

## FÍSICA

### Zona horaria 2: IBAEM/IBAP

Con el fin de mejorar la seguridad en relación a los exámenes de IBO, algunas pruebas presentan ahora variantes regionales; tal es el caso de las pruebas 1, 2 y 3 de Física. El siguiente informe corresponde a los exámenes de Física realizados por alumnos del Programa del Diploma del BI en las regiones de África, Europa y Oriente Medio y Asia-Pacífico.

### 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	29-39	40-50	51-62	63-73	74-100

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-15	16-27	28-39	40-50	51-61	62-72	73-100

Damos las gracias a todos los colegios y a todos los profesores que han hecho comentarios sobre preguntas concretas en los impresos G2. Se anima encarecidamente a los profesores para que envíen en dichos impresos G2 los comentarios sobre todos los componentes de la evaluación externa, pruebas 1, 2 y 3, NM y/o NS. Se pueden enviar en papel, vía IBNET o el CPEL. Esos comentarios proporcionan información valiosa para el equipo que realiza la Evaluación Final en lo que se refiere a la determinación de las bandas de calificación.

### 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

Diríase que más colegios que el año pasado presentan programas imaginativos y bien equilibrados, que cubren correctamente tanto el Tronco Común como las Opciones del plan de estudios, y que exponen a los alumnos a una amplia variedad de técnicas experimentales. Estos colegios demuestran que se pueden diseñar buenos experimentos utilizando un equipamiento sencillo. Sin embargo, los programas de otros colegios continúan dominados por experimentos de mecánica, en detrimento de otras partes del plan de estudios.

En algunos casos se mostró muy poco conocimiento de las diferentes técnicas posibles para el trabajo experimental o de las diversas técnicas analíticas disponibles para el tratamiento de datos. Algunos alumnos tuvieron dificultades con los análisis gráficos y, a menudo, utilizaron gráficos incorrectos generados por ordenador.

Menos colegios que en años anteriores han hecho uso exhaustivo de guiones, pero sigue existiendo una tendencia a exagerar el muestreo por ordenador, a expensas de los métodos tradicionales de obtención de datos.

En lo que respecta a los guiones, si proporcionan todas las instrucciones necesarias para ensamblar los aparatos de un experimento concreto e indican también las lecturas de las cantidades que han de tomar los alumnos, entonces ese experimento no puede utilizarse para evaluar las destrezas de Planificación.

Los estudiantes debieran también ser instruidos en la correcta aplicación del análisis de errores, así como en realizar una evaluación cuantitativa de un experimento concreto. Por ejemplo, un alumno que lleva a cabo un experimento para medir  $g$  obteniendo un valor de  $9,73 \text{ m s}^{-1}$ , y escribe al efecto “el valor real de  $g$  es  $9,81 \text{ m s}^{-2}$ , así que hay un error en mi resultado del  $x\%$ , por lo que en general este ha sido un experimento exitoso”, claramente no tiene una idea del modo correcto de evaluar los errores o de cómo realizar una evaluación cuantitativa del procedimiento.

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

### **Planificación (a) y Planificación (b)**

Frecuentemente, los estudiantes no rinden adecuadamente en lo referente a las destrezas de Planificación. Ello se debe, a menudo, al tipo de experimentos que les son planteados por algunos profesores como prueba de evaluación de los criterios de Planificación.

Para evaluar las Planificaciones, es necesario que los profesores propongan a los alumnos tareas más abiertas. Por ejemplo, en vez de indicarles tan sólo las instrucciones para medir la aceleración de gravedad usando un péndulo simple, se puede pedir a los alumnos que investiguen los factores (o un factor) que afecten al periodo de dicho péndulo. En un experimento así, los alumnos han de identificar el (los) factor (es), plantear hipótesis en cuanto al posible resultado, identificar las variables a controlar y entonces diseñar un método apropiado para llevar a cabo la investigación. Los experimentos que se diseñan para medir una cantidad concreta o que se plantean con la intención de verificar una ley o relación física no permiten a los alumnos formular una pregunta de investigación o hipótesis y, en la mayoría de los casos, las variables están ya prescritas. Por ejemplo, experimentos tales como “Medir la longitud de onda de la luz de un láser” o “Verificar la ley de Snell” no se prestan por sí mismos a evaluar las destrezas de planificación.

Si los alumnos reciben demasiada información sobre un experimento respecto de los aparatos, métodos y procedimientos a emplear, o si se les indica una referencia que proporciona una explicación del experimento, entonces dicho experimento no puede utilizarse para evaluar Planificación (b). Los estudiantes deben elegir los aparatos y decidir por sí mismos los métodos y procedimientos a emplear. Esto significa, también, que deben trabajar por sí mismos, y que el Proyecto del Grupo 4 no es por lo general apropiado para evaluar ni los criterios de Planificación ni, en esta asignatura, la Recogida de Datos.

Para que el moderador haga una evaluación precisa de la calificación del profesor en los criterios de Planificación, es esencial que junto con el material de la muestra se incluya una copia de las instrucciones dadas a los alumnos. De hecho, el moderador no comenzará a calificar el material de la muestra hasta que no se obtenga tal copia del colegio.

### **Recogida de datos**

Normalmente está bien realizada, excepto en algunos casos en que se presenta de manera muy pobre. Cuando resulte apropiado, los datos deben disponerse en una tabla, incluyendo en ella unidades e incertidumbres. ¡Los estudiantes deberían pensar que cada medición que realizan lleva consigo una incertidumbre! Por otra parte, si los alumnos han recibido en el guión del experimento una tabla con cabecera incluida, dicho experimento no puede emplearse para evaluar la recogida de datos. Además, debiera tenerse en mente que experimentos tales como un trazado de líneas de campo magnético no resultan apropiadas para evaluar este criterio. En Física, los experimentos debieran involucrar la recogida de datos brutos cuantitativos.

### **Procesado y Presentación de Datos**

Este criterio resultó frecuentemente pobre. Los estudiantes deberían aprender cómo transformar sus datos de manera que ello contribuya a un buen análisis gráfico. El concepto de barras de error parecía ser extraño a muchos alumnos. Si se dice a los alumnos cómo presentar los datos, entonces el segundo aspecto del criterio no puede ser calificado como completo. Demasiado a menudo se ve en las instrucciones dadas a los alumnos “trace una gráfica de ... frente a ...”

Demasiado a menudo los estudiantes confían en los gráficos realizados por el ordenador, sin comprender claramente lo que están haciendo. En el fondo, se tiene la impresión de que si el ordenador les proporciona una ecuación para su gráfica, la regresión y las barras de error, entonces la presentación de datos se considera buena. En relación con las barras de error en las gráficas generadas por ordenador, el alumno debe dejar claro al moderador la base sobre la que se han obtenido dichas barras de error.

Cuando no está involucrado un análisis gráfico, los alumnos aún pierden puntos por falta de claridad y, en algunos casos, presentación incomprensible de sus datos.

Una vez más, los experimentos utilizados para evaluar este criterio deberían involucrar datos cuantitativos.

### **Conclusión y Evaluación**

Este criterio resultó a menudo flojo. En muchos casos, se omitió la conclusión y raramente se trató el problema de las limitaciones de una técnica particular. Es más, los alumnos raramente sugirieron posibles mejoras al experimento, ni identificaron alguna posible debilidad en las técnicas empleadas. La idea de repetir las mediciones como mejora al experimento, se omite con frecuencia.

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

Esencialmente, las recomendaciones se han dado anteriormente. Sin embargo, para resumir:

- Elegir apropiadamente los experimentos para evaluar correctamente los respectivos criterios
- Incluir las instrucciones dadas a los alumnos en cada experimento, añadiendo un resumen de cualquier instrucción verbal proporcionada
- Conseguir que los alumnos presenten los datos correctamente (usar una regla para dibujar las tablas), incluyendo unidades e incertidumbres.
- Asegurar que los alumnos se familiaricen con las técnicas de análisis gráfico y presenten cualquier análisis de manera lógica y clara.

- Asegurar que los alumnos presenten siempre una conclusión definitiva, evalúen las limitaciones de las técnicas empleadas y sugieran maneras de mejorar el experimento
- Para la evaluación de Pl(a), Pl(b) y RD, los alumnos deben trabajar preferiblemente de manera individual. Si los alumnos trabajan en grupo, el trabajo individual del alumno debe identificarse en el trabajo sometido a moderación
- PPD y CE deben ser resultado de un trabajo individual
- Si dos o más profesores están involucrados en la evaluación de la EI, resulta imprescindible que el trabajo sea moderado internamente antes de enviar cualquier muestra al moderador

Se recomienda insistentemente a los profesores que tengan en cuenta las orientaciones dadas en el Material de Ayuda al Profesor, fases 1 y 2, que aparece en la red en el Centro Pedagógico en Línea (CPEL), cuando establezcan y evalúen el trabajo práctico del Plan de Evaluación Interna del Grupo 4. Los moderadores de la Evaluación Interna tendrán presente en el futuro esas orientaciones en su moderación de las muestras de trabajo de EI de los colegios.

Este año, los profesores completaron correcta y mayoritariamente los impresos 4/PSOW pero algunos colegios siguen enviando portafolios completos de todos los alumnos de la muestra y otros un portafolio completo.

## Prueba 1

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel Superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-10	11-14	15-18	19-22	23-27	28-31	32-40

#### Nivel Medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-7	8-10	11-14	15-17	18-20	21-23	24-30

### Generalidades

Las pruebas de física de opción múltiple del BI están diseñadas para plantear, principalmente, preguntas que pongan a prueba las ideas conceptuales, con preferencia a las de tipo cálculo. Estas últimas pueden evaluarse más apropiadamente en las preguntas de las Pruebas 2 y 3. Las calculadoras resultan así innecesarias y no está permitido su uso en la Prueba 1. Algunas preguntas son comunes a las pruebas de NM y NS, y las preguntas adicionales en el NS permiten abarcar más a fondo el programa de estudios.

La Prueba 1 de Mayo de 2004 tuvo generalmente buena acogida. Casi todos los profesores que hicieron comentarios sobre ella consideraron que contenía preguntas de un nivel apropiado. Un pequeño número pensó que la Prueba de NM era algo más difícil. Con pocas excepciones, los profesores pensaron que la Prueba proporcionaba una cobertura del programa buena o satisfactoria. Sin embargo, la cobertura debería juzgarse conjuntamente con la Prueba 2. Todos los profesores valoraron también como satisfactoria o buena la presentación de la Prueba. Sin embargo, unos pocos

consideraron que podría haberse mejorado la redacción de un pequeño número de preguntas de la Prueba de NS.

### Análisis estadístico

El rendimiento global de los alumnos y el correspondiente a las diferentes preguntas se pone de manifiesto en el análisis estadístico de las respuestas. Estos datos se recogen en las tablas que siguen a continuación.

Los números que aparecen en las columnas A-D y en Blanco representan el número de alumnos que eligieron esa opción o que dejaron la pregunta en blanco. La clave (opción correcta) está indicada por medio de un asterisco (\*). El índice de dificultad (quizás mejor llamarlo índice de facilidad) es el porcentaje de alumnos que responden correctamente a la pregunta (la clave). Un índice alto indica por tanto que la pregunta es fácil. El índice de discriminación es una medida de lo bien que discrimina la pregunta entre alumnos de capacidades diferentes. Un índice de discriminación alto indica que una gran proporción de los alumnos mejores identifica correctamente la clave, en comparación con los alumnos peores.

#### Prueba 1 de NM Análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	114	441	1169*	176	5	61	.28
2	253	651*	557	437	7	34	.25
3	452	363	836*	250	4	44	.42
4	990*	204	302	406	3	52	.45
5	133	1674*	34	63	1	88	.27
6	77	199	428	1201*		63	.56
7	204	1207	222	267*	5	14	.23
8	117	238	218	1330*	2	70	.43
9	198	464	305	935*	3	49	.29
10	160	1648*	25	70	2	87	.20
11	357	311	1100*	124	13	58	.54
12	621*	796	254	228	6	33	.18
13	1066*	246	442	144	7	56	.48
14	54	24	169	1653*	5	87	.21
15	86	138	1309*	371	1	69	.30
16	536*	221	113	1034	1	28	.22
17	1510*	84	175	135	1	79	.28
18	21	193	20	1670*	1	88	.25
19	1022*	333	308	236	6	54	.49
20	509	128	1173*	93	2	62	.48
21	183	1492*	149	78	3	78	.28
22	1618*	156	65	64	2	85	.33
23	60	1387*	30	425	3	73	.21
24	738	101	176	885*	5	46	.38
25	786*	356	452	287	24	41	.29
26	119	249	237	1293*	7	68	.49
27	557	787*	361	182	18	41	.44
28	242	341	1095*	201	26	57	.53
29	1177*	334	174	210	10	62	.57

30	410	249	1178*	52	16	62	.45
----	-----	-----	-------	----	----	----	-----

**Prueba 1 de NS Análisis de ítems**

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	122	480	1500*	185	5	65	.20
2	257	186	1700*	140	9	74	.45
3	307	214	1693*	75	3	74	.34
4	1037*	1061	187		7	45	.43
5	302	480	1295*	203	12	57	.41
6	49	2149*	39	52	3	94	.13
7	38	98	283	1870*	3	82	.35
8	145	545	239	1352*	11	59	.35
9	112	2094*	13	69	4	91	.14
10	1097*	789	227	167	12	48	.32
11	395	134	1661*	100	2	72	.33
12	750*	847	636	55	4	33	.41
13	374	1251*	376	282	9	55	.57
14	670	1078*	337	198	9	47	.35
15	63	141	1796*	291	1	78	.25
16	873*	269	121	1023	6	38	.34
17	1935*	67	139	147	4	84	.11
18	88	617	37	1550*		68	.35
19	1721*	115	401	52	3	75	.38
20	302	258	1635*	93	4	71	.33
21	5	169	8	2110*		92	.13
22	154	1973*	107	58		86	.20
23	1587*	202	370	125	8	69	.35
24	245	38	1717*	289	3	75	.39
25	212	158	1424*	489	9	62	.44
26	37	1866*	14	373	2	81	.19
27	1117	134	148	891*	2	39	.29
28	411	1360*	351	159	11	59	.54
29	236	1138*	638	272	8	50	.44
30	1172*	428	356	306	30	51	.37
31	272	195	81	1731*	13	76	.41
32	34	113	1380*	751	14	60	.48
33	1091*	1128	56	14	3	48	.39
34	1024*	360	258	631	19	45	.51
35	644	1142*	280	221	5	50	.40
36	241	407	1186	440*	18	19	.25
37	343	1082*	296	559	12	47	.40
38	215	391	1446*	209	31	63	.52
39	248	362	1215*	457	10	53	.51
40	810*	283	977	214	8	35	.22

En la pregunta 4, las opciones A y D se consideraron ambas validas, con 1037 respuestas correctas

**Comentarios sobre el análisis**

Dificultad. Para los dos niveles, NS y NM, el índice de dificultad varía desde menos del 20% (preguntas relativamente ‘dificiles’) hasta algo más del 80% (preguntas relativamente ‘fáciles’).

Discriminación. Todas las preguntas presentan un valor positivo para el índice de discriminación. Idealmente, el índice debiera ser superior a aproximadamente 0,2. Esto se alcanzó en la mayoría de las preguntas. Sin embargo, un índice de discriminación bajo puede que no sea el resultado de una pregunta poco fiable. Podría indicar un error conceptual compartido por los alumnos.

Respuesta ‘en blanco’. En ambas pruebas, el número de respuestas en blanco aumenta para los últimos ítems. Esto puede indicar que los alumnos no han tenido suficiente tiempo para completar sus respuestas. Sin embargo, ello no explica las respuestas ‘en blanco’ del principio de las pruebas. Los alumnos deberían haber recordado que no hay penalización para las respuestas incorrectas. Por lo tanto, si se desconoce la respuesta correcta se debería haber planteado una conjetura verosímil.

## **Comentarios sobre algunas preguntas seleccionadas**

El rendimiento de los alumnos en cada una de las preguntas se indica en las tablas estadísticas anteriores, junto con los valores de los índices. En la mayor parte de las preguntas, esta información proporciona suficiente realimentación cuando se considera una pregunta determinada. Por lo tanto, únicamente se harán comentarios sobre preguntas seleccionadas, i.e. aquellas que ilustran un tema particular o en las que se haya identificado un problema. Se agradecen los comentarios sobre preguntas concretas realizados por los colegios y los profesores.

### **Nivel Medio y preguntas comunes**

#### **Nivel Superior pregunta 5, nivel medio pregunta 3**

La expresión “error de cero” se redactó así con la intención de que fuera una ayuda para el alumno. Alto índice de discriminación, con una gran cantidad de conjeturas en ambos niveles.

#### **Nivel Superior pregunta 7, nivel medio pregunta 6**

Alto índice de discriminación en ambos niveles. Posiblemente una falta de familiaridad con la gráfica aceleración vs tiempo pueda explicar el menor porcentaje de éxito en los alumnos de NM.

#### **Nivel Superior pregunta 8, nivel medio pregunta 9**

Un número significativo de alumnos (25%) eligió la respuesta B en vez de la respuesta correcta D. Posiblemente esos alumnos consideraron (incorrectamente) que la conservación del momento lineal implica automáticamente la conservación de la energía.

#### **Nivel superior pregunta 9, nivel medio pregunta 10**

En la versión francesa, se utilizó la palabra “vitesse”. Puesto que “impulsion” hace referencia a un vector, está implícito que el significado es “vecteur vitesse”, no el escalar “vitesse”. En la versión inglesa el término “velocity” se refiere a un vector.

#### **Nivel superior pregunta 10, nivel medio pregunta 12**

La pregunta hace referencia a un sistema clásico. Alto índice de discriminación en el NS y alto índice de dificultad para los alumnos de NM. En ambos casos, la elección mayoritaria de la respuesta incorrecta B indica que muchos podían calcular la fuerza neta pero se equivocaron al aplicarla a ambas masas ( $m$  o  $M$ ). En la versión francesa, el uso de la

expresión “l'accélération gravitationnelle” resultó desafortunado pero en este contexto no debería haber afectado de manera adversa al resultado.

#### **Nivel medio pregunta 13**

Casi 1 alumno sobre 4 eligió la respuesta C, sin darse cuenta de que esta respuesta no es posible, dada la unidad en que se expresa.

#### **Nivel superior y nivel medio pregunta 16**

La elección mayoritaria de la respuesta D indica que muchos alumnos interpretaron mal la expresión “gases reales”.

#### **Nivel medio pregunta 20**

Un alumno sobre cuatro eligió la respuesta A sin, aparentemente, prestar atención al hecho de que el efecto Doppler no involucra el nivel de intensidad del sonido.

#### **Nivel medio pregunta 24**

Casi el 40% de los alumnos eligió A en vez de D. Este hecho sugiere que no se estableció la relación entre la unidad culombio y la definición operacional del amperio.

#### **Nivel medio pregunta 25**

Hubo muchas conjeturas de los alumnos, que consideraron esta pregunta como una especie de reto. El diseño de la Prueba es tal que todas y cada una de las preguntas no comportan el mismo nivel de dificultad y discriminación.

#### **Nivel superior pregunta 28, nivel medio pregunta 27**

Alto índice de discriminación en ambos niveles. Un número significativo de alumnos no se dio cuenta de que la fuerza magnética no es función de la masa de la partícula cargada.

#### **Nivel superior**

#### **Nivel superior pregunta 4**

Se esperaba una respuesta generalizada, pero el ángulo concreto entre los dos vectores F (120°) en el esquema hizo que las respuestas A y D fueran plausibles. Se aceptaron ambas respuestas. El gran número de elecciones de la respuesta B indica que casi el 50% de los alumnos no tuvo en cuenta la naturaleza vectorial de F y W.

#### **Nivel superior pregunta 13**

Alto índice de discriminación con abundantes conjeturas, considerando la amplia variedad de respuestas elegidas.

#### **Nivel superior pregunta 19**

Está implícito que la pregunta trata del trabajo realizado en un ciclo. Retrospectivamente, hubiera sido mejor incluir este detalle. Las respuestas elegidas por los alumnos no indican que eso fuera realmente un problema.

### Nivel superior pregunta 33

Cerca de la mitad de los alumnos aplicó ciegamente la definición de flujo magnético abarcado, sin prestar la debida atención al papel de  $\theta$  para proporcionar la componente de B perpendicular al área S.

### Comentario del examinador

En general, las preguntas conceptuales del tipo utilizado en estas pruebas de opción múltiple requieren una buena comprensión de las definiciones, conceptos y principios básicos, a menudo más que los problemas cuantitativos basados en fórmulas. Ello requiere formarse una idea de las situaciones y capacidad para aplicar razonamientos cualitativos, al objeto de comprender cómo diversos factores afectan a un sistema. Estas habilidades, componentes importantes del ‘pensar como un científico’, tienden a veces a olvidarse tanto en la docencia como en los libros de texto. Así pues, no es sorprendente que algunos alumnos pasaran apuros con la naturaleza conceptual de las preguntas. En el Nivel Superior, 11 preguntas condujeron a un “índice de facilidad” inferior al 50%. Cinco de estas preguntas involucraban una definición y dos se referían a diagramas de cuerpo libre y a la aplicación de las leyes de Newton del movimiento. En el Nivel Medio, 9 preguntas condujeron a un “índice de facilidad” por debajo del 50%. Cuatro de ellas involucraban una definición. Sin embargo, resulta esperanzador que muchos alumnos obtuvieran alta puntuación y demostraran una buena preparación para el examen.

La distribución relativa de las elecciones de los alumnos entre las respuestas propuestas A a D puede revelar la clave de las dificultades conceptuales encontradas por los alumnos. Tal información podría ser altamente útil en la enseñanza de conceptos concretos o definiciones. También los índices de dificultad y discriminación podrían resultar útiles para un profesor al diseñar pruebas de opción múltiple.

## Prueba 2

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-12	13-24	25-35	36-46	47-58	59-69	70-95

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-6	7-12	13-18	19-24	25-30	31-36	37-50

### Comentarios generales

Tomando en consideración los escasos comentarios críticos de los profesores en los impresos de realimentación, parece que los colegios han recibido bien el examen. Debe tenerse presente que menos del 50% de los colegios han cumplimentado esos impresos.

La realimentación proporcionada por los colegios puede resumirse como se indica a continuación:

- Alrededor del 85% encontró que los exámenes tenían un nivel similar al del año pasado, un 5% ligeramente más fácil, un 13% ligeramente más difícil y un 7% mucho más difícil.
- Aproximadamente el 95% consideró que el nivel de dificultad era el apropiado y un 5% demasiado difícil.
- Alrededor del 56% encontró bien cubierto el temario, un 40% satisfactoriamente y un 4% escasamente.
- Aproximadamente el 60% consideró satisfactoria la claridad en la redacción y un 20% buena.
- Alrededor del 80% encontró buena la presentación y un 20% satisfactoria.

Parece que el examen ha ofrecido los desafíos apropiados a los mejores alumnos y asimismo ha resultado pertinentemente accesible a los alumnos más flojos.

En general, daba la impresión de que los alumnos distribuyeron apropiadamente su tiempo y no había evidencia de que estuvieran en desventaja por falta de tiempo. Sin embargo, como en años anteriores, algunos alumnos hicieron caso omiso del espacio disponible para las respuestas a apartados de ciertas preguntas o de los puntos posibles y, por tanto, ofrecieron respuestas innecesariamente largas. Además, desperdiciaron mucho tiempo y espacio parafraseando la pregunta, más que respondiéndola.

Como el año pasado, la impresión general fue que pocos alumnos cometen errores de cálculo y/o de unidades en los que se redujeran puntos.

La mayoría de los alumnos presentaron los pasos seguidos en los cálculos, lo que permitió puntuar el “error acarreado hacia delante” (ECF). Sin embargo, y como en años anteriores, algunos alumnos siguen sin mostrar su trabajo y pierden puntos parciales si la respuesta que escriben es incorrecta. Hubo un sentir general de que los alumnos tenían más cuidado con los diagramas que en años anteriores.

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

### **Nivel superior y nivel medio**

Como en años anteriores, la interpretación de datos gráficos y las explicaciones de los fenómenos físicos resultan inalcanzables a algunos alumnos. En este examen, los siguientes temas han resultado difíciles para muchos alumnos:

- Definición de resistencia
- Reconocimiento de la naturaleza de la fuerza centrípeta y problemas asociados
- Utilización del principio de Huygens
- Definición de la energía de enlace y utilización de la curva de la energía de enlace

### **Sólo nivel superior**

En el examen del Nivel Superior, los siguientes temas han resultado difíciles para muchos alumnos:

- Fuerza electromotriz (fem) inducida

- Potencial electrostático de una esfera cargada
- Equilibrio estático y momentos
- Entropía y segunda ley
- Niveles de energía atómicos

### **Sólo nivel medio**

En el examen de nivel medio, los temas de suma de vectores y problemas asociados con campos eléctricos presentaron dificultades para muchos alumnos.

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

### **Nivel superior y nivel medio**

Se constató como algo habitual un buen conocimiento de las fórmulas y de sus aplicaciones en la resolución de problemas numéricos. En general, muchos alumnos parecían estar bien preparados respecto de los siguientes temas:

- Trazado de gráficos
- Conservación del momento
- Propiedades básicas de las ondas
- Ecuaciones nucleares

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

### **Sección A**

#### **Nivel superior pregunta 1: Análisis de datos**

Muchos alumnos obtuvieron la totalidad de los puntos en la representación gráfica. Sin embargo, un número significativo de ellos no supo cómo dibujar la línea con el máximo gradiente permitido y, además, frecuentemente eligieron puntos demasiado próximos entre sí como para obtener un valor realista del gradiente. Al igual que los alumnos de nivel medio, pocos dieron la unidad correcta para la capacitancia y muchos tuvieron dificultades para emplear el gradiente en la determinación de la permitividad del vacío. No obstante, hubo algunas respuestas excelentes a la pregunta como un todo.

#### **Nivel medio pregunta 1: Análisis de datos**

Muchos alumnos obtuvieron la totalidad de los puntos por la gráfica y el trazado de la línea de mejor ajuste. Sin embargo, un número significativo de ellos eligieron puntos demasiado próximos entre sí como para obtener un valor realista del gradiente.

Pocos alumnos dieron la unidad correcta para la capacitancia y muchos tuvieron dificultades para emplear el gradiente en la determinación de la permitividad del vacío. No obstante, hubo algunas respuestas excelentes a la pregunta como un todo.

#### **Niveles superior y medio pregunta 2: Vagones en colisión**

A menudo esta pregunta se respondió bien. Algunos alumnos no definieron el momento lineal, sino que intentaron dar una descripción cualitativa. Un número significativo de ellos hablaron de energía “perdida” más que de “transformada”.

### **Niveles superior y medio pregunta 3: La lámpara de filamento**

El error más frecuente de los alumnos fue dibujar la curva característica o dibujarla considerando  $V$  sobre el eje  $x$ . Muchos alumnos pensaron que la resistencia se obtenía calculando la pendiente de la gráfica. Naturalmente, esto es cierto para conductores óhmicos, por lo que pudieron lograr aquí un punto ECF. Sin embargo, debiera disuadirse a los alumnos de este enfoque. A menudo se omitieron las explicaciones sobre si el comportamiento era óhmico.

### **Nivel superior pregunta 4: Fuerza electromotriz inducida**

Esta pregunta, diseñada para ilustrar la conversión de potencia mecánica en potencia eléctrica, se mostró difícil para bastantes alumnos. Muchos fueron incapaces de mostrar correctamente las direcciones de FE y FM, o de probar que la potencia mecánica era igual a la potencia eléctrica disipada en la barra.

## **Sección B**

### **Niveles superior y medio pregunta 1 parte 1: Movimiento circular**

Es interesante advertir que la pregunta referida a la explicación de la aceleración cuando la rapidez es constante se ha propuesto con anterioridad, de una u otra forma, varias veces, y que con los años la calidad de las respuestas ha mejorado significativamente. En este examen fue, por tanto, agradable constatar que muchos alumnos daban explicaciones claras y precisas de este fenómeno. Sin embargo, no se puede decir lo mismo de la comprensión de la naturaleza de la fuerza centrípeta. Cuando se pedía identificar las dos fuerzas que actuaban sobre la canica, la respuesta más común fue “peso y fuerza centrípeta”. La consecuencia fue que hubo poca posibilidad de que esos alumnos determinaran correctamente la fuerza de reacción que actúa sobre la canica.

Muchos alumnos calcularon correctamente el valor de la velocidad. Se estimó que, debido a la energía de rotación, la velocidad sería cercana a  $2,0 \text{ ms}^{-1}$ , y que quizás hubiera sido mejor, en términos físicos, haber tenido un pequeño bloque metálico deslizando sin rozamiento hacia abajo de la rampa.

### **Nivel superior parte 2: Esfera cargada**

Las definiciones de potencial eléctrico fueron frecuentemente incompletas y aunque muchos alumnos dibujaron correctamente las superficies equipotenciales, se mostraron incapaces de explicar porqué indican la disminución del campo. En general, la variación del potencial con la distancia al centro de la esfera resultó desconocida y muchos tuvieron dificultades con los cálculos.

### **Nivel medio parte 2: Esfera cargada**

La única parte de esta pregunta que la mayoría de los alumnos respondió con alguna confianza fue el esquema de la disposición del campo y el cálculo de su intensidad. Algunos

alumnos se dieron cuenta de que el electrón debería seguir una línea de campo y otros constataron que la aceleración del electrón debería disminuir a medida que se alejara de la esfera, pero pocos pudieron utilizar la velocidad del electrón para calcular la diferencia de potencial.

## Pregunta 2

### Nivel superior parte 1: Equilibrio estático

Los diagramas de fuerzas se realizaron frecuentemente bien y, aunque el conocimiento de la cotangente no es un requisito matemático, muchos alumnos estaban familiarizados o llegaron a ello a partir de una correcta toma de momentos.

Aunque hubo algunas respuestas excelentes al problema de la escalera, muchos alumnos fracasaron claramente porque tenían un conocimiento muy pobre de las condiciones para el equilibrio estático. A pesar de que muchos alumnos intuyeron que la altura debía aumentarse, pocos pudieron dar un argumento coherente.

### Nivel medio parte 1: El solenoide

Con frecuencia se dibujó correctamente la disposición del campo del solenoide, pero pocos se dieron cuenta de que una barra magnética produce una disposición similar. Muchos indicaron simplemente “imán”, esperando quizás que el examinador comprendiera que querían decir “barra magnética”.

La suma vectorial de los campos hizo fracasar a la mayoría de los alumnos.

### Niveles superior y medio parte 2: Refracción

La mayoría de los alumnos fue capaz de dibujar correctamente la posición del frente de onda e identificó las distancias relevantes. Sin embargo, hubo dificultad generalizada con la demostración y muchos alumnos lo dejaron en blanco. Un enfoque incorrecto y corriente, sin usar el diagrama, fue utilizar la ley de Snell y la expresión  $n = \frac{c}{v}$ .

Los cálculos se realizaron frecuentemente bien.

## Pregunta 3

### Niveles superior y medio parte 1: Energía de enlace nuclear

Las definiciones de energía de enlace nuclear fueron, a menudo, pobres y realmente no podían calificarse como definiciones e.g. “la energía de enlace nuclear es la energía que enlaza los núcleos entre sí”.

En la versión francesa de la prueba, el número de nucleones fue traducido como número atómico. Esto se tuvo en cuenta y no pareció haber afectado a los alumnos, ignorando muchos la traducción incorrecta. De acuerdo con la Guía de la Asignatura, se espera que los estudiantes sean capaces de dibujar y rotular la curva de energía de enlace nuclear. En este sentido, debieran haber conocido los valores de los tres tipos de energías de enlace asociados con la curva; de hecho, los tres valores pedidos en la pregunta. Se dejó un margen de un grado

de latitud y un número significativo de alumnos proporcionó valores dentro de ese rango. Aquellos que dieron valores fuera de él, a menudo obtuvieron puntos ECF cuando dibujaron la gráfica asociada. Pocas veces resultó convincente el empleo de la gráfica para explicar la pérdida de energía en la fusión del deuterio.

### **Nivel superior parte 2: Interferencia de ondas**

Con frecuencia se indicó el principio de superposición en términos de suma de amplitudes, en lugar de desplazamientos. Además, no muchos alumnos cayeron en la cuenta de que las rendijas estrechas garantizaban el solapamiento de los frentes de ondas. Aparte de esto, el resto de la pregunta se respondió a menudo bien.

### **Nivel medio parte 2: Fusión del hielo**

El principal problema a la hora de responder a esta pregunta fue explicar la constancia de la temperatura durante el cambio de fase. A menudo se sacó a colación la ruptura de enlaces moleculares, pero fue raro ver una discusión en términos de energía cinética de las moléculas constante y energía potencial aumentando.

Aquellos alumnos que entendieron la diferencia entre potencia y energía realizaron bien los cálculos.

### **Nivel superior pregunta 4**

#### **Parte 1: Fusión del hielo**

El principal problema a la hora de responder a esta pregunta fue explicar la constancia de la temperatura durante el cambio de fase. A menudo se sacó a colación la ruptura de enlaces moleculares, pero fue raro ver una discusión en términos de energía cinética de las moléculas constante y energía potencial aumentando.

Aquellos alumnos que entendieron la diferencia entre potencia y energía realizaron bien los cálculos.

Hubo muchas explicaciones confusas en cuanto a la razón por la que el cambio de entropía asociado con la congelación del hielo es consistente con la 2ª ley, aún en aquellos alumnos que indicaron correctamente la ley en términos de cambio de entropía.

#### **Parte 2: El átomo**

En general, el conocimiento de la dispersión de partículas alfa fue bueno. Sin embargo, muchos alumnos tuvieron dificultades con la idea de niveles atómicos de energía y su relación con el espectro. O bien no mencionaron la emisión de un fotón en la transición y/o omitieron la relación  $E = hf$  en sus explicaciones.

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

Los alumnos deberían:

- dar definiciones precisas e inequívocas de las magnitudes físicas

- ser animados a leer cuidadosamente todas las preguntas de la Sección B antes de realizar su elección
- adquirir experiencia a lo largo del curso respondiendo preguntas de exámenes previos. Cuando se completa un tema concreto, debieran plantearseles preguntas (o apartados de preguntas) relevantes de pruebas anteriores para reforzar la comprensión del tema.
- ser aleccionados a presentar siempre todo su trabajo en las respuestas a preguntas numéricas.
- utilizar una regla para dibujar líneas rectas sobre diagramas o gráficos lineales.
- utilizar un lápiz para los diagramas y esquemas.
- no escribir a lápiz.

## Prueba 3

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-7	8-14	15-19	20-25	26-32	33-38	39-60

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-4	5-9	10-12	13-16	17-21	22-25	26-40

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

Como es habitual, hubo amplias diferencias en el rendimiento de los alumnos en las distintas opciones. Se presentaron muchos casos en los que parecía como si sólo se hubiera estudiado en detalle una Opción.

Aunque la Opción H fue muy elegida, la puntuación media tendió a ser inferior a la del promedio. Las dificultades están asociadas frecuentemente a la pobreza de los diagramas de rayos.

Las Opciones F y G permiten confiar en una buena comprensión de los conceptos básicos. Muchos alumnos parecían tener un conocimiento muy superficial de ellos y, por consiguiente, estuvieron en desventaja al abordar preguntas que requerían de su aplicación.

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

Sólo NM: Muchos eligieron la Opción A. En particular, la pregunta A2 (dinámica) se respondió bien.

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

## Sólo Nivel Medio

### Opción A: Ampliación de Mecánica

Fue, de lejos, la Opción más elegida.

#### Pregunta 1

Aproximadamente dos tercios de los alumnos obtuvieron una buena puntuación en esta pregunta, siendo capaces de proporcionar explicaciones satisfactorias de sus conclusiones. Sin embargo, algunos pensaron que en (a) la fuerza centrípeta era igual y opuesta a la fuerza gravitatoria. Otros consideraron que la rapidez constante implicaba ausencia de aceleración.

#### Pregunta 2

- (a) En (i) hubo muchas respuestas correctas. El error más común fue una interpretación errónea del gráfico. En la parte (ii) se presentaron muchas respuestas que no estaban basadas en una simple sustitución en una ecuación relevante del movimiento.
- (b) Algunos alumnos utilizaron  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ , a pesar de haber calculado un valor diferente en (a). En general, se encontraron pocos problemas en este apartado de la pregunta.
- (c) Los esquemas dibujados mostraron que había algunos alumnos que se daban perfecta cuenta de los efectos de la resistencia del aire. Sin embargo, hubo muchas tentativas poco realistas. Un error corriente fue mostrar que la velocidad horizontal sería mayor que en la situación en que no hubiera resistencia del aire.

#### Pregunta 3

- (a) La mayoría de los alumnos tenía alguna idea sobre lo que se preguntaba. Sin embargo, resultó normal encontrar que no había referencia alguna a que el escape es desde la superficie del planeta, o a que la velocidad de escape es un valor mínimo de velocidad. En (ii), un error frecuente fue utilizar el diámetro en vez del radio.
- (b) Con frecuencia, los enunciados de la ley carecían de una total explicación de los símbolos. Por ejemplo, se decía que  $R$  era el radio, pero no quedaba claro si se hacía referencia al del cuerpo o al de su órbita. En la parte (ii), se dieron muchas respuestas para el cociente  $\frac{T^2}{R^3}$  con sólo dos cifras significativas. Tras determinar dos de esos cocientes, las respuestas no incluían, a menudo, una conclusión.

### Opción B: Física cuántica y física nuclear

#### Pregunta 1

- (a) Las respuestas fueron muy variadas, poniendo de manifiesto una carencia de ideas claras. En particular, hubo dificultades en darse cuenta de las consecuencias de aplicar un voltaje constante. Esto puede haberse debido a no considerar cuidadosamente algún cambio en la energía y en el ritmo de llegada de fotones. En (i), se consideró que el aumento en la intensidad proporcionaba un aumento en la corriente, a pesar de no aumentar la energía cinética máxima de los fotoelectrones. En (ii), se consideró que una intensidad constante proporcionaba una corriente constante.

- (b) Debiera recordarse que cuando se establece la ecuación de energía para el efecto fotoeléctrico, la energía cinética es la máxima energía cinética de los fotoelectrones. En la parte (ii) hubo muchos cálculos claros y concisos.

### **Pregunta 2**

- (a) No se comprendió bien. Aquellos que asociaron la amplitud con probabilidad olvidaron frecuentemente el ‘cuadrado’.
- (b) Sorprendentemente, muchos alumnos no pudieron responder correctamente esta sección.

### **Pregunta 3**

- (a) Era esperable que esta sección fuese muy conocida. De hecho, hubo muy pocos enunciados satisfactorios. La mayoría de los alumnos parecían no tener comprensión alguna de esta parte de la pregunta.
- (b) Las respuestas parecían basarse en conjeturas.
- (c) De nuevo hubo muy pocas respuestas correctas. Parecía como si los alumnos ignoraran el hecho de que la constante de desintegración se define como la probabilidad de desintegración de un núcleo por unidad de tiempo.
- (d) Se encontraron pocas respuestas buenas. Sin embargo, numerosos alumnos se dieron cuenta de que el tiempo debería encontrarse entre tres y cuatro semividas y entonces supusieron una relación lineal. Se debería desaconsejar este procedimiento.

### **Opción C: Ampliación de energía**

#### **Pregunta 1**

- (a) En alguna medida aparecieron involucradas conjeturas, habida cuenta de las razones expuestas. Los razonamientos erróneos conducen a no obtener puntuación alguna.
- (b) Bien respondida.
- (c) Hubo muy pocas respuestas correctas. Parecía como si los alumnos estuvieran familiarizados con el cálculo del trabajo realizado cuando el área tiene una forma sencilla, tal como un rectángulo. Sin embargo, el concepto de ‘recuento de cuadrados’ resulta muy difícil.
- (d) Frecuentemente, las respuestas carecían de enunciados detallados. Una vez establecido que  $Q$  es cero, afirmaban que el trabajo realizado se manifiesta como un aumento en la temperatura. Más bien debiera haberse establecido que el trabajo realizado conduce a un aumento de la energía interna. Después se establecería la relación entre el cambio en la energía interna y la elevación de temperatura.

#### **Pregunta 2**

- (a) En general, se respondió bien a esta sección.
- (b) Hubo algunas respuestas buenas, pero los alumnos deberían asumir que los enunciados generales imprecisos no permiten obtener puntuación. Por ejemplo ‘existe el peligro de un accidente’ podría aplicarse a cualquier central eléctrica.

#### **Pregunta 3**

- (a) La mayoría de los alumnos pudieron distinguir una de otra. Sin embargo, algunos no leyeron la pregunta y no hicieron referencia a las transformaciones de energía.

- (b) Hubo algunas muy buenas respuestas y la pregunta discriminó bien entre alumnos competentes y no competentes. Los menos capaces no llegaron a comprender la naturaleza del gráfico.

### **Niveles superior y medio**

#### **Opción D: Física biomédica**

##### **Pregunta 1**

- (a) Como es normal en pregunta sobre escalamiento, algunos alumnos dieron respuestas claras y concisas, mientras que otros parecían no comprender los conceptos básicos.
- (b) Muy pocas respuestas enfatizaron el hecho de que el ritmo de producción de energía térmica de la persona más alta sería el mayor, llegando a la conclusión de que la pérdida por unidad de área debería ser mayor. Muchos alumnos basaron falsamente sus argumentos en el mismo ritmo de producción de energía térmica.

##### **Pregunta 2**

- (a) De nuevo en esta pregunta hubo algunas buenas respuestas, pero también algunas tentativas pobrísimas. La impresión obtenida era que algunos alumnos fueron pobremente preparados para responder preguntas de este tema.

##### **Pregunta 3**

- (a) Algunas respuestas no dejaban claro que los tejidos blandos difieren muy poco en su absorción de los rayos X y que la ‘papilla de bario’ es un absorbente mucho mayor, lo que proporciona contraste en la placa de rayos X.
- (b) Bien respondida.
- (c) El uso de un campo no uniforme es esencial para el funcionamiento correcto de la RMN, en lo que se refiere a la localización de la región que está siendo examinada. Parecía como si muchos alumnos pensaran que solamente hay un intenso campo magnético uniforme.

##### **Solo nivel superior pregunta 4**

- (a) La mayoría de los alumnos dieron la respuesta correcta a (i). Sin embargo, en (ii) las respuestas fueron decepcionantes. Aunque la mayoría se dio cuenta de que estaba involucrada la ionización, no quedaba claro que la densidad de ionización por unidad de longitud recorrida (o por unidad de volumen) es la que resulta importante.
- (b) La mayoría de los alumnos hizo referencia o bien a la densidad de ionización o a un posible mecanismo de reparación. Pocos se refirieron a ambos.
- (c) Hubo algunas buenas respuestas que se explicaron claramente. Algunos alumnos menos capaces no pudieron relacionar entre sí las dos semividas.

#### **Opción E: Historia y Desarrollo de la Física**

##### **Pregunta 1**

- (a) Aproximadamente el 50% de los alumnos dio una respuesta correcta.
- (b) Muy pocos alumnos se dieron cuenta de que los arcos eran el resultado de la rotación de la Tierra alrededor de su eje.

- (c) Hubo algunas buenas respuestas. Algunos midieron el ángulo barrido, mientras que otros utilizaron el arco y el radio. Muy pocos intentaron obtener un ángulo promedio. Muchos alumnos poco capaces, y de manera decepcionante, parecían no comprender el concepto que se estaba manejando. La pregunta permitió una buena discriminación entre alumnos de diferentes capacidades.

**Pregunta 2**

- (a) Con pocas excepciones, los alumnos tenían alguna comprensión básica del calórico. Sin embargo, esa comprensión no abarcaba la naturaleza autorepulsiva del calórico, o las diferentes capacidades de absorción de los distintos materiales. Por consiguiente, muchas respuestas a (ii) y (iii) eran triviales.
- (b) En general, los alumnos se dieron por satisfechos con un breve enunciado, a pesar de la asignación de tres puntos. Debiera comprenderse que para lograr la totalidad de los puntos es precisa la información básica junto con un argumento fundamentado en ella. Un enunciado breve se habría indicado con un punto y el verbo de acción habría sido diferente.

**Pregunta 3**

- (a) Esta sección demostró ser un buen discriminador en la que los alumnos menos capaces parecían no comprender lo que estaba involucrado. El modelo supone a los electrones en órbita a muy alta velocidad, por lo que da la impresión de un átomo sólido. Una respuesta corriente fue que los átomos son ‘autorepulsivos’.
- (b) En (i), muy pocos alumnos se dieron cuenta de que es la naturaleza cargada de las partículas lo que permite más fácilmente su detección. Algunos alumnos confundieron el descubrimiento del neutrón con la dispersión de partículas alfa. Muchos fallaron al explicar que los rayos emitidos originaban protones al ser eyectados sobre hidrocarburos.

**Sólo nivel superior pregunta 4**

- (a) La mayoría de los alumnos consiguió dos de los tres puntos al omitir alguna mención a la cuantización.
- (b) Las partes (i) y (ii) se respondieron normalmente sin mucha dificultad. Sin embargo, la parte (iii) originó problemas, pues muchos no se dieron cuenta de que la energía cinética viene dada por la expresión  $\frac{p^2}{2m}$ .
- (c) En muchos ejercicios esta sección no se abordó. Muy pocas respuestas incluían un enunciado aceptable del Principio de Incertidumbre.

**Opción F: Astrofísica**

**Pregunta 1**

- (a) La mayoría de los alumnos pudo proporcionar al menos un hecho relevante.
- (b) Había cuatro puntos disponibles, pero pocos alumnos los lograron plenamente. En muchos ejercicios, se decía que una constelación era simplemente un grupo de estrellas.

**Pregunta 2**

- (a) Hubo muchas respuestas buenas y completas. Algunos alumnos perdieron puntos porque simplemente hacían referencia a ‘abierto’, ‘plano’ y ‘cerrado’, sin explicar qué implicaban dichos términos.

- (b) Hubo muchas respuestas muy satisfactorias para esos cálculos. Cuando se obtuvieron respuestas ridículas, los alumnos las aceptaron sin ningún comentario.

### **Pregunta 3**

- (a) La mayoría de los alumnos obtuvieron al menos dos puntos en esta sección. Sin embargo, muchos no dieron suficientes detalles. Por ejemplo, en vez de indicar ‘cambios de luminosidad’, debieran haber comentado que hay fulguraciones rápidas y una disminución gradual de la luminosidad. Además, debiera haberse explicitado que la estrella es más luminosa cuando se expande.
- (b) La mayoría de las definiciones fueron completamente adecuadas. Sin embargo, hubo una minoría que no sólo falló al recordar la definición, sino que tenía poca idea del concepto. En (ii) hubo algunos cálculos correctos y claramente explicados. El error más común estuvo en la manipulación de las ecuaciones tras la sustitución del valor de  $M$ . Unos pocos no comprendieron el símbolo ‘lg’ como símbolo reconocido internacionalmente para ‘logaritmo en base 10’. En general, esos alumnos no estuvieron en desventaja en tanto que fueron incapaces de obtener un valor correcto de  $M$ , o sustituyeron incorrectamente en la ecuación dada.

### **Sólo nivel superior pregunta 4**

- (a) Aunque debería haberse recordado lo pedido, hubo pocas respuestas correctas. En efecto, las regiones marcadas indicaban frecuentemente que los alumnos tenían poca apreciación de la situación.
- (b) Muy pocos alumnos se dieron cuenta de que la luz tarda un tiempo en viajar de la galaxia a la Tierra. La mayoría intentó atribuir alguna propiedad especial al carbono para hacerle más caliente que su entorno.

### **Sólo nivel superior pregunta 5**

- (a) Con pocas excepciones, la parte (i) se completó exitosamente. En (ii), frecuentemente se marcó el Sol sobre la Secuencia Principal a temperatura demasiado alta. En (iii), normalmente el comienzo y el final eran correctos, pero el camino entre ambos era muy variado.
- (b) Muchas respuestas incluyeron una descripción de la evolución estelar. La mayoría constataron que la estrella se expandiría, pero pocos advirtieron que tendría más potencia aunque sobre un área mayor.

## **Opción G: Relatividad**

### **Pregunta 1**

- (a) En la mayoría de los ejercicios se dio una definición satisfactoria.
- (b) El error más habitual fue la no inclusión de un factor 2.
- (c) El rendimiento de los alumnos en la deducción propuesta fue decepcionante. A pesar de que se trata de una demostración ‘estándar’, muchos no se dieron cuenta de lo que se pedía, a pesar de lo estructurada que estaba la pregunta en el examen.

### **Pregunta 2**

Generalmente se hizo bien, aunque las explicaciones fueron frecuentemente menos que adecuadas.

### Pregunta 3

- (a) Aunque la mayoría comprendió que la masa en reposo involucra algo en reposo, las opiniones se dividieron entre si era el sistema de referencia el que estaba en reposo, o si era el objeto dentro del sistema de referencia
- (b) La mayoría comentó o bien sobre la velocidad próxima a la de la luz o acerca del efecto sobre la masa. Pocos relacionaron estos dos aspectos.
- (c) Hubo muchas respuestas que estuvieron explicadas adecuadamente. Sin embargo, una minoría significativa calculó la masa relativista total, en lugar del aumento de masa.

### Sólo nivel superior pregunta 4

- (a) En la parte (i) muchos fueron incapaces de proporcionar descripciones adecuadas. Se trata de una situación en la que un conocimiento a fondo de los aspectos básicos sería ventajoso. En (ii), algunos definieron una superficie más que un radio. La parte (iii) presentó muy pocos problemas. En la parte (iv), la mayoría reconoció el significado de la diferencia en las distancias, pero pocos presentaron un enunciado sensato. Muchos pensaron solamente que lo propuesto por la ciencia ficción sería factible.
- (b) La mayoría reconoció que las lentes gravitatorias estaban involucradas. Quienes dibujaron un diagrama alcanzaron, en general, la mayor puntuación. Debiera animarse a los alumnos a dibujar esquemas cuando resulte apropiado.

### Opción H: Óptica

#### Pregunta 1

- (a) Muchos indicaron que la luz consta de diferentes colores, pero demasiados pocos se dieron cuenta de que un espectro es una distribución de los constituyentes basada en el color o en la frecuencia.
- (b) Los diagramas resultaron, en general, aceptables. El error más habitual fue mostrar la dispersión exclusivamente en la segunda cara del prisma.

#### Pregunta 2

- (a) Muy pocos mostraron el bloque en la posición correcta. Muchos dibujaron la posición de tal modo que la refracción en el punto P resultaba totalmente imposible.
- (b) Hubo pocas respuestas correctas. Mayormente, se calculó un ángulo de  $49^\circ$  y se aceptó que ese era el ángulo crítico.
- (c) Los argumentos se vieron frecuentemente estropeados por un lenguaje pobre y no científico. Por ejemplo, el término 'más refractado' se utilizó en vez de 'un valor mayor del índice de refracción'. Debiera animarse a los alumnos a emplear el lenguaje científico.

#### Pregunta 3

- (a) La mayoría de los diagramas fueron muy pobres. Muchos ni siquiera prolongaron los rayos ya trazados en el diagrama. Muy pocos mostraron rayos paralelos emergiendo del ocular en la dirección correcta. Hubo, sin embargo, algunos diagramas muy buenos, indicando dónde se observaría la imagen final.
- (b) Las definiciones fueron pobres. Entre los que dieron la razón de los dos ángulos, muchos fallaron al mencionar que los ángulos eran subtendidos en el ojo. En la parte (ii), raramente se

encontró una deducción satisfactoria. Muchos pensaron que el aumento es  $\frac{f_e}{f_o}$ , en vez de su inverso.

(c) La mayoría hizo referencia al brillo de la imagen. Una minoría mencionó la resolución.

#### **Sólo nivel superior pregunta 4**

- (a) Muchos dieron una respuesta sencilla tal como ‘interferencia’. Muy pocos se dieron cuenta del significado a la vista del grado de ‘planitud’ de las placas.
- (b) Una mayoría hizo referencia al cambio de fase pero muy pocos discutieron también la anulación de la diferencia de camino geométrico.
- (c) Hubo algunas buenas respuestas a este cálculo. Sin embargo, muchos no apreciaron claramente la situación.
- (d) Muchos no reconocieron que se trataba de un ejemplo de interferencia en película delgada sino que, en su lugar, intentaron aplicar las leyes de la refracción. De entre los que discutieron la interferencia, muchos pensaron que los colores estarían presentes debido a la interferencia constructiva, más que su ausencia debida a la interferencia destructiva.

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

- Una inspección del coeficiente de ponderación de los objetivos evaluados, tal y como figura en la Guía indicaría que siempre habría un elemento de ‘memoria’ en las Pruebas. No sólo hace perder puntos comparativamente fáciles a los alumnos por no tener un conocimiento riguroso de los hechos, sino que también se perjudican a sí mismos, a la vista de las sugerencias y discusiones referidas a circunstancias con las que no están familiarizados.
- Cuando preparen una respuesta, los alumnos deberían considerar el número de puntos adjudicados y, en menor medida, el espacio previsto para la pregunta del examen.
- Cuando dibujen diagramas, particularmente en Óptica, deben hacerlos de calidad suficiente para mostrar los rasgos destacados.
- Cuando se solicite una deducción o una explicación, entonces un enunciado de la conclusión no fundamentado, o una conclusión basada en un argumento falaz, no puntúa.
- Cuando indiquen una ley, los símbolos necesitan ser explicados.