- (c) Hubo una variedad de enfoques válidos, pero unos pocos alumnos utilizaron equivocadamente los valores de 15 keV y 30 keV en sus cálculos.
- (d) La dificultad de lograr un buen contraste entre el hígado y el tejido de los alrededores se explicó completamente bien, pero muchos indicaron que el hígado era totalmente transparente a los rayos X.

#### I3 Isótopos en medicina

- (a) Se respondió bien, así como el cálculo de la semivida efectiva en (b)(i).
- (b)(ii) A menudo los alumnos se esforzaron pensando en obtener los 3 puntos con la elección del I-131 para el tratamiento del cáncer de tiroides.
- (c) Para algunos, la estimación del volumen de sangre fue una manera fácil de lograr tres puntos, pero dejó sin respuesta a otros que podrían haberse sentido abrumados por la cantidad de datos que se daban.

#### Opción J – Física de partículas

Muy pocos alumnos eligieron esta opción.

**\*J1 Quarks**

- (a) Este era un punto fácil.
- (b)(i) Fueron raras las respuestas en términos de la estructura de quarks del antiquark o del valor de su extrañeza.
- (b)(ii) Generalmente no se tuvo en cuenta la no conservación de la extrañeza. Sin embargo, en (iv), el cálculo del alcance de la interacción débil normalmente se hizo bien.
- (c) Se observaron pocas respuestas correctas.

**J2 Ciclotrón y cámara de hilos**

- (a) El uso de una diferencia de potencial alterna entre las “des” de un ciclotrón era algo bien conocido, así como la fuerza atractiva entre las “des”. Raramente se mencionó la frecuencia.
- (b) Se utilizó la fórmula disponible para la energía, pero no siempre correctamente.
- (c) Generalmente, los alumnos tenían una muy vaga idea de la función o el funcionamiento de una cámara de hilos.

**J3 Dispersión inelástica profunda**

Los alumnos no la entendieron bien.

**J4 El universo primitivo**

- (a) La predicción de la temperatura correspondiente al choque entre protones de 7 TeV se hizo generalmente bien.
- (b) Normalmente, los alumnos no supieron explicar el predominio de la materia sobre la antimateria.

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

- Los temas opcionales permiten a los alumnos entrar en contacto con algunas de las áreas más desafiantes e interesantes de la física. Sin embargo, no se debería subestimar la importancia de los principios fundamentales de la asignatura. Definiciones y enunciados de leyes se expresan a menudo pobremente o son pura conjetura.
- En general, los alumnos tienden a empeorar en las partes descriptivas de las preguntas, lo que es frecuentemente la causa de la diferencia entre una calificación final mediocre o buena. Al proponer deberes a los candidatos, es de gran ayuda que se les propongan no solo preguntas numéricas sino también abundantes preguntas de

respuesta extensa.

- Los exámenes de años anteriores proporcionan una oportunidad de practicar lo esencial con el estilo de preguntas a las que los alumnos deben enfrentarse. Proporcionar a los alumnos respuestas modelo (así como los últimos esquemas de calificación) les permite comprender qué nivel de respuesta es el esperado. Esto se proporciona a menudo en los libros de texto de Física del BI.
- Debe animarse a los alumnos a que marquen las frases más importantes de una pregunta, ya que a menudo se olvida una instrucción o parte de la información.
- Todos los alumnos deben tener el Guía de Física del BI y el Cuadernillo de Datos. Ambos son herramientas esenciales del aprendizaje y muy útiles como listados para repasar. La guía de la asignatura se puede proporcionar en forma de anotaciones para el profesor, con referencias a las páginas del libro de texto y con referencias a preguntas de pruebas anteriores.
- Los profesores, durante los repasos, deben dedicar sesiones a explicar el uso de cada ecuación y todos los datos incluidos en el Cuadernillo de Datos.
- Wikipedia, Hyperphysics, CERN, NASA, Physics.org, outreach.atnf.csiro.au, phys.unsw.edu.au, etc., proporcionan una gran cantidad de fuentes de información online. 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.