

## FÍSICA

### Bandas de calificación de la asignatura

#### Nivel Superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-16	17-28	29-40	41-51	52-60	61-71	72-100

#### Nivel Medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-15	16-27	28-37	38-48	49-58	59-69	70-100

#### Nivel medio Prueba 1

##### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-7	8-10	11-13	14-15	16-18	19-20	21-29

#### Nivel superior Prueba 1

##### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-10	11-15	16-20	21-23	24-26	27-29	30-39

En general, las pruebas de física de opción múltiple del IB se han proyectado con miras a las ideas conceptuales y no a la habilidad para efectuar cálculos. Éstos pueden evaluarse con mayor rigor en las Pruebas 2 y 3. Así pues, y en lo que a la Prueba 1 respecta, las calculadoras no se permiten ni son necesarias. Algunas preguntas son comunes a las pruebas de los niveles medio y superior, ocupándose las demás preguntas del nivel superior de otras partes del programa de estudios.

Las pruebas que se celebraron en mayo de 2003 fueron, en general, bien recibidas. De los profesores que facilitaron observaciones sobre las pruebas, el 90% del nivel medio y el 88% del nivel superior, aproximadamente, opinaron que las preguntas de las mismas eran del nivel apropiado. Sin embargo, un pequeño número consideró que ambas pruebas fueron algo más difíciles. Los profesores opinaron, con pocas excepciones, que las pruebas cumplieron satisfactoriamente o bien con el programa de estudios (el 96% del nivel medio y el 97% del nivel superior). Sea como fuere, la cobertura del programa de estudios se valorará en coordinación con las Pruebas 2 y 3. Todos los profesores consideraron que las pruebas se presentaron bien o satisfactoriamente. Se indicó además que algunas preguntas fueron ambiguas o contenían errores. Se puntualizará ulterior y debidamente a este respecto en páginas posteriores del presente Informe.

## Análisis estadístico

El análisis estadístico de las respuestas ilustra el rendimiento general de los alumnos y su rendimiento ante las preguntas individuales. Estos datos se exponen en el cuadro que sigue.

Los números que figuran en las columnas A a D y En blanco indican los alumnos que eligieron la opción representada por la letra del encabezamiento o que dejaron la respuesta en blanco. La pregunta clave (la opción correcta) se indica por un asterisco (\*). El *índice de dificultad* (que quizás debiera denominarse índice de facilidad) es el porcentaje de alumnos que dio la respuesta correcta (la clave). Un índice elevado indica pues una pregunta fácil. El *índice de discriminación* es una medida del grado en que la pregunta discrimina entre candidatos de diferentes habilidades. Un índice de discriminación más elevado indica que hay una mayor proporción de alumnos bien preparados que identificaron correctamente la clave en comparación con los alumnos menos preparados.

## Análisis tema a tema Nivel medio Prueba 1

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	171	2575*	313	1930	3	51,57	0,48
2	407	668	3534*	364	20	70,77	0,49
3	3090*	838	529	524	12	61,88	0,40
4	2473*	378	2038	89	15	49,52	0,56
5	824	847	290	3019*	13	60,46	0,46
6	629	2083*	1777	485	19	41,71	0,41
7	32	3725*	614	617	5	74,60	0,32
8	1422*	2323	381	846	21	28,47	0,34
9	2783*	837	257	1103	13	55,73	0,44
10	2344*	1303	1003	331	12	46,94	0,21
11	978	1237	1183	1570*	25	31,44	0,49
12	1306	112	2949*	596	30	59,06	0,41
13	2937*		892	1152	11	58,82	0,29
14	525	3278*	229	951	10	65,65	0,39
15	744*	175	764	3300	10	14,90	0,24
16	658	992*	1134	2170	39	19,86	0,04
17	400	331	105	4150*	7	83,11	0,32
18	67	3126*	1000	792	8	62,60	0,41
19	141	922	2787*	1132	11	55,81	0,35
20	1036*	1583	1792	531	51	20,74	0,15
21	476	3981*	182	336	18	79,73	0,33
22	213	622	4076*	73	9	81,63	0,18
23	3441*	960	149	433	10	68,91	0,39
24	592	3395*	548	371	87	67,99	0,32
25	3075	746*	486	640	46	14,94	0,03
26	534	221	384	3838*	16	76,86	0,42
27	2014*	1087	948	880	64	40,33	0,35
28	406	513	2667*	1377	30	53,41	0,43
29	1007	1015	1645	1240	86		
30	1290	2206*	435	982	80	44,18	0,57

En el caso de la pregunta 13 *supra*, A y B se indicaron ambas como correctas. La pregunta 29 se eliminó de la prueba.

**Análisis tema a tema**  
**Nivel superior Prueba 1**

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	472	2151*	782	51	9	62,07	0,55
2	2487*	425	350	199	4	71,77	0,38
3	1804*	950	541	158	12	52,06	0,36
4	2625*	331	105	99	5	75,75	0,40
5	809	516	532	1602*	6	46,23	0,43
6	272	1784*	224	1182	3	51,48	0,07
7	357	320	2773*		15	80,02	0,27
8	2094*	529	572	263	7	60,43	0,32
9	2498*	479	316	168	4	72,09	0,18
10	390	481	2068*	526		59,68	0,40
11	147	2616*	116	582	4	75,49	0,29
12	697*	73	333	258	4	20,11	0,31
13	2163*	909	282	103	8	62,42	0,48
14	309	1673*	333	1146	4	48,28	0,32
15	94	644	2370*	355	2	68,39	0,24
16	406	649*	633	1752	25	18,73	0,02
17	131	100	37	3197*		92,26	0,15
18	857	401	1000	1192*	15	34,40	0,36
19	35	2577*	489	357	7	74,37	0,39
20	988*	1812	583	81	1	28,51	0,31
21	270	44	3093*	5	5	89,26	0,20
22	584	218	2616*	45	2	75,49	0,37
23	373	2004*	585	490	13	57,83	0,50
24	2551	815*	82	14	3	23,52	0,06
25	2651*	562	59	193		76,50	0,28
26	324	2557*	321	208	55	73,79	0,34
27	196	491	1980*	788	10	57,14	0,36
28	808	468	980	1180*	29	34,05	0,26
29	55	1032*	2284	88	6	29,78	0,16
30	2186*	818	234	215	12	63,08	0,36
31	357	899	2055*	137	17	59,30	0,33
32	469	685	987	1300*	24	37,51	0,16
33	118	2240*	347	744	16	64,64	0,48
34	1607	596	329	918*	15	26,49	0,31
35	2063*	459	442	485	16	59,53	0,45
36	2220*	293	715	222	15	64,06	0,44
37	365	2425*		663	12	69,98	0,25
38	72	156	495	2722*	20	78,55	0,27
39	562	674	1251	948	30		
40	1103	1188*	677	462	35	34,28	0,33

En el caso de la pregunta 7 *supra*, C y D se indicaron ambas como correctas y en el de la pregunta 37 fueron B y C las que se marcaron como correctas. La pregunta 39 se eliminó de la prueba.

## Observaciones sobre el análisis

*Dificultad.* Los índices de dificultad del Nivel superior y del Nivel medio varían desde menos del 20% (preguntas relativamente ‘difíciles’) hasta más del 80% (preguntas relativamente ‘fáciles’).

*Discriminación.* El índice de discriminación es una magnitud positiva en todas las preguntas. La situación ideal es que el índice sea superior a 0,2 aproximadamente, lo que se logró en la mayoría de las preguntas. No obstante, un índice de discriminación bajo no tiene por qué ser consecuencia de una pregunta poco de fiar. Podría indicar un concepto equivocado que esté muy extendido entre los alumnos.

*Respuesta ‘En blanco’.* El número de respuestas en blanco en ambas pruebas aumenta en los últimos temas. Ello puede indicar que los alumnos no tuvieron tiempo suficiente para terminar de responder, aunque no explica que haya temas ‘En blanco’ al principio de las pruebas. Se recordará a los alumnos que una respuesta incorrecta no se penaliza. Así pues, si se desconoce la respuesta correcta, deberá intentarse contestar con una conjetura que se haya sopesado.

## Observaciones sobre algunas preguntas seleccionadas

Los cuadros estadísticos indicados *supra* y los valores de los índices presentan el rendimiento de los alumnos en cada una de las preguntas. En la mayoría de los casos, cuando se analice una pregunta determinada, ello será suficiente información sobre resultados. Sólo se presentarán observaciones respecto de algunas preguntas seleccionadas, es decir, de aquéllas que se presten a servir de ejemplo de una cuestión específica o que permitan identificar un problema dado. Permítasenos la oportunidad que el presente nos brinda para expresar también nuestro agradecimiento a las escuelas y a los profesores que nos han enviado sus observaciones respecto de preguntas específicas.

### Nivel medio Prueba 1

## Observaciones sobre algunas preguntas seleccionadas

#### Pregunta 3

Los alumnos estarán familiarizados con gráficos en los que la pendiente (gradiente) varía. En el caso que nos ocupa, una pendiente negativa indica una aceleración negativa y una pendiente positiva indica una aceleración positiva. Si la pendiente es cero, la aceleración también lo será.

#### Pregunta 8

La pregunta define  $K$  como energía cinética, a pesar de que el cuadernillo de datos utiliza

$E_K = \frac{p^2}{2m}$ . El escribir  $\frac{E_{K_1}}{E_{K_2}}$  se consideró poco elegante.

#### Pregunta 9

La definición de eV se encuentra en el programa de estudios.

#### Pregunta 11

Un satélite que gire en una órbita  $2r$  alrededor del centro de la Tierra lo haría con una velocidad  $\frac{v}{\sqrt{2}}$ , y no  $\frac{v}{2}$ , donde  $v$  es la velocidad de un satélite que gira a una distancia  $r$ .

Desgraciadamente, ello fue un error. La pregunta pedía la *fuerza centrípeta*, lo que debería haber llevado a los alumnos a la fórmula  $\frac{mv^2}{r}$ . En este caso la relación de las fuerzas

$(S_1/S_2)$  es  $\frac{\frac{mv^2}{r}}{\frac{m(v/2)^2}{2r}} = 8$ . Ello podría haber sido confuso para los alumnos con

conocimientos de gravitación (lo que no figura en el programa central de estudios), quienes podrían haber pensado que la fuerza centrípeta = fuerza de gravitación (peso) =  $\frac{GMm}{r^2}$  y, por

ende, deducir que la relación de fuerzas  $(S_1/S_2)$  es  $\frac{\frac{GMm}{r^2}}{\frac{GMm}{4r^2}} = 4$ . Las estadísticas que se

derivan de esta pregunta indican que la mayoría contestó con conjeturas pero que, además, constituyó un buen discriminante entre los alumnos más preparados y los menos preparados.

### **Pregunta 13**

Esta pregunta no especificó el sentido de transferencia de la energía térmica. En un día soleado y caluroso, una habitación con grandes ventanas de vidrio se caldearía principalmente por radiación, pero durante la noche perdería el calor principalmente por conducción. Así pues, se marcaron ambos casos, A y B, como respuestas correctas.

### **Pregunta 14**

La palabra “centígrado” no significa una unidad de SI para la temperatura y no fue en detrimento de los alumnos al figurar sólo en la opción A, que era un señuelo.

### **Pregunta 15**

En esta pregunta la palabra “ritmo” se entenderá como sinónimo de “frecuencia” y no fue un problema para ningún alumno.

### **Pregunta 16**

La frase “en perpendicular con respecto al sentido de desplazamiento de las ondas”<sup>1</sup> fue poco clara. La pregunta produjo un índice de discriminación muy bajo, de lo que se desprende que los alumnos mejor preparados no acertaron a contestarla bien y los que lo hicieron quizás se basaron en conjeturas.

### **Pregunta 23**

La definición de resistencia es  $R = \frac{V}{I}$ , donde los valores del voltaje y de la corriente se leen en el punto que nos interesa. La resistencia no es el gradiente de la curva V-I.

**Pregunta 25**

Esta pregunta se presentó a los efectos de comprobar si se había comprendido que es el componente del campo magnético normal a la corriente el que causa la fuerza magnética.

**Pregunta 29**

Esta pregunta se eliminó del examen. Las directrices del programa de estudios indican dibujar y anotar un gráfico de la energía de enlace por nucleón respecto del número atómico, si bien todos los libros de texto muestran gráficos con el número másico en el eje de las X. Se alienta a los profesores a que enseñen la versión estándar de dicho gráfico, es decir, con la energía de enlace por nucleón como una función del número másico.

**Nivel superior Prueba 1**

**Observaciones sobre algunas preguntas seleccionadas**

**Pregunta 5**

Un satélite que girase en una órbita  $2r$  alrededor del centro de la Tierra lo haría con una velocidad  $\frac{v}{\sqrt{2}}$ , y no  $\frac{v}{2}$ , donde  $v$  es la velocidad de un satélite que gira a una distancia  $r$ .

Desgraciadamente, ello fue un error. La pregunta pedía la *fuerza centrípeta*, lo que debería haber llevado a los alumnos a la fórmula  $\frac{mv^2}{r}$ . En este caso la relación de las fuerzas

$(S_1/S_2)$  es  $\frac{\frac{mv^2}{2r}}{\frac{m(v/2)^2}{r}} = 8$ . Debe haber sido confuso, sin embargo, para los alumnos del

Nivel superior con conocimientos de gravitación, quienes podrían haber pensado que la fuerza centrífuga = fuerza gravitacional (peso) =  $\frac{GMm}{r^2}$  y, por ende, deducir que la relación de las

fuerzas  $(S_1/S_2)$  es  $\frac{\frac{GMm}{4r^2}}{\frac{GMm}{r^2}} = 4$ .

**Pregunta 7**

Se aceptaron dos, C y D, como respuestas correctas de esta pregunta. La respuesta evidente es la C dado que la fuerza a la que se ve sometida la nave espacial no es constante, lo que resulta en que la velocidad no varía uniformemente con el tiempo. Sin embargo, podría argumentarse que si el punto P está muy cerca de la nave espacial cuando los motores se apagan, la variación de  $g$  con respecto a la distancia sería despreciable, por lo que la fuerza sobre la nave espacial sería constante. Así pues, otra respuesta posible es D.

**Pregunta 9**

Esta pregunta se basó en los materiales del programa de estudios. Remítase a 2.1.9 de las Directrices relativas al Programa de Estudios.

**Pregunta 10**

La observación que sigue sólo corresponde a los alumnos que hicieron el examen en Francés. La expresión “tal y como la ve Lucía” no figuró en el examen en Francés. Los alumnos no sufrieron detrimento alguno, al puntuarse como correctas tanto la respuesta C como la D.

**Pregunta 12**

En el caso de esta pregunta la palabra “ritmo” habrá de entenderse como sinónimo de la palabra “frecuencia”. Ello no fue en menoscabo de los alumnos.

**Pregunta 14**

Las leyendas  $Q_c$  y  $Q_h$  figuraron intercambiadas en la opción B (sólo en la versión en inglés). Los alumnos no sufrieron detrimento alguno como puede comprobarse de las estadísticas de esta pregunta.

**Pregunta 16**

La frase “en perpendicular con respecto al sentido de desplazamiento de las ondas”<sup>2</sup> fue poco clara. La pregunta produjo un índice de discriminación muy bajo, de lo que se desprende que los alumnos mejor preparados no acertaron a contestarla bien y los que lo hicieron quizás se basaron en conjeturas.

**Pregunta 20**

El símbolo  $c$  se emplea, en general, para indicar la velocidad de las ondas (olas en este caso) y no siempre para indicar específicamente la velocidad de la luz.

**Pregunta 24**

Esta fue una pregunta difícil y la mayoría de los alumnos se decidió, incorrectamente, por la opción A. Las dos fuerzas que se ejercen sobre la esfera según cae son constantes y la aplicación de la suma de vectores resulta en una fuerza *constante* (en magnitud y dirección) a un cierto ángulo con respecto a la vertical.

**Pregunta 25**

La definición de resistencia es  $R = \frac{V}{I}$ , donde los valores del voltaje y de la corriente se leen en el punto que nos interesa. La resistencia no es el gradiente de la curva V-I.

**Pregunta 28**

Esta fue una pregunta difícil que sirvió bien para discriminar. Los alumnos deducirán que, en el caso de Y, el electrón tiene un radio menor y, por ello, menor velocidad, lo que indica una pérdida de energía al atravesar la lámina metálica.

### **Pregunta 29**

El ángulo que figura en el diagrama no es el que se menciona en la definición. Los alumnos tuvieron que pensar en la definición de flujo magnético y aplicarla consecuentemente.

### **Pregunta 30**

Esta pregunta se basa en materiales que figuran en el programa de estudios y no exige conocimientos del movimiento armónico simple. Puesto que la frecuencia se reduce a la mitad, el periodo se doblará, por lo que el régimen al que se corta el flujo también se reducirá a la mitad. Por lo tanto, la respuesta es A. Esta fue una buena pregunta y su índice de discriminación fue elevado.

### **Pregunta 33**

La leyenda del eje vertical fue incorrecta pero nadie se confundió. (Debería haber sido  $E_{\max}$ ).

### **Pregunta 37**

La pregunta no especificó que todos los iones tenían la misma carga, por lo que tanto B como C se aceptaron ambas como correctas.

### **Pregunta 39**

Esta pregunta se eliminó del examen. Las directrices del programa de estudios indican dibujar y anotar un gráfico de la energía de enlace por nucleón respecto del número atómico, si bien todos los libros de texto muestran gráficos con el número másico en el eje de las X. Se alienta a los profesores a que enseñen la versión estándar de dicho gráfico, es decir, con la energía de enlace por nucleón como una función del número másico.

### **Pregunta 40**

Las leyes de conservación, tales como las aplicables a los bariones y a los leptones, forman parte del programa de estudios.

## **Observaciones del examinador**

Las preguntas de carácter conceptual como las que figuran en los exámenes de preguntas de opción múltiple exigen, por lo general, un buen grado de entendimiento de los conceptos y principios básicos, a menudo en mayor medida que en los problemas de carácter cuantitativo que se resuelven aplicando fórmulas. Tales preguntas requieren visualizar mentalmente situaciones y la habilidad de aplicar razonamientos cualitativos para entender cómo afectan los diversos factores a la totalidad de un sistema. Estas aptitudes constituyen un importante bagaje del 'pensar como un científico' y suelen a veces pasarse por alto en los periodos lectivos y en los libros de texto. No es extraño pues que algunos alumnos se debatieran denodadamente con la naturaleza conceptual de las preguntas. A pesar de todo, es alentador que fuera tan elevado el número de alumnos que alcanzó buenas puntuaciones y demostró estar bien preparado para el examen.

## Nivel medio Prueba 2

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-5	6-11	12-16	17-21	22-27	28-32	33-50

### Generalidades

A juzgar por el escaso número de observaciones críticas que se reciben de los profesores en los formularios de información sobre resultados, podría desprenderse que el examen recibió una buena acogida por parte de las escuelas. Se tomará nota, sin embargo, de que son menos del 50% de las escuelas las que rellenan tales formularios.

La información sobre resultados procedente de las escuelas puede resumirse como sigue:

- El 67% aproximadamente consideró que el examen fue de un grado de dificultad similar al del último año, el 5% lo consideró algo más fácil, el 23% algo más difícil y el 5% mucho más difícil.
- El 85% aproximadamente consideró que el examen fue de un grado de dificultad apropiado y el 15%, también aproximadamente, que fue demasiado elevado.
- El 56% aproximadamente consideró que la cobertura del programa de estudios fue satisfactoria, el 32% que fue buena y el 12% deficiente.
- El 60% aproximadamente consideró que la redacción fue de una claridad satisfactoria, el 35% que fue buena y el 5% deficiente
- El 50% aproximadamente consideró la presentación satisfactoria y el 50% buena.

Podría decirse que el examen presentó retos adecuados para los alumnos mejor preparados sin que los menos preparados se sintieran excluidos.

Por lo general parece que los alumnos asignaron su tiempo correctamente y que ninguno de ellos se vio en desventaja por falta de tiempo. Hubo algunos, sin embargo, que, como en años anteriores, no prestaron atención alguna al espacio del que se disponía para responder a una subpregunta específica ni a la asignación que se asignaba, y que respondieron con respuestas innecesariamente largas. Lo que es más, un gran número desperdició tiempo y espacio parafraseando la pregunta en vez de contestarla.

La impresión general fue que hubo menos alumnos que vieron reducida su puntuación por cometer errores en las cifras significativas y/o en las unidades.

La mayoría de los alumnos indicó paso a paso el desarrollo de los cálculos, por lo que pudo beneficiarse de los puntos que se atribuyen a la “suma y sigue de errores”. No obstante, sigue habiendo los que no dejan rastro de sus trabajos y, por ende, pierden puntuación parcial por responder incorrectamente. Ello constituye un serio problema para una minoría de los alumnos.

La pregunta B1 de la sección B fue, con mucho, la mejor acogida. No obstante, de ello no puede deducirse que la puntuación obtenida por los alumnos sea, por término medio, más elevada. Popularidad no equivale a mayor puntuación.

## **Áreas del programa y del examen que parecen haber resultado difíciles para los alumnos**

La impresión que se obtiene frecuentemente de las respuestas es que los alumnos emplean sin más las ecuaciones que se dan en el Cuadernillo de datos.

La interpretación de los datos de los gráficos y de las explicaciones de los fenómenos físicos son superiores a ciertos alumnos.

Los siguientes temas demostraron ser difíciles en este examen para un gran número de alumnos:

- La interpretación de los datos experimentales
- El trabajo realizado y la fuerza centrípeta
- La interpretación de los diagramas de ondas y de los gráficos  $v-t$ .
- Las rutas que siguen las partículas cargadas dentro de los campos de fuerza
- La conservación del momento conexas a la desintegración nuclear.

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

En general son muchos los alumnos que parecen estar bien preparados en los siguientes temas:

- Trazado de gráficos.
- Cálculos relativos al gas ideal.
- Propiedades elementales de las ondas.
- Ecuaciones de física nuclear.

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

### **Sección A**

#### **Pregunta 1 Análisis de datos**

Fueron muchos los alumnos que opinaron que la lectura de la balanza sería constante cuando el agua hirviera a un régimen constante. Sin embargo, muchos se remitieron a una temperatura constante o a un ritmo constante de producción de burbujas. Fueron muy pocos los alumnos que entendieron la razón de emplear dos intervalos y no uno. Muchos dijeron, vagamente, que era “más preciso” sin dar razones. Fue alentador observar que a la hora de determinar el gradiente fueron muy pocos los que emplearon dos puntos de la línea que estuvieran próximos. El calor latente específico lo determinaron muy pocos alumnos. La mayoría de las preguntas no incluyó ningún factor que tuviera en cuenta el tiempo de recogida del agua.

Hubo buenas respuestas, pero muchos se remitieron a ‘errores en los aparatos de medida’ o a ‘pérdida de energía en la resistencia variable’.

#### **Pregunta 2 Movimiento de giro del satélite**

Un gran número de los alumnos dibujó correctamente las flechas, pero sorprendió la gran cantidad de los menos preparados que fueron incapaces lograr la máxima puntuación.

Por lo general se explicó bien el concepto de que cambio de velocidad implica aceleración. La redacción de la pregunta c) produjo un cierto grado de confusión. Hubo alumnos que interpretaron la palabra ‘trabajo’ con el significado de ‘afectar o influenciar’. Habrá que dejar claro que, en física, el ‘trabajo’ es siempre una magnitud específica.

### **Pregunta 3 Gases ideales**

Muchos respondieron parcialmente a la pregunta de qué se entendía por gas ideal. Se aceptó que se contestara a la pregunta en términos de las propiedades macroscópicas o de las microscópicas, pero no de las dos.

Un número significativo de alumnos intentó el cálculo utilizando las unidades de atmósferas y litros, con  $R = 0,082$  litros atmósfera  $K^{-1}$ . Fue corriente cometer errores al pasar a este sistema de unidades. Hay que señalar que si bien la IBO no puede estipular respecto al sistema de unidades que el alumno tiene que utilizar, se preve que éste sea capaz de trabajar en el sistema SI.

## **Sección B**

### **Pregunta 1 De las ondas y de sus propiedades**

Fueron muchos los alumnos que no pudieron definir un frente de ondas ni explicar lo que se entiende por un rayo. Cabe la posibilidad de que este aspecto se dé por supuesto al enseñar el tema de las ondas. Salvo algunas excepciones, los frentes de ondas que se trazaron fueron aceptables. Sin embargo, las explicaciones raramente sobrepasaron vagas observaciones sobre la flexión de los frentes de onda. Se preveía que los alumnos examinaran los ángulos en los interfaces que separan los medios o bien la separación de los frentes de ondas a la hora de abordar una conclusión.

El trabajo previsto en c) fue una interpretación de un gráfico  $v-t$  y no, como algunos profesores pensaban, una cuestión sobre el movimiento armónico simple. Fueron sorprendentemente muchos los alumnos que no supieron determinar la frecuencia. El principal problema fue el de interpretar las unidades en el eje de las  $X$  (milisegundos). Esto mismo ocurrió en las respuestas relativas al área bajo el gráfico. Además, los alumnos deberían haberse percatado de que el área es mayor que la del triángulo que se engloba en el bucle. El significado físico de la magnitud calculada (la amplitud) fue algo de lo que se percataron tan sólo los alumnos mejor preparados.

A los alumnos les fue difícil distinguir claramente entre los dos tipos de ondas. El cálculo de e) ii) no les planteó mayores problemas, a condición de haber identificado una longitud de onda.

### **Pregunta 2 Fuerzas a las que se ven sometidas las partículas cargadas**

Siempre desanima ver que los alumnos pierden puntos por no tener cuidado a la hora de efectuar sus bosquejos. Se prevé que se indiquen las características principales, por ejemplo, líneas paralelas del campo eléctrico, equiespaciadas y perpendiculares a las placas. No se prescribió que se trazará una ruta parabólica de la partícula cargada, aunque sí es razonable ver que se ha trazado una curva lisa entre las placas y otra ruta recta al salir del campo eléctrico.

Como es habitual en este tipo de cálculo, hubo candidatos que no supieron cómo abordar la tarea. Los alumnos recordarán siempre que, cuando se les pida que deduzcan un resultado, la puntuación se otorgará por el proceso y no por los resultados.

Los diagramas de las líneas del campo magnético que se dibujaron fueron con frecuencia demasiado pobres para recibir puntuación alguna. ¡Las líneas del campo no deben tocarse ni cruzarse!

Los alumnos quedaron notoriamente divididos. Algunos no sabían por dónde empezar a calcular, pero fue patente que otros habían practicado de sobra con componentes de vectores y, por consiguiente, obtuvieron buenos resultados.

Esta parte final de la pregunta demostró ser un buen discriminador. Los examinadores aceptaron como respuesta una espiral o una hélice (forma correcta).

### **Pregunta 3 Reacciones nucleares**

Fueron raros los casos en que se percibió que los cambios en la temperatura y en la presión no afectan a la tasa de desintegración. La mayoría de los alumnos fue capaz de terminar la ecuación.

El cálculo fue con frecuencia incorrecto, al ser pocos los alumnos que calcularon primeramente la deficiencia de masa. La consecuencia fue que, sin tardar mucho, se encontraron en dificultades con las complejidades de la ecuación y fueron incapaces de utilizar la notación de índices.

Este sencillo problema sobre el momento se convirtió en algo difícil para un considerable número de alumnos al emplazarlo en el contexto de una desintegración nuclear. Los alumnos parecen aprender física en ‘compartimentos estancos’. Fueron pocos los que consiguieron obtener la razón en ii), e incluso menos los que terminaron de deducir completamente las energías cinéticas en la parte iii).

El concepto de fusión estuvo, en general, claro. Sin embargo, las condiciones necesarias para que ello ocurriera, en términos de vencer la repulsión de los protones, no lo estuvo tanto.

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

Las recomendaciones que emanan del tribunal examinador incluyen las siguientes ideas.

- Practicar más la interpretación de datos, especialmente si éstos se presentan en forma de gráfico.
- Practicar más la manipulación algebraica. Puede alentarse a los alumnos a que intenten primeramente la manipulación utilizando valores numéricos y, seguidamente, ver como ello se puede generalizar.
- Los cálculos y las deducciones indicarán las etapas intermedias y no las harán invisibles, ‘ocultándolas’ en la memoria de la calculadora.
- Dar mayor importancia a la precisión y detalle de las respuestas. La puntuación que se asigne a una pregunta puede considerarse siempre como una indicación de la cantidad de detalle con la que hay que trabajar.

En general, los alumnos:

- Recibirán definiciones precisas y concretas de las unidades físicas.
- Serán siempre alentados a leer detenidamente todas las preguntas de la sección B antes de tomar decisión alguna.

- Ganarán experiencia a principios de curso sobre cómo contestar las preguntas del examen al término de cada tema específico. Se emplearán las preguntas pertinentes (o partes de tales preguntas) de los exámenes de años anteriores con miras a reforzar la comprensión del tema en cuestión.
- Usarán una regla para trazar líneas rectas en los diagramas o en los dibujos lineales.
- Usarán un lapicero para los diagramas y bosquejos.

## Nivel superior Prueba 2

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-10	11-21	22-32	33-42	43-52	53-62	63-95

### Generalidades

A juzgar por las pocas observaciones críticas que figuran en los formularios de información sobre resultados que envían los profesores, parece que la mayoría de las escuelas y colegios acogieron bien los exámenes.

Menos del 50% de las escuelas devolvieron los formularios de información sobre resultados, siendo éstos como sigue:

- El 53% aproximadamente consideró que el examen fue de un grado de dificultad similar al del último año, el 6% lo consideró algo más fácil, el 35% algo más difícil y el 6% mucho más difícil.
- El 85% aproximadamente consideró que el examen fue de un grado de dificultad apropiado y el 15%, también aproximadamente, que fue demasiado elevado.
- El 47% aproximadamente consideró que la cobertura del programa de estudios fue satisfactoria, el 33% que fue buena y el 20% deficiente.
- El 60% aproximadamente consideró que la redacción fue de una claridad satisfactoria, el 35% que fue buena y el 5% deficiente
- El 45% aproximadamente consideró la presentación satisfactoria y el 55% buena.

Podría decirse que el examen fue de una dificultad adecuada para los alumnos mejor preparados sin que los menos preparados se sintieran excluidos.

Por lo general parece que los alumnos asignaron su tiempo correctamente y que ninguno de ellos se vio en desventaja por falta de tiempo. Hubo algunos, sin embargo, que, como en años anteriores, no prestaron atención alguna al espacio del que se disponía para responder una subpregunta específica ni a la puntuación que se asignaba, y que respondieron con respuestas innecesariamente largas. Lo que es más, un gran número desperdició tiempo y espacio parafraseando la pregunta en vez de contestarla.

La impresión general fue que hubo menos alumnos que vieron reducida su puntuación por cometer errores en las cifras significativas y/o en las unidades.

La mayoría de los alumnos indicó paso a paso el desarrollo de los cálculos, por lo que pudo beneficiarse de los puntos que se atribuyen a la “suma y sigue de errores”. No obstante, sigue habiendo los que no dejan rastro de sus trabajos y los que pierden puntuación parcial por responder incorrectamente.

En la Sección B, la pregunta B1 fue la de mayor acogida y la B4 la menos popular. No parece que hubiera correlación alguna entre popularidad y una mayor puntuación.

### **Áreas del programa y del examen que parecen haber resultado difíciles para los alumnos**

La manipulación de los datos (a diferencia de sustituir números en las ecuaciones) fue un problema para muchos alumnos.

La impresión que se obtiene frecuentemente de las respuestas es que los alumnos emplean sin más las ecuaciones que se dan en el Cuadernillo de datos.

La interpretación de los datos de los gráficos y las explicaciones de los fenómenos físicos son superiores a ciertos alumnos.

Los siguientes temas demostraron ser difíciles en este examen para un gran número de alumnos:

- La interpretación de los datos experimentales
- La inducción electromagnética
- La interpretación de los diagramas de ondas y de los gráficos  $v-t$ .
- La interferencia de las ondas
- Las explicaciones que se basan en la teoría cinética
- La constante de desintegración
- La deducción de la dirección de la fuerza resultante en los campos de fuerza

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

En general son muchos los alumnos que parecen estar bien preparados en los siguientes temas:

- Trazado de gráficos.
- Cálculos relativos al gas ideal.
- Propiedades elementales de las ondas.
- Desintegración radioactiva.

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

#### **Sección A**

##### **Pregunta 1 Análisis de datos**

Fueron muchos los alumnos que opinaron que la lectura de la balanza sería constante cuando el agua hirviera a un régimen constante. Sin embargo, muchos se remitieron a una temperatura constante o a un ritmo constante de producción de burbujas. Fueron muy pocos los alumnos que entendieron la razón de emplear dos intervalos y no uno. Muchos dijeron, vagamente, que era “más preciso” sin dar razones. Fue alentador observar que a la hora de determinar el gradiente fueron muy pocos los que emplearon dos puntos de la línea que

estuvieran próximos. El calor latente específico lo determinaron muy pocos alumnos. La mayoría de las preguntas no incluyó ningún factor que tuviera en cuenta el tiempo de recogida del agua.

Hubo buenas respuestas, pero muchos se remitieron a ‘errores en los aparatos de medida’ o a ‘pérdida de energía en la resistencia variable’.

### **Pregunta 2 Gases ideales**

Muchos aportaron respuestas parciales a la petición de que se definiera lo que se entendía por gas ideal. Se aceptó que se contestase la pregunta en términos de las propiedades macroscópicas o de las microscópicas, pero no de las dos.

Un número significativo de alumnos intentó el cálculo utilizando las unidades de atmósferas y litros, con  $R = 0,082$  litros atmósfera  $K^{-1}$ . Fue corriente cometer errores al pasar a este sistema de unidades. Hay que señalar que si bien la IBO no puede estipular el sistema de unidades que el alumno tiene que utilizar, se prevé que éste sea capaz de trabajar en el sistema SI.

Se cometieron ciertos errores aritméticos al calcular el volumen medio, lo que produjo respuestas ridículas. Habrá que fomentar que los alumnos observen sus resultados para cerciorarse de que son razonables, especialmente si son producto de cálculos. Al estimar las separaciones atómicas se aceptó, como alternativa, una solución que se basara en una esfera y no en un cubo.

### **Pregunta 3 Fotones**

La primera parte de la pregunta estuvo al alcance de la mayoría de los alumnos, si bien fueron muchos los que perdieron puntos por ser insuficientes las explicaciones para demostrar como llegaron a las respuestas a las que llegaron.

Los alumnos menos preparados no fueron capaces de determinar el cambio en el momento. Lo sorprendente fue que un considerable número de alumnos no se percató de que tenían simplemente que multiplicar el número de fotones por segundo por el momento de cada fotón.

En lo tocante al área unitaria, los alumnos mejor preparados se dieron cuenta de la conexión entre el cambio de momento por segundo y la presión. Las respuestas atinentes a si la presión incrementaría fueron sumamente decepcionantes. Fueron muy pocos los que vieron que la presión incrementaría e incluso menos aún los que pudieron dar una explicación válida. La mayoría pensó que la presión se reduciría por que a los fotones ya no los pararía la superficie.

### **Pregunta 4 Inducción electromagnética**

La mayoría de los alumnos identificó correctamente los puntos M y Z pero, en el caso de los menos preparados, se mostraron frecuentemente separados por un desfase de  $\pi$  radianes entre sí.

Al explicar la naturaleza alterna de la f.e.m., se tomará nota de que la polaridad del imán no es importante. Lo que sí es, sin embargo, importante es la ‘dirección del corte’ de las líneas del flujo. Hubo alumnos que sólo abordaron la magnitud de la f.e.m. inducida y, por lo tanto, no obtuvieron marca alguna. Hubo otros que no relacionaron la ‘dirección de corte’ con la Ley de Lenz. La pregunta fue un buen discriminante entre los alumnos.

## Sección B

### Pregunta 1 De las ondas y de sus propiedades

Salvo algunas excepciones, los frentes de ondas que se trazaron fueron aceptables. Sin embargo, las explicaciones raramente sobrepasaron vagas observaciones sobre la flexión de los frentes de ondas. Se preveía que los alumnos examinaran los ángulos en los interfaces que separan los medios o bien la separación de los frentes de ondas a la hora de abordar una conclusión.

El trabajo previsto en b) fue una interpretación de un gráfico  $v-t$  y no, como algunos profesores pensaron, una cuestión sobre el movimiento armónico simple.

Sorprendió lo numeroso de los alumnos que no supieron determinar la frecuencia. El principal problema fue el de interpretar las unidades en el eje de las  $X$  (milisegundos). Esto mismo ocurrió en las respuestas relativas al área bajo el gráfico. Además, los alumnos deberían haberse percatado de que el área es mayor que la del triángulo que engloba el bucle. El significado físico de la magnitud calculada (la amplitud) fue algo de lo que se percataron tan sólo los alumnos mejor preparados.

Las declaraciones relativas al principio de superposición fueron decepcionantes. Fue asombroso los pocos alumnos que se dieron cuenta de que lo que se suma son los desplazamientos y no las amplitudes y muchos no dejaron constancia de que las ondas tienen que encontrarse en un punto. Las respuestas al problema de las dos fuentes fueron con demasiada frecuencia poco más que declaraciones. Se preveía que se consideraran las diferencias en la ruta, después de lo que se pasaría a las conclusiones basándose en si la interferencia era constructiva o destructiva. Muchos no se percibieron que la interferencia destructiva no siempre produce una amplitud de cero.

El que no se observaran franjas al emplear una luz monocromática se explicó generalmente basándose en que quizás fueran muy delgadas. La coherencia fue algo que raramente se mencionó.

La parte de la pregunta que se basaba en el efecto Doppler se contestó muy bien o muy mal. Parece desprenderse que una cantidad considerable de alumnos no han tratado el fenómeno.

### Pregunta 2 Trabajo, energía y potencia

Fueron muy pocos los alumnos que definieron plenamente estos conceptos y muchos los que no mencionaron una dirección. Al intentar definirlos se alentarán a los alumnos a no dar una ecuación algebraica sin más explicaciones.

Las derivaciones fueron, con frecuencia, inadecuadas al no aportarse suficientes explicaciones. Los alumnos deben ser conscientes de que se prevé que muestren claramente los aspectos de física que conllevan las situaciones sin poner el peso en la manipulación de ecuaciones algebraicas.

La explicación sobre los cambios de energía fue muy deficiente en la mayoría de los casos por no leer la pregunta detenidamente. La mayoría de los alumnos supuso que la situación podría explicarse como un incremento de la energía cinética, a costa de la energía potencial gravitatoria, y que la resistencia del aire no jugó parte alguna.

El tema de la energía interna se explicó satisfactoriamente en la mayoría de los casos, siendo muy pocos, sin embargo, los que pudieron explicar el incremento de la temperatura. Una gran mayoría consideró que la reducción del volumen causaría un incremento del régimen de

colisiones y, por ende, un incremento de la temperatura. ¡Un número considerable incluso atribuyó el incremento de la temperatura a la fricción que se produce al colisionar los átomos con las paredes! Muy pocos se percataron de que las colisiones con un pistón en movimiento ocasionaría que la velocidad media de los átomos incrementase.

Al margen de los alumnos que no emplearon el sistema SI de unidades, los cálculos que se basaron en el diagrama indicador no fueron problema alguno. Otra cosa fue el encontrar la eficacia, donde hubo un caso considerable de alumnos que intentó utilizar las temperaturas en vez de la energía aportada y producida.

### **Pregunta 3 Reacciones nucleares**

Fueron raros los casos en que se percibió que los cambios en la temperatura y en la presión no afectan a la tasa de desintegración.

El 50% de los alumnos, aproximadamente, consiguió relacionar la constante de desintegración con una probabilidad de desintegración. No obstante, muchos se mostraron inseguros sobre qué se desintegraría y durante qué periodo de tiempo. En general el cálculo fue correcto, aunque hubo alumnos que no calcularon primero la diferencia de masa, por lo que se encontraron con dificultades en las complejidades de la ecuación y se mostraron incapaces de utilizar la notación de índices.

Este sencillo problema sobre momentos lo explicaron satisfactoriamente los mejor preparados. Los menos preparados parecen aprender física en ‘compartimentos estancos’ y, en consecuencia, fueron incapaces de dar explicaciones a pesar de haberseles dicho que consideraran el momento. La mayoría acertó a obtener la relación de ii) a pesar de que sus explicaciones anteriores fueron insatisfactorias.

Los cálculos que se basaron en la desintegración radioactiva demostraron estar al alcance de la mayoría de los alumnos, si bien un número significativo no llegó a entender cómo determinar la actividad media de la muestra.

El concepto de fusión se entendió bien por lo general. No obstante, los alumnos menos preparados no consiguieron entender completamente las condiciones necesarias para que ello ocurriera, en términos de sobrepasar a la repulsión de protones.

### **Pregunta 4 Fuerzas a las que se ven sometidas las partículas cargadas**

Las respuestas dejaron mucho que desear. La gran mayoría apenas especificó el campo del que se trataba. Al pedirseles que *deduzcan*, los alumnos deben dar una explicación. Los únicos que tuvieron dificultades para deducir la velocidad del electrón fueron los alumnos menos preparados.

Lo sorprendente fue que la flecha se dibujó frecuentemente en una posición diferente a la de P. La mayoría de los alumnos terminaron con éxito sus cálculos.

Fue agradable ver el gran número de respuestas en las que se opinaba que los efectos de la gravitación eran despreciables y, en el caso de los más preparados, que se comparaban las fuerzas de la gravitación con las fuerzas de la electricidad o del magnetismo.

Quedó patente que en el caso de algunos alumnos más débiles esta pregunta se contestó con conjeturas. En las respuestas en las que la dirección del campo magnético se predijo correctamente, los alumnos a menudo no mencionaron la regla que utilizaron para encontrar dicha dirección.

El problema en el que la velocidad, la masa y/o la carga se cambian se contestó bien muy pocas veces. Hubo otros que no tuvieron en cuenta las magnitudes ni las direcciones de las fuerzas de las partículas.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Las recomendaciones que emanan del tribunal examinador incluyen las siguientes ideas.

- Practicar más la interpretación de datos, especialmente si éstos se presentan en forma de gráfico.
- Practicar más la manipulación algebraica. Puede alentarse a los alumnos a que intenten primeramente la manipulación utilizando valores numéricos y, seguidamente, ver como ello se puede generalizar.
- Los cálculos y las deducciones indicarán las etapas intermedias y no las harán invisibles, ‘ocultándolas’ en la memoria de la calculadora.
- Explicar cómo se obtuvo la respuesta cuando se prescribe una deducción.
- Dar mayor importancia a que las respuestas sean más precisas y pormenorizadas.
- La puntuación que se asigne a una pregunta puede considerarse siempre como una indicación de la cantidad de detalle con la que hay que trabajar.

En general, los alumnos:

- Recibirán cantidades físicas precisas y concretas.
- Serán siempre alentados a leer detenidamente todas las preguntas de la sección B antes de tomar decisión alguna.
- Ganarán experiencia a principios de curso sobre cómo contestar las preguntas del examen. Al término de cada tema específico, se emplearán las preguntas pertinentes (o partes de tales preguntas) de los exámenes de años anteriores con miras a reforzar la comprensión del tema en cuestión.
- Serán siempre alentados a mostrar sus desarrollos en las respuestas a las preguntas de carácter numérico.
- Usarán una regla para trazar líneas rectas en los diagramas o en los dibujos lineales.
- Usarán un lapicero para los diagramas y bosquejos.

## Nivel medio Prueba 3

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-4	5-9	10-13	14-18	19-22	23-27	28-40

### Generalidades

Los formularios G2 de comentarios que llegaron después de los exámenes presentaron elogios y críticas constructivas. Estas últimas se tuvieron muy en cuenta en el proceso de concesión de las calificaciones, a la hora de evaluar el nivel general de dificultad y la posible reacción de los alumnos ante ciertas preguntas. El proceso por el que se definen las bandas de clasificación tiene en cuenta los

comentarios que envían los profesores y se insta a éstos a que presenten sus observaciones (si las tuvieran) en el formulario G2. Los comentarios pueden resumirse como sigue:

- El 60% aproximadamente consideró que el examen fue de un grado de dificultad similar al del último año, el 20% lo consideró algo más fácil y el 20% algo más difícil. En general, el 90% lo consideró de un grado de dificultad apropiado y el 10% consideró que fue demasiado difícil.
- El 64% aproximadamente consideró que la cobertura del programa de estudios fue satisfactoria y el 36% que fue buena.
- El 56% aproximadamente consideró que la redacción fue de una claridad satisfactoria y el 44% que fue buena.
- El 48% aproximadamente consideró la presentación satisfactoria y el 52% buena.

A pesar de que este año hubo algunas preguntas difíciles, la mayoría de los alumnos pareció encontrar el examen accesible y hubo numerosas pruebas de que el material se comprendió bien.

Como ya viene siendo la norma, las opciones más populares fueron la A (Mecánica) y la H (Óptica) y las menos populares fueron la D (Física biomédica) y E (Historia y desarrollo de la física). No obstante, continúa aumentando la popularidad de las opciones F y G.

En general, parece que los alumnos distribuyen correctamente su tiempo y no hay evidencia de que quedarán en desventaja por falta de tiempo. Sin embargo, y como ya ocurrió antes, hubo algunos alumnos que no prestaron atención al espacio destinado a contestar ciertas secciones de las preguntas ni a la puntuación asignada. Por consiguiente, sus respuestas fueron innecesariamente largas o bien emplearon hojas de continuación cuando no era necesario. Hubo algunos que contestaron más de dos opciones y no hubo dudas de que algunos alumnos contestaron preguntas para las que no se les había preparado.

Se fomentará que los candidatos se cercioren de que han pasado la página y contestado cada parte de una pregunta de Opción específica.

Siguen disminuyendo considerablemente los errores relativos a las unidades y al número de dígitos significativos. Se da la bienvenida a este hecho en aras de la precisión.

La mayoría de los alumnos indicó paso a paso el desarrollo de los cálculos, por lo que pudo beneficiarse de los puntos que se atribuyen a la “suma y sigue de errores” y a las respuestas contestadas parcialmente. No obstante, es preocupante el número de alumnos que se limitó a escribir la respuesta a los cálculos numéricos sin mostrar desarrollo alguno (en los que había a menudo cálculos de varias etapas). Si bien es cierto que estas respuestas reciben siempre la máxima puntuación si son correctas, también lo es que reciben un cero en caso contrario. Asimismo, si a los alumnos se les pide que deduzcan que un valor determinado es el correcto, queda claro que no se les otorgará puntuación alguna si no muestran los desarrollos.

### **Áreas del programa y del examen que parecen haber resultado difíciles para los alumnos**

La manipulación de los datos (a diferencia de la sustitución de números en las ecuaciones) fue un problema para muchos alumnos, especialmente a la hora de tratar con relaciones (mayormente en D1 y en F1).

La impresión que se obtiene frecuentemente de las respuestas es que los alumnos emplean sin más las ecuaciones que se dan en el Cuadernillo de datos. La interpretación de los datos de los gráficos y las explicaciones de los fenómenos físicos son superiores a ciertos alumnos.

Los siguientes temas demostraron en este examen ser difíciles para un gran número de alumnos:

- Aplicación del principio de momentos
- Diagramas de cuerpos libres
- Potencial gravitatorio
- Energía procedente de la fisión nuclear
- Escalamiento
- Teorías históricas de la electricidad
- Simultaneidad
- Mecánica relativista
- El concepto de punto focal
- Diagramas de rayos.

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

Como en años anteriores, las respuestas que se basaban en definiciones y cálculos rutinarios se contestaron con frecuencia bien. Algunos alumnos demostraron, sin embargo, comprender bien las preguntas de la opción que intentaron y fue evidente que estaban bien preparados para el examen. Concretamente, las opciones B (Física atómica y Física nuclear), F (Astrofísica) y G (Teoría general y Teoría especial de la relatividad) permitieron que los alumnos mejor preparados hicieran alarde de su comprensión de los principios subyacentes.

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

#### **Opción A – Ampliación de Mecánica**

##### **Pregunta 1 Fuerzas a las que se ve sometido un puente**

(a) Si bien la masa del puente no figuró en la pregunta, lo que quizás no fue muy realista, la mayoría de los alumnos consiguió equilibrar las fuerzas.

(b) La aplicación del principio de los momentos para calcular las fuerzas en los puntos de apoyo, fue mal contestada por muchos alumnos, quienes parecen desconocer el principio subyacente.

##### **Pregunta 2 Bloque sobre un plano inclinado**

Un gran número de alumnos no entendió el término “diagrama de cuerpo libre”. Los diagramas que se trazaron dejaron, con frecuencia, mucho que desear (por ejemplo, se dibujaron sin emplear una regla o se trazaron curvas de longitud indefinida). Fue corriente que se volviera a dibujar el diagrama con el bloque, pendiente, flechas, etc., lo que no se había prescrito. Además, la fuerza vertical (peso) se mostró a veces dividida, innecesariamente, en dos componentes. Son muchos los alumnos que siguen malentendiendo el término “peso” como descripción de un vector de fuerza e, incorrectamente, lo denominan “gravedad”. Los alumnos tendrán en cuenta la magnitud relativa de cada fuerza: al menos, la longitud del vector vertical del peso excederá la de los vectores de la reacción normal y de las fuerzas de fricción.

Muchos alumnos sabían que tenían que aplicar la segunda ley de Newton para calcular la aceleración, pero no pudieron calcular la fuerza de fricción y, por ende, la fuerza resultante sobre el bloque. Cuando los diagramas del cuerpo libre fueron buenos en la parte a) por lo general se llegó a buenas respuestas en la parte b).

En el caso del examen en francés, el peso del bloque se había traducido como la “masa”. Durante la reunión de clasificación de las calificaciones finales se examinaron todas las respuestas y sólo tres de los alumnos habían multiplicado el peso por 10. De éstos tres, uno consiguió dos puntos más.

### **Pregunta 3 Gravitación**

La comprensión a partir del gráfico se llevó a cabo bien, en general, aunque muchos de los alumnos se olvidaron de añadir el radio de la Tierra a la distancia de  $3,6 \times 10^7$  m a la que se encontraba el satélite por encima de la superficie de la misma. Fueron muchos sin embargo los que decidieron utilizar la Ley de Newton sobre la Gravitación para calcular la energía, lo que parece deberse a no haber entendido la finalidad del gráfico de la parte a).

No fueron muchos los alumnos que dieron dos razones claras y diferentes del por qué se había calculado tan sólo la energía mínima. Las respuestas fueron con frecuencia vagas y se remitían a la ineficacia de los motores del cohete. Muy pocos mencionaron que para ponerse en órbita el satélite requiere una velocidad horizontal inicial después de alcanzar la altura de su órbita.

## **Opción B – Ampliación de física atómica y de física nuclear**

### **Pregunta 1 El efecto fotoeléctrico**

Hubo alumnos que no reconocieron que el valor de  $h$  era la pendiente del gráfico. Otros consideraron la razón entre un par de puntos en vez de la pendiente para encontrar  $h$ . Hubo algunos que emplearon el valor de  $h$  que figura en el Cuadernillo de datos para calcular en ii) la energía  $hf$  mínima, a pesar de que la pregunta enunciaba “Utilice el gráfico para determinar...”

Las explicaciones del por qué de la frecuencia umbral fueron frecuentemente deficientes y enrevesadas. Un error muy común fue el de confundir el efecto fotoeléctrico con la ionización.

### **Pregunta 2 Rayos X**

Hubo muchas conjeturas sin fundamento respecto de las leyendas del espectro, si bien el cálculo de la frecuencia máxima fue a menudo correcto.

### **Pregunta 3 Desintegración radioactiva y fuerzas fundamentales.**

${}_{25}^{54}\text{Mn}$  se desintegra hasta convertirse en  ${}_{24}^{54}\text{Cr}$  y no en  ${}_{24}^{54}\text{Ar}$  como indicaba la pregunta. Sin embargo, ello no fue en detrimento de la validez de la pregunta y la respuesta de la mayoría de los alumnos fue correcta. Se tuvo en cuenta tanto la respuesta que indicó neutrino como la que indicó antineutrino. La mención de las partículas que se intercambiaron y la interacción no fue bien contestada.

## **Opción C – Ampliación de energía**

### **Pregunta 1 Energía nuclear**

Las dos primeras partes de esta pregunta se contestaron bien por lo general, aunque fueron muchos los que desplegaron un malentendido fundamental sobre el papel del moderador, al pensar que junto con las barras de control su fin es el de impedir una reacción en cadena incontrolada. La idea de que los neutrones tienen más posibilidades de producir una fisión con el escaso  $^{235}\text{U}$  si se desplazan más despacio no parece que les fuera familiar.

### **Pregunta 2 Máquina térmica**

Los alumnos no siempre diferencian entre los verbos de acción “indique” y “explique”. La mayoría indican las respuestas a las partes a) i) y ii) correctamente sin explicar el por qué. Sin embargo, reconocieron muy válidamente el valor del trabajo total efectuado como el área encerrada por el gráfico y fueron capaces además de calcular la eficiencia de la máquina.

## **Opción D – Física biomédica**

Esta opción no gozó de gran aceptación, aunque se vio algo más favorecida que el año pasado al haberse reducido ligeramente su longitud. Al igual que en el año anterior, fue la pregunta sobre escalamiento la que demostró ser difícil.

### **Pregunta 1 Escalamiento**

Esta pregunta ocasionó enormes dificultades a pesar de que siempre aparece una pregunta de este tema en la Opción D. La mayoría de los alumnos parece depender de conjeturas y no de sus conocimientos.

### **Pregunta 2 Barrido de exploración con ultrasonidos**

Muy pocos alumnos conocían la gama de frecuencia correcta de los ultrasonidos o por qué se emplea el gel. Los que pusieron correctamente las leyendas en el diagrama consiguieron calcular correctamente la profundidad a la que se encontraba el órgano bajo la piel y también su longitud. No obstante, fueron muchos los que se olvidaron de tener en cuenta el factor 2. Si bien la mayoría de los alumnos sabía de las ventajas y desventajas de emplear rayos X o ultrasonidos, fueron muy pocos los que sabían qué era una exploración B.

## **Opción E – Historia y desarrollo de la física**

Esta no fue una opción de gran acogida. Muchas de las respuestas carecían de los pormenores necesarios y tuvieron un carácter más de anécdota que de principios fundamentales de la física. El consenso en el seno del equipo examinador fue que está claro que esta opción la responden usualmente alumnos que no han estudiado los materiales de la misma.

### **Pregunta 1 Movimiento de Marte**

Hubo algunos alumnos que respondieron plenamente, si bien muchos confundieron los modelos o presentaron respuestas incompletas. No obstante la mayoría sabía algo respecto del movimiento retrogrado.

### **Pregunta 2 Electrificación por contacto**

Comprendemos que los diagramas podrían haber sido menos ambiguos, razón por la que se aceptó cualquier combinación apropiada de G y E, siendo muchos los alumnos que reconocieron que los sucesos representaron una atracción y una repulsión. No obstante, fueron muy pocos los que apreciaron las razones por las que Franklin denominó a los dos

tipos de carga como *positiva y negativa*; muchos se limitaron a repetir el estribillo, *cargas del mismo signo se repelen, cargas del signo opuesto se atraen*.

Muy pocos intentaron explicar razonablemente la atracción y la repulsión en términos de la teoría de Franklin y de la teoría atómica. Las exposiciones fueron con frecuencia confusas y mezclaron los dos modelos y, en muchos casos, fue evidente que el alumno no había comprendido la pregunta.

### **Pregunta 3 Rayos catódicos**

Esta pregunta se contestó en general muy deficientemente. Se reconoce que los nombres Goldstein y Perrin no figuran explícitamente en el programa de estudios, pero la importancia de sus trabajos debiera ser más conocida. Desde este punto de vista, los nombres no son algo fundamental para contestar la pregunta, pero sí para emplazarla en el marco histórico adecuado. La impresión general fue que son muy pocos los alumnos con conocimientos de los trabajos pioneros relativos al descubrimiento del electrón.

## **Opción F – Astrofísica**

Esta pregunta tuvo gran acogida y a menudo fue bien contestada.

### **Pregunta 1 El diagrama H-R y la determinación de la distancia estelar**

Un gran número de alumnos indicó leyendas alternativas correctas para los ejes del diagrama H-R e identificó además la correcta naturaleza de las cuatro estrellas.

Comprendemos que de la información que se dio sólo pudo deducirse que la estrella B es más grande que la A, pero no que tiene más masa. Sin embargo, no existió evidencia alguna de la que pudiera desprenderse que ello pudo haber confundido a los alumnos, por lo que el esquema de calificación se modificó de forma que aquéllos que llegaron hasta “más grande” recibieron la máxima puntuación. Tras este preámbulo, hemos de admitir que muchos alumnos dedujeron correctamente que B tenía mayor superficie, partiendo de su luminosidad y temperatura, después de lo que infirieron que la masa sería mayor. Por supuesto que estos alumnos recibieron también la máxima puntuación correspondiente.

Como ya se indicó *supra*, los alumnos que no consideraron establecer una razón tuvieron mucha más dificultad para mostrar que la estrella B se encuentra a unos 700 pc de la Tierra y, a menudo, recurrieron a una aritmética muy exotérica. La respuesta “Demasiado lejos” no fue aceptable como explicación del por qué la distancia de la estrella B desde la Tierra no podía determinarse por paralaje.

### **Pregunta 2 Evolución del universo**

Esta pregunta se contestó bien y muchas veces sin tacha. Sin embargo, fue muy corriente el error de utilizar los símbolos  $>$ ,  $=$  y  $<$  sin relacionarlos explícitamente con  $\rho_0$  y  $\rho$ .

## **Opción G – Teoría especial y teoría general de la relatividad**

### **Pregunta 1 Experimento mental**

Si bien fueron muchos los alumnos que definieron correctamente *Longitud propia*, hubo gran confusión respecto de la definición de *Tiempo propio*. Algunas definiciones fueron opacas, vagas, aproximadas, incompletas o incorrectas. Una respuesta incorrecta típica (definición confusa) sería “es el tiempo medido en un marco de referencia inercial”.

La mayoría de los alumnos sugirió que los sucesos no serían simultáneos para Carmen, de lo que se desprende que el suceso A ocurriría primero. Sin embargo, en la explicación siguiente raramente se dijo que  $c$  es independiente del movimiento de la fuente o del observador, lo que constituye un hecho esencial del argumento. Muchos de los alumnos pasaron de un marco de referencia a otro, con lo que debilitaron el argumento. Otras veces la situación se simplificó en exceso, sin que se apreciaran los delicados matices. Algunos alumnos utilizaron incorrectamente el principio de causalidad para negar la posibilidad de que no existiera simultaneidad.

Muchos calcularon correctamente la velocidad mediante la ecuación de la contracción de la longitud, si bien otros no identificaron la longitud propia. Sin embargo, la mayoría observó que ninguno de los observadores podría considerar que tenía el punto de vista “correcto”.

### **Pregunta 2 Electrones a velocidades relativistas**

La curva se trazó bien, en general, convirtiéndose en una asíntota de la "línea  $c$ ". Un gran número de alumnos describió el comportamiento de la propia curva en vez de utilizar los principios de la mecánica relativista como se sugería en la pregunta. Algunos alumnos sugirieron brevemente que la masa del electrón aumenta con la velocidad, sin pasar a desarrollarlo.

El cálculo de la masa del electrón y de su energía total se efectuó a veces bien, aunque otras ni siquiera se abordó. Quedó patente que algunos alumnos estaban familiarizados con este tipo de cálculos y otros no.

## **Opción H – Óptica**

Esta opción tiene siempre una gran acogida, aunque muchos alumnos no obtienen buena puntuación por no saber trazar los diagramas de rayos.

### **Pregunta 1 Refracción**

Muchos candidatos expusieron una definición descriptiva del índice de refracción ("el grado en que se curva la luz"), ignorando en ello el hecho de que las definiciones de las cantidades físicas tienen carácter operativo. Los símbolos de los diagramas o ecuaciones no se definieron por lo general, o se hizo incorrectamente, y se ignoró con frecuencia las prescripciones de que el primer medio fuera aire o vacío. Muchos alumnos trazaron con éxito el rayo "azul" pero frecuentemente la explicación brilló por su ausencia, fue incorrecta o incompleta.

### **Pregunta 2 Lente cóncava (divergente)**

Fueron muy pocos los alumnos capaces de dar una definición correcta de punto focal. Muchos de ellos lo definieron como “el punto en el que converge toda la luz”, como aquél que se encuentra a dos veces el radio de curvatura de la lente.

Si bien la pregunta facilitó en negrillas las palabras **cóncava (divergente)** para especificar el tipo de lente, el 50% aproximadamente de todos los alumnos consideraron que la lente era convexa. Aunque se otorgó cierta puntuación y “la suma y sigue de errores”, de dibujarse una situación convergente, este diagrama se vio sometido a todo tipo de descuidos (por ejemplo, al no percatarse de que dos rayos salían por la parte superior del objeto y otros dos por su base). Como ya dejamos constancia el año pasado, se prescribe que los alumnos sean capaces de construir diagramas de rayos con sentido si desean obtener una buena puntuación en esta opción.

El cálculo de la ampliación causó pocas dificultades pero el pedir sugerencias de lo que podría ocurrir si una parte de la lente se tapara produjo una gran especulación.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Las recomendaciones que emanan del tribunal examinador incluyen las siguientes ideas.

- Los alumnos leerán bien todas las preguntas antes de comenzar, no solo para evaluar su diversidad, sino también el número de secciones de cada pregunta y su dificultad, antes de decidir cuáles contestar y de comenzar a hacerlo.
- Los alumnos leerán detenidamente cada pregunta y centrarán sus respuestas consecuentemente.
- Se practicará más la interpretación de datos, especialmente si éstos se presentan en forma de gráfico o tabulados.
- Se practicará la manipulación de razones, tanto numéricas como simbólicas.
- Es importante no dejar las Opciones para finales de curso. Ello puede ocasionar que su estudio sea poco pormenorizado o incompleto. Se tendrá en cuenta el tiempo del que se dispone para el estudio de las Opciones y se integrará detenidamente en el programa general del curso. Los alumnos no intentarán contestar una Opción que no hayan estudiado.
- Si los alumnos estudian una Opción determinada por su cuenta, los profesores se cerciorarán de vigilar detenidamente su avance y de que le dan el respaldo adecuado al caso. Los alumnos de una escuela determinada que contestaron preguntas de las mismas dos opciones, lo hicieron, en general, mejor que los que contestaron preguntas de diferentes opciones.

## Nivel superior Prueba 3

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-7	8-14	15-22	23-29	30-35	36-42	43-60

Los formularios G2 de comentarios que llegaron después de los exámenes presentaron elogios y críticas constructivas. Estas últimas se tuvieron muy en cuenta en el proceso de concesión de las calificaciones, a la hora de evaluar el nivel general de dificultad y la posible reacción de los alumnos ante ciertas preguntas. El proceso por el que se definen las bandas de clasificación tiene en cuenta los comentarios que envían los profesores y se insta a éstos a que presenten sus observaciones (si las tuvieran) en el formulario G2. Los comentarios pueden resumirse como sigue:

- El 60% aproximadamente consideró que el examen fue de un grado de dificultad similar al del último año y el 40% algo más difícil. En general, el 92% lo consideró de un grado de dificultad apropiado y el 8% consideró que fue demasiado difícil.
- El 53% aproximadamente consideró que la cobertura del programa de estudios fue satisfactoria y el 47% que fue buena.
- El 53% aproximadamente consideró que la redacción fue de una claridad satisfactoria y el 47% que fue buena.
- El 47% aproximadamente consideró la presentación satisfactoria, el 48% que fue buena y el 5% deficiente.

A pesar de que este año hubo algunas preguntas difíciles, la mayoría de los alumnos pareció encontrar el examen accesible y hubo numerosas pruebas de que el material se comprendió bien.

Como ya viene siendo la norma, las opciones más populares fueron la F (Astrofísica) y la H (Óptica) y las menos populares fueron la D (Física biomédica) y E (Historia y desarrollo de la física). No obstante, la opción G continúa aumentando su popularidad.

En general, parece que los alumnos distribuyen correctamente su tiempo y no hay evidencia de que quedaran en desventaja por falta de tiempo. Sin embargo, y como ya ocurrió antes, hubo algunos alumnos que no prestaron atención al espacio destinado a contestar ciertas secciones de las preguntas ni a los puntos asignados. Por consiguiente, sus respuestas fueron innecesariamente largas o bien emplearon hojas de continuación cuando no era necesario. Hubo algunos que contestaron más de dos opciones y no hubo dudas de que algunos alumnos contestaron preguntas para las que no se les había preparado.

Se fomentará que los candidatos se cercioren de que han pasado la página y contestado cada parte de una pregunta de Opción específica.

Siguen disminuyendo considerablemente los errores relativos a las unidades y al número de dígitos significativos. Se da la bienvenida a este hecho en aras de la precisión.

La mayoría de los alumnos indicó paso a paso el desarrollo de los cálculos, por lo que pudo beneficiarse de los puntos que se atribuyen a la “suma y sigue de errores” y a las respuestas contestadas parcialmente. No obstante, es preocupante el número de alumnos que se limitó a escribir la respuesta a los cálculos numéricos sin mostrar desarrollo alguno (en los que había a menudo cálculos de varias etapas). Si bien es cierto que estas respuestas reciben siempre la máxima puntuación si son correctas, también lo es que reciben un cero en caso contrario. Asimismo, si a los alumnos se les pide que deduzcan que un valor determinado es el correcto, queda claro que no se les otorgará puntuación alguna si no muestran los desarrollos.

### **Áreas del programa y del examen que parecen haber resultado difíciles para los alumnos**

La manipulación de los datos (a diferencia de la sustitución de números en las ecuaciones) fue un problema para muchos alumnos, especialmente a la hora de tratar con relaciones (mayormente en D1 y en F1).

La impresión que se obtiene frecuentemente de las respuestas es que los alumnos emplean sin más las ecuaciones que se dan en el Cuadernillo de datos. La interpretación de los datos de los gráficos y las explicaciones de los fenómenos físicos son superiores a ciertos alumnos.

Los siguientes temas demostraron en este examen ser difíciles para un gran número de alumnos:

- Escalamiento
- Teorías históricas de la electricidad
- Teoría de Bohr
- Simultaneidad
- Mecánica relativista
- El concepto de punto focal
- Diagramas de rayos
- Difracción de una ranura y definición óptica.

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

Como en años anteriores, las respuestas que se basaban en definiciones y cálculos rutinarios se contestaron bien con frecuencia. Algunos alumnos demostraron, sin embargo, comprender bien las preguntas de la opción que intentaron y fue evidente que estaban bien preparados para el examen. Concretamente, las opciones F (Astrofísica) y G (Teoría general y Teoría especial de la relatividad) permitieron que los alumnos mejor preparados hicieran alarde de su comprensión de los principios subyacentes.

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

En el caso de las Opciones D, E, F, G y H muchas de las observaciones aplicables a los alumnos del Nivel superior lo son también para los del Nivel medio.

### **Opción D – Física biomédica**

Esta opción no gozó de gran aceptación, aunque se vio algo más favorecida que el año pasado al haberse reducido ligeramente su longitud. Al igual que en el año anterior, fue la pregunta sobre escalamiento la que demostró ser difícil.

#### **Pregunta 1 Escalamiento**

Esta pregunta ocasionó enormes dificultades a pesar de que siempre aparece una pregunta de este tema en la Opción D. La mayoría de los alumnos parece depender de conjeturas y no de sus conocimientos.

#### **Pregunta 2 Barrido de exploración con ultrasonidos**

Muy pocos alumnos conocían la gama de frecuencia correcta de los ultrasonidos o el por qué se emplea el gel. Los que pusieron correctamente las leyendas en el diagrama consiguieron calcular correctamente la profundidad a la que se encontraba el órgano bajo la piel y también su longitud. No obstante, fueron muchos los que se olvidaron de tener en cuenta el factor 2. Si bien la mayoría de los alumnos sabía de las ventajas y desventajas de emplear rayos X o ultrasonidos, fueron muy pocos los que sabían qué era una exploración B.

#### **Pregunta 3 Energía procedente de los alimentos**

La mayoría de los alumnos no tuvo problemas con esta pregunta.

#### **Pregunta 4 Uso de la radiación en medicina**

Esta pregunta se contestó bastante mal. Muy pocos pudieron definir correctamente lo que se entiende por exposición y lo que es la dosis de absorción, o relacionar tales términos con la radiación  $\alpha$  y  $\gamma$ . Quedó claro también que la distinción entre semivida física y biológica no estaba muy clara.

### **Opción E – Historia y desarrollo de la física**

Esta no fue una opción de gran acogida. Muchas de las respuestas carecían de los pormenores necesarios y tuvieron un carácter más de anécdota que de principios fundamentales de la física. El consenso en el seno del equipo examinador fue que está claro que esta opción la responden usualmente alumnos que no han estudiado los materiales de la misma.

### **Pregunta 1 Movimiento de Marte**

Hubo algunos alumnos que respondieron plenamente, si bien muchos confundieron los modelos o presentaron respuestas incompletas. La mayoría sabía, sin embargo, al respecto del movimiento retrogrado.

### **Pregunta 2 Electrificación por contacto**

Comprendemos que los diagramas podrían haber sido menos ambiguos, razón por la que se aceptó cualquier combinación apropiada de G y E, siendo muchos los alumnos que reconocieron que los sucesos representaron una atracción y una repulsión. No obstante, fueron muy pocos los que apreciaron las razones por las que Franklin denominó a los dos tipos de carga como *positiva y negativa*; muchos se limitaron a repetir el estribillo, *cargas del mismo signo se repelen, cargas del signo opuesto se atraen*.

Muy pocos intentaron explicar razonablemente la atracción y la repulsión en términos de la teoría de Franklin y de la teoría atómica. Las exposiciones fueron con frecuencia confusas y mezclaron los dos modelos y, en muchos casos, fue evidente que el alumno no había comprendido la pregunta.

### **Pregunta 3 Rayos catódicos**

Esta pregunta se contestó en general muy deficientemente. Se reconoce que los nombres Goldstein y Perrin no figuran explícitamente en el programa de estudios, pero la importancia de sus trabajos debiera ser más conocida. Desde este punto de vista, los nombres no son fundamentales para contestar la pregunta, pero sí para emplazarla en el marco histórico adecuado. La impresión general fue que son muy pocos los alumnos con conocimientos de los trabajos pioneros relativos al descubrimiento del electrón.

### **Pregunta 4 El átomo de hidrógeno**

Por lo general no se contestó bien. Muy pocos parecieron saber que un electrón en una órbita de Bohr no irradia energía. Un gran número interpretó  $m$  en la ecuación de Rydberg como la masa del electrón, por lo que esta parte de la pregunta fue totalmente perdida. La mayoría tenía cierta idea sobre la nube de electrones y la interpretación probabilística de la función de onda de Schrodinger.

## **Opción F – Astrofísica**

Esta pregunta tuvo gran acogida y a menudo fue bien contestada.

### **Pregunta 1 El diagrama H-R y la determinación de la distancia estelar**

Un gran número de alumnos indicó leyendas alternativas correctas para los ejes del diagrama H-R e identificó además la correcta naturaleza de las cuatro estrellas.

Comprendemos que de la información que se dio sólo pudo deducirse que la estrella B es más grande que la A, pero no que tiene más masa. Sin embargo, no existió evidencia alguna de la que pudiera desprenderse que ello pudo haber confundido a los alumnos, por lo que el programa de calificación se modificó de forma que aquéllos que llegaron hasta “más grande” recibieron la máxima puntuación. Tras este preámbulo, hemos de admitir que muchos alumnos dedujeron correctamente que B tenía mayor superficie, partiendo de su luminosidad y temperatura, después de lo que infirieron que la masa sería mayor. Por supuesto que estos alumnos recibieron también la máxima puntuación correspondiente.

Como ya se indicó *supra*, los alumnos que no consideraron establecer una razón tuvieron mucha más dificultad para mostrar que la estrella B se encuentra a unos 700 pc de la Tierra y, a menudo, recurrieron a una aritmética muy exótica. La respuesta “Demasiado lejos” no fue aceptable como explicación del por qué la distancia de la estrella B desde la Tierra no podía determinarse por paralaje.

### **Pregunta 2 Evolución del universo**

Esta pregunta se contestó bien y muchas veces sin tacha. Sin embargo, fue muy corriente el error de utilizar los símbolos  $>$ ,  $=$  y  $<$  sin relacionarlos explícitamente con  $\rho_0$  y  $\rho$ .

### **Pregunta F3 Las enanas blancas y las estrellas de neutrones**

Esta pregunta fue bien contestada en general, aunque hubo alumnos que se liaron al intentar explicar la diferencia entre una y otra.

### **Pregunta 4 El desplazamiento galáctico hacia el rojo, la constante de Hubble y la edad del universo**

Fueron bastantes los alumnos que no trazaron una recta por el origen y muchos más los que tuvieron problemas para calcular la edad del universo y, en particular, problemas con las unidades.

## **Opción G – Teoría especial y teoría general de la relatividad**

### **Pregunta 1 Experimento mental**

Si bien fueron muchos los alumnos que definieron correctamente *Longitud propia*, hubo gran confusión respecto de la definición de *Tiempo propio*. Algunas definiciones fueron opacas, vagas, aproximadas, incompletas o incorrectas. Una respuesta incorrecta típica (definición confusa) sería “es el tiempo medido en un marco de referencia inercial”.

La mayoría de los alumnos sugirió que los sucesos no serían simultáneos para Carmen, de lo que se desprende que el suceso A ocurriría primero. Sin embargo, en la explicación siguiente raramente se dijo que  $c$  es independiente del movimiento de la fuente o del observador, lo que constituye un hecho esencial del argumento. Muchos pasaron de un marco de referencia a otro, con lo que debilitaron el argumento. Otras veces la situación se simplificó en exceso, sin que se apreciaran los delicados matices. Algunos alumnos utilizaron incorrectamente el principio de causalidad para negar la posibilidad de que no existiera simultaneidad.

Muchos alumnos calcularon correctamente la velocidad mediante la ecuación de la contracción de la longitud, si bien otros no identificaron la longitud propia. Sin embargo, la mayoría observó que ninguno de los observadores podría considerar que tenía el punto de vista “correcto”.

### **Pregunta 2 Electrones a velocidades relativistas**

La curva se trazó bien, por lo general, convirtiéndose en una asíntota de la "línea  $c$ ". Un gran número de alumnos describió el comportamiento de la propia curva en vez de utilizar los principios de la mecánica relativista como se sugería en la pregunta. Algunos alumnos sugirieron brevemente que la masa del electrón aumenta con la velocidad, sin pasar a desarrollarlo.

El cálculo de la masa del electrón y de su energía total se efectuó a veces bien, aunque otras ni siquiera se abordó. Quedó patente que algunos alumnos estaban familiarizados con este tipo de cálculos y otros no.

### **Pregunta 3 El espacio-tiempo, la gravedad y los agujeros negros**

Si bien se admite que los diagramas sobre espacio-tiempo no figuran como tales en el programa de estudios, se reconoce también que son conceptos muy útiles. El diagrama de esta pregunta estaba enfocado a auxiliar a los alumnos en sus respuestas. Sin embargo, quizás hubiera sido preferible dejar que los alumnos eligieran la forma en que contestar la pregunta. Ni que decir tiene que las descripciones verbales recibieron la máxima puntuación, independientemente de si se trazó un diagrama o de cuál se trazó.

Las respuestas relativas a la curvatura o abarquillamiento del espacio-tiempo fueron, en general, aceptables y se tomará nota de que se otorgó cierta puntuación a una descripción no relativista de un agujero negro.

## **Opción H – Óptica**

Esta opción tiene siempre una gran acogida, aunque muchos alumnos no obtienen buena puntuación por no saber trazar los diagramas de rayos.

### **Pregunta 1 Refracción**

Muchos candidatos expusieron una definición descriptiva del índice de refracción ("el grado en que se curva la luz"), ignorando en ello el hecho de que las definiciones de las cantidades físicas tienen carácter operativo. Los símbolos de los diagramas o ecuaciones no se definieron por lo general, o se hizo incorrectamente, y se ignoró con frecuencia las prescripciones de que el primer medio fuera aire o vacío. Muchos alumnos trazaron con éxito el rayo "azul" pero frecuentemente la explicación brilló por su ausencia, fue incorrecta o incompleta.

### **Pregunta 2 Lente cóncava (divergente)**

Fueron muy pocos los alumnos capaces de dar una definición correcta del punto focal. Muchos de ellos lo definieron como "el punto en el que converge toda la luz", como aquél que se encuentra a dos veces el radio de curvatura de la lente.

Si bien la pregunta facilitó en negrillas las palabras **cóncava (divergente)** para especificar el tipo de lente, el 50% aproximadamente de todos los alumnos consideró que la lente era convexa. Aunque se otorgó cierta puntuación y la "suma y sigue de errores", de dibujarse una situación convergente, este diagrama se vio sometido a todo tipo de descuidos (por ejemplo, al no percatarse de que dos rayos salían por la parte superior del objeto y otros dos por su base). Como ya dejamos constancia el año pasado, se prescribe que los alumnos sean capaces de construir diagramas de rayos con sentido si desean obtener una buena puntuación en esta opción.

El cálculo de la ampliación causó ciertas dificultades pero el pedir sugerencias de lo que podría ocurrir si una parte de la lente se tapara produjo una gran especulación.

### **Pregunta 3 Difracción con una sola rendija**

Se tomará nota de que la expresión "Difracción de Fraunhofer" se utiliza en la Guía de la Asignatura y que se empleó en esta pregunta para indicar a los alumnos que, en este caso, se trata de frentes de ondas planos. No se percibió nada en las respuestas de los alumnos que sugiriera que la expresión les perjudicó; quedó claro que la debilidad de las respuestas se

debía a una falta de conocimiento y de comprensión del tema. Muchos no mencionaron que la pauta de la difracción es producto de la interferencia de las ondas que se originan en los diversos puntos del frente de ondas incidente. Si bien los bosquejos de la distribución de la intensidad fueron, en general, bien dibujados, el enunciado del criterio de Rayleigh y de su aplicación ocasionó una gran cantidad de problemas.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Las recomendaciones que emanan del tribunal examinador incluyen las siguientes ideas.

- Los alumnos leerán bien todas las preguntas antes de comenzar, no solo para evaluar su diversidad, sino también el número de secciones de cada pregunta y su dificultad, antes de decidir cuáles contestar y de comenzar a hacerlo.
- Los alumnos leerán detenidamente cada pregunta y centrarán sus respuestas consecuentemente.
- Se practicará más la interpretación de datos, especialmente si éstos se presentan en forma de gráfico o tabulados.
- Se practicará la manipulación de razones, tanto numéricas como simbólicas.
- Es importante no dejar las Opciones para finales de curso. Ello puede ocasionar que su estudio sea poco pormenorizado o incompleto. Se tendrá en cuenta el tiempo del que se dispone para el estudio de las Opciones y se integrará detenidamente en el programa general del curso. Los alumnos no intentarán contestar una Opción que no hayan estudiado.
- Si los alumnos estudian una Opción determinada por su cuenta, los profesores se cerciorarán de vigilar detenidamente su avance y de que le dan el respaldo adecuado al caso. Los alumnos de una escuela determinada que contesten preguntas de las mismas dos opciones, lo hacen, en general, mejor que los que contestan preguntas de diferentes opciones.

## Evaluación interna

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-9	10-15	16-21	22-27	28-31	32-37	38-48

### Ámbito que cubre el trabajo entregado y medida en que resulta apropiado

Un cierto número de escuelas desplegó un programa profundo y diverso de experimentos que abarcó todo el programa de estudios, incluidas las opciones, y brindó al alumno una gran cantidad de oportunidades para ser evaluado a la luz de la diversidad de criterios. Hubo también un mayor número de investigaciones de carácter abierto que se concibieron específicamente para que los alumnos pudieran planificar. Ello representa indicios alentadores de que el currículo del BI está llegando a los profesores. Mirando desde un ángulo más crítico, el acento en el tema de Mecánica fue, como siempre, excesivo, siendo muchas las escuelas que en las opciones o en los materiales de ampliación no presentaron investigaciones, o las mismas fueron muy escasas, exceptuando el tema de Óptica. La mayoría de las escuelas consiguió algo razonable para los proyectos de su grupo 4. Por último, no fue tan raro encontrar escuelas que tenían investigaciones que no se basaban en el programa de estudios, tal como el movimiento armónico simple, los condensadores, y otros temas tradicionales; tales temas sirvieron bien en la evaluación.

Algunas escuelas aún siguen asignando protocolos de trabajo escritos que encomiendan al alumno rellenar espacios específicos en blanco a la hora de realizar experimentos. Aunque este enfoque puede que dé resultados en el marco del aula, no es el apropiado para realizar una evaluación que se base en el cumplimiento de criterios. El muestreo informático de datos es también bastante corriente y, a la hora de evaluar la obtención de datos, los profesores analizarán detenidamente el soporte lógico que se utiliza antes de decidir si es el adecuado. Véanse las Preguntas más frecuentes en el sitio Web OCC (*Online Curriculum Centre*) como orientación. El alumno decidirá qué datos se obtiene y cómo se presentan. Los alumnos trabajan frecuentemente en equipos, lo que, aunque está bien, no siempre se presta para realizar después una evaluación interna.

## **Desempeño de los alumnos en cada uno de los criterios**

En las observaciones sobre la actuación de los alumnos respecto del cumplimiento de los criterios de Evaluación Interna (EI) tenemos que distinguir entre el papel que juega el profesor y el logro del alumno. Los alumnos obtendrán las puntuaciones más elevadas por cumplir con un criterio determinado, no sólo cuando demuestren que saben una considerable cantidad de física, sino también cuando el profesor haya establecido el contexto pertinente en el que dichos alumnos puedan desarrollar todo su potencial.

### **Planificación a)**

Este sigue siendo uno de los aspectos más difíciles de inculcar a los profesores. Si se pide a un alumno que confirme la Ley de Ohm, se le está entregando un problema de investigación; la hipótesis y las variables ya se encuentran en la ecuación. Sin embargo, este es un caso típico de algunas de las investigaciones utilizadas para evaluar la planificación a). Este tipo de planificación tiene que ser de carácter abierto, en el que el alumno define un problema y después lo sigue hasta solventarlo. Si todos los alumnos de la clase se ocupan del mismo problema, la asignación no habrá sido del tipo abierto. Es necesario que los profesores entren al *Online Curriculum Center* de IBCA y busquen los pormenores que se detallan bajo el encabezamiento de apoyo a los profesores. Fue alentador ver el gran número de escuelas que asignaron las investigaciones de planificación apropiadas. En esta esfera hubo menos problemas que en años anteriores.

### **Planificación b)**

La idoneidad de este criterio sigue muy estrictamente lo estipulado en la planificación a). Si la planificación b) es apropiada, los alumnos no realizarán todos lo mismo. Aunque el equipo del que se dispone en las aulas es limitado, siguen pudiendo aplicarse diferentes planteamientos y diferentes técnicas, lo que deberá indicarse en los ejercicios de la planificación b). En general, la planificación b) recibió mayor puntuación que la planificación a). Los profesores tienen que apreciar los aspectos pormenorizados que dispone el criterio b). En este caso los alumnos seleccionan el equipo y los materiales, seguidamente ellos mismos proyectan el método que seguirá la investigación. Si el profesor entrega voltímetros, amperímetros y resistencias tipo, no será posible que los alumnos contribuyan a los aspectos de investigación de la planificación b). El profesor tomará nota de que existe un cierto número de ejercicios de las planificaciones a) y (b) que pueden asignarse sin que sea necesario el seguimiento. Es decir, los alumnos pueden realizar un ejercicio de planificación sin realmente ejecutar el experimento.

### **Obtención de datos**

Este criterio es el más fácil de cumplir para obtener una puntuación elevada, aunque los alumnos y profesores tendrán también que andarse con cuidado. Todo experimento conlleva

un grado mínimo de incertidumbre, aunque sólo sea la del número correspondiente al dígito menos significativo. Debe quedar constancia de esta incertidumbre junto con todos los datos brutos y, en la mayoría de los casos, existen más incertidumbres de las que pueden abordarse. Las incertidumbres sólo tienen que tratarlas los alumnos del Nivel superior (donde sea pertinente), pero tanto éstos como los del Nivel medio tienen que reconocer su existencia y tomar nota de ellas debidamente junto con los datos brutos. Ni que decir tiene que hay que tomar nota de las unidades físicas además de las incertidumbres y que las mismas deben presentarse también junto con los datos brutos. Del hecho de que el cronómetro nos da el tiempo en segundos no se desprende que los datos registrados vengan en segundos. Los alumnos tienen que proyectar y terminar sus propios cuadros de datos y, si el profesor ya les da esta información, la evaluación ya no tendrá sentido. A ello le sigue el proceso de moderación en el que se rebaja la puntuación. En general este criterio se abordó y cumplió con éxito. La mayoría de los profesores son conscientes de que cuando se utilizan interfaces informáticas para obtener datos, éstos, y su presentación, no son adecuados por evaluar la obtención de los datos propiamente dicha.

### **Procesamiento y presentación de datos**

No hay que encomendar a los alumnos que dibujen un gráfico de X con respecto de Y ni decirles cómo tratar los datos. Los moderadores rebajan la puntuación cuando así ocurre. Son los propios alumnos los que tienen que decidir qué cantidades tratar matemáticamente y, después, cuáles de ellas representar en un gráfico (y, por supuesto, qué hacer con el gráfico). Hay casos en los que el procesamiento no existe, o es nimio, si se trata de cálculo matemático. Por ejemplo, si los datos brutos son la altura desde la que cae una pelota y la altura hasta la que rebota, el procesamiento se interpretaría como la correcta representación de dichos datos en un gráfico, quizás en un gráfico en el que se representen las alturas de los rebotes con respecto a las alturas originales de la caída. En este caso el alumno de Nivel medio podría construir barras de incertidumbre relativas a las alturas de rebote del gráfico. En otros casos más complicados el procesamiento puede ser el de calcular el seno de los ángulos medidos, o calcular el momento partiendo de los datos brutos obtenidos por medición. Un gran número de alumnos utiliza hoy día programas informáticos para trazar gráficos, lo que no es de objetar. Pero si el computador genera también por omisión barras de incertidumbre (y en el texto no figura justificación ni cálculo alguno del alumno), al moderador no le cabrá la más mínima duda de que ello no constituye una apreciación de las incertidumbres por parte del alumno. Además, el conectar los puntos, uno con otro, no es, por lo general, pertinente a las relaciones físicas. Los alumnos tienen que estar en el puesto de mando del programa de creación de gráficos si desean obtener resultados satisfactorios en la Evaluación Interna (EI) correspondiente a PPD. En última instancia, los dígitos significativos se emplean a menudo incorrectamente en los programas de creación de gráficos. Los alumnos habrán de rectificar esta situación y dar muestras de que entienden el significado de las pendientes de los gráficos (incluyendo en ellos las unidades físicas cuando corresponda).

### **Conclusiones y evaluación (CE)**

Es difícil cumplir con todos los aspectos de este criterio. Hay veces en que los alumnos están tan llenos de entusiasmo que simplemente escriben sus apreciaciones subjetivas, tal como lo mucho que han disfrutado de la labor de investigación y lo bien que resultó. Es necesario recordar en estos casos a los alumnos de los tres aspectos que componen el criterio CE. Es necesario también recordar a los profesores a éste respecto cuando evalúen la conclusión. Una buena planificación a) ayuda a definir lo que tiene que figurar en la conclusión.

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

El profesor elegirá detenidamente la investigación con miras a la Evaluación Interna. Esta es la recomendación más importante. Son muchos los experimentos de laboratorio que pueden realizarse en el marco del aula que no tienen como fin cumplir con los criterios de evaluación del BI, pero si se trata de una evaluación de este tipo, tales experimentos tienen que ser pertinentes o, de lo contrario, la puntuación se verá reducida.

Al presentar trabajos de los alumnos y formularios 4/PSOW, los profesores tienen que seguir detenidamente las instrucciones y puntuar el trabajo como se prescriba. La mayoría de las escuelas así lo llevan a cabo, si bien hay algunas que no leen las instrucciones.

Es fundamental presentar una copia de las instrucciones dadas a los alumnos al respecto del trabajo a moderar. Incluso si las mismas fueron orales, el profesor tiene que describírselo minuciosamente al moderador para que éste sea consciente del contexto en el que el alumno en cuestión realizó sus tareas.

Los alumnos requieren un mayor grado de orientación cuando se trata de errores e incertidumbres y de elaborar gráficos.

Si hay dos o más profesores enseñando cómo evaluar las investigaciones será crucial que trabajen en coordinación para moderar internamente antes de que las muestras se envíen al moderador.

Los profesores visitarán el sitio Web *On Line Curriculum Centre* con miras a los materiales de apoyo didáctico relativos a las evaluaciones internas. La fase 1 presenta orientaciones sobre la planificación de los experimentos, las aptitudes personales y de manipulación y los errores e incertidumbres. La fase 2 contiene ejemplos de experimentos ya puntuados. Los moderadores tendrán en cuenta las orientaciones que aquí se dan a la hora de evaluar los trabajos a partir de los exámenes de mayo de 2004.

## **Observaciones**

La mayoría de las escuelas se encuentran realizando una labor admirable y cubren el programa de estudios con investigaciones interesantes y pertinentes. La mayoría de las mismas son conscientes de que no todos los criterios pueden cumplirse en todos los experimentos, y que muchos de éstos pueden realizarse sin que sea necesario puntuarlos con miras a la Evaluación Interna. Es también alentador que sean tantas las escuelas que van apreciando el carácter abierto de la planificación a) y de la planificación b). Muchas escuelas emplean programas caseros de puntuación que se basan en la Evaluación Interna a la hora de evaluar las tareas de los alumnos. Ello sirve de ayuda al profesor, al alumno y al moderador a la hora de la moderación. En general, las puntuaciones que los profesores dieron a los alumnos fueron aceptables. Hubo algunos casos en los que los profesores fueron demasiado estrictos y los moderadores aumentaron la puntuación; pero lo más frecuente es que la bajen. De vez en cuando se dan casos en que el profesor es demasiado tolerante, pero la razón principal por la que se quitan puntos es porque el profesor asigna trabajos inapropiados, trabajos que no permiten cumplir con los criterios de Evaluación Interna.