

## FÍSICA (IBAP & IBAEM)

### 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	40-49	50-59	60-70	71-100

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-15	16-26	27-37	38-48	49-56	57-68	69-100

### Evaluación interna

#### Bandas de calificación del componente

##### Nivel superior

<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

##### Nivel medio

<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 fue apropiado

La mayoría de los colegios presentan a los estudiantes de física del BI un programa práctico que resulta equilibrado e imaginativo. Hay evidencia del trabajo experimental en la mayoría de las áreas del programa, incluidas las opciones, y en áreas que no cubre el currículo del BI. Muchos proyectos del grupo 4 resultan interesantes y se puede afirmar que los estudiantes disfrutaron de su trabajo. No se dieron muchos casos de “rellenar los huecos” de las hojas de trabajo. Se realizaron muchos experimentos estándar que aparecen en los libros de texto y, en la mayoría de los casos, resultaron excelentes para la evaluación de los criterios de obtención de datos, procesado y presentación de datos, y conclusión y evaluación, pero no eran apropiados para los de planificación (a) y planificación (b). Algunos profesores necesitan darse cuenta de ello. Unos pocos colegios asignaron demasiado tiempo a alguna investigación. Por ejemplo, a un moderador le resulta difícil creer que la verificación de la ley de Hooke lleve 4,5 horas. Los profesores deben recordar que el tiempo asignado es sólo de horas de clase.

### Rendimiento alcanzado por los alumnos en cada uno de los criterios

Aunque la mayoría de los profesores comprenden claramente los cinco criterios, los dos que originaron más problemas fueron los de planificación (a) y conclusión y evaluación. Los profesores

necesitan tener en cuenta que, en planificación (a), los estudiantes deben especular sobre las relaciones o funciones de la investigación. Medir la gravedad o confirmar la conservación del momento no son propuestas de final abierto que permitan a los estudiantes tratar cada uno de los aspectos. Es necesario relacionar las conclusiones con la hipótesis original y analizar los datos de tal manera que confirmen o nieguen la pregunta inicial. Se pueden dar detalles de los tres aspectos a los estudiantes cuando escriban sus conclusiones y evaluaciones. La mayoría de los estudiantes flojean al expresar las limitaciones o las debilidades de su procedimiento. Necesitan pensar en el ámbito y en el alcance de sus investigaciones, así como en las suposiciones subyacentes.

En obtención de datos, la mayoría de los estudiantes obtuvo una evaluación positiva. Normalmente, los errores e incertidumbres se incluyen en las tablas de datos y se hacen breves comentarios sobre su estimación. Se presta atención a las cifras significativas.

Con frecuencia, el procesado y la presentación de datos se hacen correctamente, pero algunos aspectos aparecen más flojos. Muy a menudo, los estudiantes llevan a efecto cálculos, por ejemplo cuando determinan el índice de refracción midiendo los ángulos apropiados. Entonces, repiten el proceso cierto número de veces para distintos ángulos y promedian los numerosos valores obtenidos para el índice de refracción. Un método de procesado mucho mejor es representar gráficamente en función de los ángulos apropiados y utilizar el gradiente para determinar el índice de refracción. Esto eliminaría cualquier sesgo en los datos, proporcionaría una imagen visual de la distribución de los datos y, por lo tanto, de su calidad, y posibilitaría el cálculo de los gradientes máximo y mínimo. Aún hay algunos estudiantes que unen entre sí los puntos de un gráfico, cuando lo apropiado sería trazar la recta de mejor ajuste. Existen también gráficas en las que los datos sugieren una curva y, a pesar de ello, los estudiantes fuerzan el ajuste a la mejor recta. Debería animarse a los estudiantes a ampliar su destreza para representar gráficamente. Finalmente, algunos estudiantes de nivel superior utilizan los gradientes máximo y mínimo de una gráfica para calcular la incertidumbre del gradiente de la recta de mejor ajuste. Ello resulta esperanzador.

## **Recomendaciones y orientaciones para la enseñanza de futuros estudiantes**

- Es preciso que tanto los profesores que marcan las pautas de la investigación como los alumnos se den cuenta del carácter abierto de las investigaciones sobre planificación (a)
- Los proyectos del grupo 4 son con frecuencia el resultado del esfuerzo de todo un equipo y, como tal, no apropiados para la evaluación de ninguno de los cinco primeros criterios. Pueden servir para evaluar los criterios de Técnicas de manipulación y de Aptitudes personales (a), no sometidos a moderación
- El BI recomienda el uso de las TIC. Una mayoría de estudiantes presentan los informes de investigación utilizando un procesador de textos y muchos de ellos emplean programas de representación gráfica. Ello es una buena señal. Unos cuantos colegios utilizan para sus investigaciones el registro automático de datos y otros tantos, hojas de cálculo para procesarlos.
- Es necesario que los profesores y los alumnos sean conscientes de la diferencia entre lo que se espera (en función del programa) en el nivel medio y en el nivel superior, en lo que se refiere al tratamiento de errores e incertidumbres.
- En lo que a técnicas de representación gráfica se refiere, resulta necesario profundizar en su enseñanza, incluyendo el tratamiento de errores e incertidumbres en las gráficas.
- Se recomienda utilizar con continuidad el Centro Pedagógico en Línea del BI. Resulta evidente que muchos profesores están haciendo un buen uso de los recursos que proporciona, en especial de las investigaciones sobre planificación.

## Comentarios adicionales

Globalmente, resulta evidente que la mayoría de los profesores y estudiantes comprenden claramente la evaluación interna del programa de física, y que los criterios de EI se están aplicando de manera satisfactoria. La inmensa mayoría de los 4/PSOW y de los nuevos impresos 4/IA se han cumplimentado correctamente.

## Prueba 1

### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-10	11-13	14-17	18-19	20-23	24-26	27-39

### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-7	8-10	11-13	14-16	17-18	19-21	22-29

## Generalidades

Las pruebas de física de opción múltiple del BI están diseñadas para plantear preguntas que, principalmente, pongan a prueba los conocimientos de hechos, conceptos y terminología, así como de sus aplicaciones. Estos Objetivos de evaluación están especificados en la Guía. Debe advertirse que las preguntas de opción múltiple pueden referirse a comprobar definiciones y leyes sin necesidad de recordarlas por completo, pero que precisan de una comprensión de los conceptos subyacentes.

Aunque las preguntas pueden involucrar operaciones sencillas, es en la Prueba 2 y en la Prueba 3 donde los cálculos se pueden evaluar más apropiadamente. Las calculadoras resultan innecesarias para realizar 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.

Sólo un pequeño porcentaje del total de profesores, o de Centros, utilizaron los impresos de exámenes G2. En consecuencia, resulta difícil evaluar la opinión general, puesto que quienes enviaron los impresos G2 pueden ser sólo aquellos a los que, de alguna manera, las Pruebas les parecieron importantes. Las respuestas indicaban que las pruebas de mayo de 2006 fueron, en general, bien recibidas. La mayoría de los profesores que comentaron las Pruebas consideró que las preguntas eran de nivel apropiado. Sin embargo, una minoría significativa pensó que ambas Pruebas fueron muy exigentes. Tales exigencias pueden tenerse en cuenta cuando se establecen las bandas de calificación. Con pocas excepciones, los profesores consideraron que la Prueba cubría el programa de manera satisfactoria o buena. Cuando se comente la cobertura, debería tenerse en cuenta que ésta debe juzgarse conjuntamente con la Prueba 2. La mayoría de los profesores consideró que la presentación de la Prueba era satisfactoria o buena.

## Análisis estadístico

El rendimiento global de los candidatos 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 candidatos 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 candidatos 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 candidatos de capacidades diferentes. En general, un índice de discriminación alto indica que una gran proporción de los candidatos mejores identifica correctamente la clave, en comparación con los candidatos peores. Sin embargo, este puede no ser el caso cuando dicho índice es o alto o bajo.

### Prueba 1 NS análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de Dificultad	Índice de Discriminación
1	189	813	638	1180*	23	41.50	.43
2	321	83	2016*	421	2	70.91	.10
3	138	2462*		238	5	86.59	.07
4	1493*	374	643	326	7	52.51	.29
5	250	2258*	127	205	3	79.42	.37
6	1341*	838	341	309	14	47.16	.26
7	192	612	1673*	351	15	58.84	.38
8							
9	801	1421*	530	84	7	49.98	.55
10	493	85	1417*	834	14	49.84	.21
11	161	676	1345*	647	14	47.30	.43
12	69	456	1449	853*	16	30.00	.16
13	178	76	2416*	167	6	84.98	.22
14	1088	386	684*	671	14	24.05	.30
15	55	636	1883*	265	4	66.23	.35
16	16	308	594	1917*	8	67.42	.39
17	95	1320*	797	630	1	46.42	.54
18	269	1764*	355	430	25	62.04	.38
19	297	114	1112*	1318	2	39.11	.31
20	875	277	1474*	210	7	51.84	.15
21	263	721	118	1731*	10	60.88	.50
22	1996*	518	188	137	4	70.20	.31
23	176	426	835	1382*	24	48.61	.39
24	309	232	1797*	495	10	63.20	.45
25	177	279	2335*	48	4	82.13	.30
26	1791*	165	115	758	14	62.99	.021
27	119	1365	617	732*	10	25.74	.14
28	291	376	1931*	242	3	67.92	.16
29	1172*	476	505	661	29	41.22	.13
30	361	693	523	1247*	19	43.86	.51
31	238	770*	1084	705	46	27.08	.19
32	403	242	1668*	514	16	58.67	.41
33	756	301	479	1267*	40	44.56	.56
34	601	1237*	88	902	15	43.51	.16
35	1202	184	187	1247*	23	43.86	.52
36	371	1622*	630	196	24	57.05	.34
37	203	301*	177	2128	34	10.58	.04-

38	290	640	444	1438*	31	50.58	.44
39	1338*	341	916	203	45	47.06	.35
40	701	498	501	1101*	42	38.72	.32

Número de candidatos: 2843

### Prueba 1 NM análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de Dificultad	Índice de Discriminación
1	233	996	473	715*	32	29.19	.38
2	36	39	2352*	21	1	96.03	.06
3	140	2074*		232	3	84.68	.08
4	2034*	49	247	117	2	83.05	.26
5	361	1653*	352	80	3	67.49	.39
6	1075*	655	476	232	11	43.89	.25
7							
8	85	619	1512*	229	4	61.73	.35
9	767	928*	598	152	4	37.89	.44
10	404	1304	344	390*	7	15.92	.17
11	1046	820*	202	364	17	33.48	.17
12	38	54	1600*	747	10	65.33	.31
13	204	763	833*	636	13	34.01	.29
14	209	716*	1057	464	3	29.23	.49
15	706	1520*	176	41	6	62.06	.23
16	290	1179*	440	514	26	48.14	.40
17	175	1788*	220	256	10	73.00	.36
18	255	732	150	1305*	7	53.28	.50
19	273	314	163	1690*	9	69.00	.44
20	782	458*	599	591	19	18.70	.18
21	1144*	302	808	184	11	46.71	.37
22	160	1245	483	550*	11	22.45	.09
23	241	264	1594*	342	8	65.08	.24
24	1059	269*	648	459	14	10.98	.02-
25	277	1324*	413	422	13	54.06	.43
26	963*	377	426	656	27	39.32	.15
27	491	717	489	714*	38	29.15	.37
28	2073*	154	173	33	16	84.64	.29
29	1241	249	220	707*	32	28.86	.41
30	292	1242*	665	210	40	51.71	.33

Número de candidatos: 2449

### Comentarios sobre el análisis

*Dificultad.* Para los dos niveles, NS y NM, el índice de dificultad varía desde alrededor del 10% (preguntas relativamente “difíciles”), hasta algo más del 85% en NS y 96% en NM (preguntas relativamente “fáciles”). La mayoría de los ítems estuvieron entre el 30% y el 70%. Así pues, las Pruebas proporcionaron una buena oportunidad para que todos los candidatos obtuvieran alguna puntuación y, al mismo tiempo, proporcionaran una distribución adecuada de puntos.

*Discriminación.* Todas las preguntas menos una presentaron 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 candidatos o una pregunta con un alto índice de dificultad.

*Respuesta 'en blanco'.* En ambas pruebas, el número de respuestas en blanco tiene tendencia a aumentar en los últimos ítems. Esto puede indicar que los candidatos no tuvieron suficiente tiempo para completar sus respuestas, a pesar de la ausencia de comentarios de los profesores a propósito de ello. Aún así, ello no explica las respuestas 'en blanco' del principio de las pruebas. Debería recordarse a los candidatos 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 preguntas seleccionadas**

El rendimiento de los candidatos 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.

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

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

Los candidatos deberían darse cuenta de que la línea de mejor ajuste puede ser una recta o una curva, salvo que se les haya especificado que dicha línea es recta o es curva. En esta pregunta, resulta claro que la opción B presenta la línea de mejor ajuste de los puntos-dato. Sin embargo, la línea de la opción C podría pasar justamente por la zona de incertidumbre de todos los puntos. Por lo tanto, se aceptaron las opciones B y C.

#### **P7 NM y P8 NS**

Hubiera sido preferible haber indicado en el enunciado que el cohete “acelera hacia delante”, en vez de que “se mueve hacia delante”. Con la redacción actual de la pregunta, la opción A puede considerarse correcta si se eligen los puntos inicial y final adecuados. Por lo tanto, esta pregunta se ha descartado.

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

La pregunta tuvo un alto índice de discriminación y un índice de dificultad medio o por de bajo de la media. La pregunta pareció ser un buen test de comprensión del tema.

#### **P14 NM y P17 NS**

Los resultados indican que los candidatos más flojos necesitan que se les recalque que el grado Celsius y el grado Kelvin tienen el mismo valor.

#### **P22 NM y P27 NS**

Esta pregunta resultó difícil para los candidatos. La mayoría consideró que la opción correcta era la B. Evidentemente, consideraron únicamente el valor de las cargas e ignoraron la variación con la inversa del cuadrado de la distancia.

#### **P30 NM y P36 NS**

Un pequeño número de profesores realizó algunos comentarios indicando que los diagramas no eran buenos. Las estadísticas de NM y NS indican que quien comprendía el fenómeno tuvo poca dificultad, o no tuvo ninguna, para comprender las opciones.

## Preguntas NS

### P10

El índice de dificultad de esta pregunta fue de aproximadamente el 50%, con un índice de discriminación aceptable. Hubiera sido preferible indicar categóricamente que se trataba del trabajo hecho contra las fuerzas dadas. Sin embargo, los distractores descartan cualquier otra posibilidad y son claramente incorrectos.

### P12

La pregunta pide la rapidez de la piedra al tocar el mar. Muchos candidatos dieron la respuesta correspondiente a la velocidad vertical.

### P14

Los candidatos deberían darse cuenta de que, cuando un cuerpo se mueve verticalmente hacia arriba y la resistencia del aire es significativa, entonces la aceleración tendrá un valor mayor que  $g$ . Así pues, hay tan sólo una posible opción correcta.

### P32

No se puede determinar la polaridad de un pico individual. Lo que se sabe es que los dos picos tendrán polaridades opuestas.

### P33

La redacción del enunciado es correcta. La pregunta se refiere a una corriente r.m.s constante. Esto significa que la corriente raíz cuadrática media es constante y, en consecuencia, el pico de la corriente lo es también. El enunciado no indica que la corriente alterna sea constante.

### P34

Cuando se pide a los candidatos que dibujen tales diagramas, por lo general su claridad está muy por debajo de lo que es esperable. Con este ítem se pretendía probar la comprensión de los candidatos, sin involucrar para nada sus habilidades para dibujar. Las opciones A y C son claramente incorrectas porque la mayor desviación ocurre antes o después de llegar al núcleo. La opción D es incorrecta porque involucra un cambio en la dirección casi instantáneo i.e. la fuerza de repulsión actúa en un rango muy limitado de distancia.

### P37

Su índice de discriminación negativo indica un error conceptual muy frecuente. Concretamente, que para intensidad constante, la corriente fotoeléctrica es constante. La intensidad mide la potencia luminosa por unidad de área. Si la frecuencia aumenta, entonces la energía del fotón aumenta. Para una potencia por unidad de área constante, el flujo de fotones debe disminuir, originando un cambio en la corriente fotoeléctrica.

### P38

En la opción D, hubiera sido preferible indicar “un núcleo dado”. Sin embargo, el ítem tiene un índice de discriminación alto, lo que podría indicar que los candidatos no resultaron perjudicados.

## Preguntas NM

### P10

La pregunta se refería a una bola de acero, pero las opciones hacían referencia a una esfera. Sin embargo, eso no parece haber sido un problema para los candidatos. El bajo índice de dificultad fue debido a que los candidatos no se dieron cuenta de que el sistema abarca la bola/esfera y la placa. Este fenómeno se puede poner de manifiesto claramente por medio de la cuna de Newton – ¡el juguete para ejecutivos!

**P11**

La abundancia de respuestas de la opción A podría sugerir que los candidatos menos capaces consideraron únicamente la zona de carga del cable. El enunciado establecía claramente que la fuerza vuelve a un valor cero.

**P20**

A partir de los comentarios recibidos, podría parecer que se originó alguna confusión. El enunciado no se refería a la velocidad de una onda estacionaria. De hecho, eso sería incorrecto. Una onda estacionaria es el resultado de la interferencia de dos ondas viajeras moviéndose en sentidos opuestos, dentro de la misma región del espacio. La velocidad es la de cualquiera de las dos ondas viajeras que dan lugar a la onda estacionaria.

**P24**

Esta pregunta tuvo un índice de dificultad muy bajo y una discriminación negativa. La razón de ello es un error conceptual muy extendido entre los candidatos. La resistencia no se define como el gradiente de una gráfica  $V/I$ . Por el contrario, la resistencia se define como la razón entre la diferencia de potencial a través del componente y la corriente que lo atraviesa. Por lo tanto, cuando se utiliza una gráfica, debe determinarse la corriente  $I$  para una diferencia de potencial  $V$  dada y, entonces, el cociente  $V/I$  proporciona la resistencia para esos valores particulares de  $V$  e  $I$ .

**P29**

La mayoría de los candidatos respondió en términos del número de átomos presentes, en vez del número de átomos desintegrados. El uso de negritas en las preguntas de física es completamente intencionado y se limita a un mínimo, de modo que los candidatos deben comprender que cuando se utiliza es que tiene un significado propio.

**Recomendaciones y orientaciones para la enseñanza de futuros estudiantes**

Los candidatos deben abordar todas las preguntas. Cuando no sepan la respuesta correcta, deberían elegir aquella que consideren más probable. Debería enfatizarse que una respuesta incorrecta no da lugar a una deducción de puntos.

El enunciado debería leerse detenidamente. Parece que algunos candidatos no leen el enunciado completo y después, tras haber comprendido el significado general, cambian de opción. Los ítems de elección múltiple se plantean lo más brevemente que es posible. En consecuencia, toda su redacción es significativa e importante.

Después de decidirse sobre la respuesta correcta, los candidatos deberían comprobar que las otras opciones no resultan factibles.

**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	25-34	35-45	46-56	57-67	68-95



### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-4	5-9	10-14	15-20	21-25	26-31	32-50

Los comentarios recibidos en los impresos G2 fueron muy útiles a la hora de revisar las dificultades percibidas en la prueba de este año. Hay que ser muy prudente al sacar conclusiones firmes, dado el pequeño número de impresos recibidos de las dos pruebas. Sin embargo, la mayoría de los profesores de ambos niveles consideraron que la prueba había tenido un nivel similar a las de años anteriores. Más del 85% de las respuestas consideraban que las pruebas tenían un nivel de dificultad adecuado. La inmensa mayoría opinaba que la cobertura del programa, la claridad de la redacción y la presentación de ambas pruebas era o satisfactoria o buena.

### Generalidades

En ambos niveles, hubo algunos exámenes excelentes. Sin embargo, muchos candidatos, en especial del NM, encontraron difícil responder correctamente a las pruebas, a pesar de que había muchos puntos asequibles a aquellos candidatos que pugnaron con los aspectos más conceptuales del curso. Como se identificó el año pasado, a menudo los candidatos pierden puntos por culpa de las definiciones, que o bien carecen de precisión o están expresadas en lenguaje no científico. Un número significativo de candidatos perdió algunos puntos relativamente fáciles de lograr por culpa de líneas de mejor ajuste inaceptables en las preguntas de análisis de datos (A1). Se debe recalcar a los candidatos que la línea de mejor ajuste no es necesariamente una línea recta.

A menudo, los candidatos carecían de habilidades para la manipulación algebraica y también de la capacidad de dar explicaciones coherentes y científicas de fenómenos concretos.

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

El equipo de examinadores detectó también las siguientes áreas en las que muchos candidatos tuvieron dificultades:

- El trabajo con potencias de diez sigue ocasionando problemas, así como la manipulación de símbolos
- Conversión entre incertidumbres absoluta y relativa
- Potencial gravitatorio y energía gravitatoria
- Distinción entre frentes de onda y dirección de propagación de una onda
- Trazado acertado de patrones de campo magnético
- Deducción de la ecuación del gas ideal
- Diagramas de vectores
- Resolución de problemas de circuitos
- Esquematización aceptable de campos magnéticos
- Trabajo con la segunda ley de Newton en cualquier forma diferente a  $F = m a$
- Explicación de la formación de ondas estacionarias
- Inducción electromagnética

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

En general, los candidatos parecían estar bien preparados en las siguientes áreas:

- Resolución de problemas que involucren a la potencia
- Resolución de problemas de máquinas térmicas
- Sustitución matemática en ecuaciones dadas
- Diferencias entre ondas viajeras y ondas estacionarias
- Comprensión de “isótopo”, “semivida” y desintegración  $\beta$
- Comprensión de lo que se entiende por proceso isobárico

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

Hubo muchas preguntas comunes a NM y NS. Los comentarios que siguen están dispuestos siguiendo el orden de aparición de las preguntas en el NS. Las referencias cruzadas a la prueba de NM aparecen entre [paréntesis].

### Sección A

#### A1 [NS y NM] – *Pregunta sobre análisis de datos*

Muchos candidatos dibujaron una recta como línea de “mejor ajuste”. (Véase más arriba)

(b) [Solo NS]

Muchos candidatos lograron responder bien. Un error corriente fue proponer una representación de  $\lg(F/k)$  frente a  $n\lg x$ .

(c) [(b) NM]

Habitualmente se respondió bien, pero algunos candidatos no establecieron una conclusión basada en un cálculo del esfuerzo de ruptura.

(d) [Sólo NS]

Muchos candidatos no duplicaron el error porcentual.

(e) [NM (c)]

Resultó desafortunado que en la corrección de pruebas no se detectara el error de unidades presente en la pregunta ( $2,4 \times 10^{-2}$  cm, en vez de  $2,4 \times 10^{-2}$  m). De hecho, muchos candidatos leyeron la unidad como metros, y aquellos que no lo hicieron y utilizaron correctamente el área bajo la gráfica, obtuvieron una respuesta muy próxima a la respuesta dada en (i). Naturalmente, aquellos que usaron la fuerza media no tuvieron problema alguno. Desafortunadamente, un número significativo de candidatos no conocía ningún método de resolución. Un error habitual fue multiplicar el esfuerzo de ruptura por el alargamiento de ruptura. A menudo, el apartado (ii) se hizo bien.

#### A2 [Sólo NS] – *Potencial gravitatorio*

(a) Pocos candidatos obtuvieron los tres puntos de la definición, omitiendo muchos “por unidad de masa” o la referencia a la masa puntual/pequeña.

(b) Los candidatos menos capaces utilizaron la expresión para el potencial gravitatorio que aparece en el cuadernillo de datos y una combinación de  $r$ ,  $R$  y  $R_0$  con el mismo significado.

- (c) Con frecuencia se determinó correctamente el módulo de la intensidad del campo gravitatorio.
- (d) Un número muy grande de candidatos utilizó  $V$  en lugar de  $\Delta V$ . Muchos no pudieron determinar el trabajo o intentaron emplear  $mgh$ .

### A3 [NM pregunta B3 – parte 1] - *Gas Ideal*

Se trataba de una pregunta de libro.

Muchos candidatos respondieron bien, pero los menos capaces forcejearon con las parte (b) [NM(c)] y (c) [NM(d)], y muchos no abordaron la parte (c).

- (e) [Sólo NM] La mayoría de los candidatos fue capaz de calcular el valor correcto de la masa de gas.

## Sección B

### B1 [NM pregunta B1 parte 2] – *Potencia mecánica (NM y NS) y máquinas térmicas (NS)*

Fue una pregunta elegida muy frecuentemente en NM y totalmente en NS.

- (a) y (b) La mayoría de los candidatos respondió bien.
- (c) Resultó desafortunada la utilización del término “fuerza de rozamiento” en el enunciado mientras se empleaba el más correcto de “fuerza de resistencia” en la pregunta. Sin embargo, eso no perjudicó a los candidatos. La mayoría de ellos calculó bien el tiempo y el trabajo efectuado. Sin embargo, al calcular la potencia, muchos candidatos consideraron exclusivamente la fuerza gravitatoria.
  - Parte (iv) [Sólo NM] Con frecuencia se respondió bien.
- (d) y (e) [Sólo NS] Los candidatos menos capaces pasaron apuros con el cálculo de la aceleración y frecuentemente no sabían cómo empezar. Frecuentemente, los candidatos mejores obtuvieron puntuaciones altas y la mayoría de los candidatos calculó correctamente la rapidez en el extremo superior de la pendiente. Sin embargo, pocos candidatos se dieron cuenta de que si el automóvil estaba moviéndose con rapidez constante, entonces la fuerza de rozamiento es igual a la componente del peso dirigida hacia abajo del plano inclinado.
- (f) Pocos candidatos advirtieron que el verbo de acción es “explicar” y no mencionaron cuál proceso debía considerarse i.e. una compresión o expansión. Sin embargo, muchos candidatos reconocieron el proceso isobárico.
- (g) A menudo las flechas se dibujaron correctamente y la mayoría de los candidatos relacionó correctamente el área con la diferencia en las transferencias de energía. Sin embargo, muchas respuestas al apartado (iii) estaban frecuentemente equivocadas o resultaban incompletas. Un número significativo de candidatos consideró que una máquina de Carnot es eficiente al 100%.
- (h) Frecuentemente se hicieron bien los cálculos.

### B2 [NS (a), (d) (e) (f) y (g), NM B1 Parte 1] *Ondas*

[NS (b), (c), NM A2]

- (a) [NS y NM] La mayoría de los candidatos planteó una diferencia correcta entre ondas estacionarias y ondas viajeras, pero los candidatos menos capaces pasaron apuros para encontrar una segunda.
  - Estos últimos no supieron decidir qué ángulo utilizar y no se dieron cuenta de que la pregunta podía haberse respondido midiendo las longitudes de onda.
- (b) [NS y NM (A2 a)] En general, no se respondió bien y muchos candidatos dieron como razón que “las ondas se inclinan”.

- (c) [NS y NM (A2 b)] Los candidatos menos capaces no supieron decidir qué ángulo utilizar y no se dieron cuenta de que la pregunta podía haberse respondido midiendo las longitudes de onda.
- (d) [NM (b)] Se respondió pobremente. Los candidatos no advirtieron que el verbo de acción era “explicar”. Muchas respuestas resultaron anecdóticas y raramente se recurrió a principios físicos.
- (e) [NM (c)] En realidad, muy pocos candidatos respondieron la pregunta; aceptaron que el experimento había medido la rapidez  $v$  e indicaron una representación gráfica en términos de  $v$  y  $T$ , sin referirse a la frecuencia  $f$ .
- (f) [Sólo NS] Los diagramas resultaron frecuentemente vagos e imprecisos, y raramente se dispuso correctamente la fuente con respecto a los frentes de onda. Sin embargo, las explicaciones sobre la diferencia en la frecuencia oída por los dos observadores fueron normalmente correctas.
- (g) [Sólo NS] Las explicaciones sobre el término *frecuencia de pulsación* resultaron a menudo incompletas. En los cálculos, muchos candidatos utilizaron una versión aproximada a la ecuación correcta del efecto Doppler, pero claramente no comprendían lo que habían hecho. Además, muy pocos se dieron cuenta de que la onda incidente también experimenta desplazamiento Doppler.

**B3 [NM B3 Parte 2]    *Corriente eléctrica [NM y NS] y el efecto de las corrientes eléctricas***

- (a/b) Excepto el posicionamiento incorrecto del punto P del resistor variable, la única parte de los apartados que se respondió pobremente fue la correspondiente a la descripción y explicación de la forma de la curva característica del conductor Y. Muchos candidatos dijeron tan sólo que es no óhmica o que podría corresponder a una lámpara de filamento. No óhmica no explica la forma. A 240 V la gráfica de la lámpara de filamento no tendría esta forma en ese rango de voltaje y, por lo tanto, no proporciona una explicación adecuada.
- (c) [Sólo NS] En general se respondió bien.
- (c) [Sólo NM] Generalmente bien respondida.
- (d) [NM A3 (c)] (i) No se respondió bien. Pocos candidatos consideraron la naturaleza vectorial de los dos campos.
  - (ii) Cierta número de los candidatos menos capaces no colocaron flechas sobre los vectores o les dieron una dirección incorrecta. Muchos dibujaron  $B_w$  como hipotenusa.
  - (iii) Muchos candidatos respondieron bien, pero no convirtieron centímetros a metros.
- (e) y (f) [Sólo NS] Las respuestas fueron muy decepcionantes. El electromagnetismo es claramente una parte del programa que los candidatos encuentran difícil.

**B4 [NM B2]                    *Energía nuclear y desintegración radiactiva***

- (a) [NM (c) (ii)] El cálculo se hizo bien, en general.
- (b) [NM (f)] Los enunciados de la ley de conservación del momento eran, con frecuencia, incompletos. Fueron escasas las referencias a fuerzas exteriores, a la constancia del momento y al carácter cerrado del sistema.
- (c) [NM (g)] Por lo general se hizo bien.
- (d) [NM (h)] Hubo mucha confusión entre la conservación de la energía y la del momento. Sin embargo, los candidatos más preparados obtuvieron a menudo una puntuación alta.
- (e) [Sólo NS] Los candidatos mejores calcularon bien la longitud de onda de De Broglie, pero los menos capaces a menudo ni lo intentaron.
- (f) [Sólo NS] Un número significativo de candidatos respondió bien.

- (g) [Sólo NS] Pocos candidatos se dieron cuenta de que, para calcular la semivida del bario, debían utilizar la porción de gráfica en la que quedara poco cesio presente en la muestra.

**Preguntas adicionales de NM: -**

**A3 (a) y (b)]                    *Campos magnéticos***

- (a) Se presentaron muchos diagramas dibujados sin mucho cuidado, con líneas de campo entrecruzándose.
- (b) Muchos candidatos omitieron la palabra “barra”.

**B2 (a), (b) y (c)(i)            *Energía Nuclear***

- (a) Muchos candidatos creyeron que la energía de enlace es la energía que mantiene unido al núcleo.
- (b) No hubo problemas.
- (c) Un error de concepto habitual fue que era la masa de un núcleo de C-12.

**Recomendaciones y orientaciones para la enseñanza de futuros estudiantes**

Un tema corriente este año, como en años anteriores, fue la falta de precisión en la redacción de las respuestas y definiciones asociadas. Por ejemplo, los candidatos deberían dar definiciones precisas y sin ambigüedades de las magnitudes físicas y de los enunciados de las leyes físicas.

Un número significativo de candidatos (en particular de nivel medio) parecían no estar suficientemente preparados para este examen. Para estos candidatos, la experiencia no puede haber sido gratificante, ni esperanzadora.

Es importante que los candidatos se familiaricen con los verbos de acción. Por ejemplo, cuando el verbo de acción es “explicar”, el número de puntos y el número de líneas disponibles para responder debería alertar a los candidatos del hecho de que se pide algo más que recordar hechos para lograr una puntuación alta.

Como se ha sugerido otros años, el equipo de examinadores recomienda trabajar con pruebas anteriores (y con los esquemas de corrección asociados) para obtener una buena preparación. Ello no sólo familiarizará a los candidatos con el formato de los exámenes, sino que muchos lograrán obtener un buen conocimiento del nivel de detalle requerido y de las capacidades que se están evaluando.

**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	15-20	21-26	27-32	33-38	39-60

**Nivel medio**

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-5	6-10	11-14	15-18	19-21	22-25	26-40

## Generalidades

La mayoría de los candidatos pareció encontrar la prueba asequible y hubo muchos casos de buena comprensión del contenido. En general, los candidatos parecieron distribuir adecuadamente su tiempo y no hubo evidencia de que resultaran perjudicados por falta de tiempo.

La realimentación obtenida de los profesores a través de los impresos G2 para NM y NS puede resumirse como sigue:

### Nivel Medio

- El 70% encontró la prueba de un nivel similar al del último año, el 24% más fácil y el 6% más difícil. Globalmente, el 94% consideró que la prueba tenía un nivel adecuado y un 4% que era demasiado difícil.
- Alrededor del 51% consideró satisfactoria la cobertura del programa, el 3% pensó que era pobre y el 46% la encontró buena.
- Alrededor del 50% consideró satisfactoria la calidad de la redacción y el 50% buena.
- Alrededor del 36% consideró satisfactoria la presentación y el 64% buena.
- Como en años anteriores, las opciones más respondidas fueron la A (Ampliación de mecánica) y la H (Óptica).

### Nivel Superior

- Alrededor del 67% encontró la prueba de un nivel similar al del último año, el 21% más fácil y el 12% un poco más difícil. Globalmente, el 94% consideró que la prueba tenía un nivel adecuado y un 4% que era demasiado difícil.
- Alrededor del 35% consideró satisfactoria la cobertura del programa y el 62% la encontró buena.
- Alrededor del 40% consideró satisfactoria la calidad de la redacción y el 57% buena.
- Alrededor del 27% consideró satisfactoria la presentación y el 73% buena.
- Como en años anteriores, las opciones más respondidas fueron la H (Óptica), la F (Astrofísica) y la G (Relatividad).

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

Las áreas identificadas como difíciles por el equipo de examinadores fueron las siguientes:

- Descomposición de fuerzas en casos bidimensionales.
- Explicación de conceptos físicos de modo que se demuestre comprensión (e.g. argumentaciones basadas en la ley exponencial para la atenuación de la intensidad de rayos X transmitidos, explicación de porqué el tiempo medido por un reloj dado es el tiempo propio, transformación de Galileo).
- El concepto de tensión y sus propiedades de escalamiento.
- La utilización de las papillas de bario.
- La aplicación del principio de los momentos a una situación biomecánica.
- Similitudes y diferencias entre rayos catódicos, rayos luminosos y ondas.
- El modelo de Schrödinger.

- El concepto de paradoja de Olbers.
- El orden de magnitud de la frecuencia de la luz visible.
- Los anillos de Newton y la interferencia.
- Proporcionar suficiente profundidad y detalle en preguntas calificables con más de un punto. Esto resultó particularmente cierto en preguntas que involucraban a los verbos de acción “explicar”, “discutir” y “describir”.

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

Frecuentemente, la mayoría de los candidatos hizo bien los sencillos cálculos matemáticos. Muchos parecían bien preparados y capaces de proporcionar algunas respuestas excelentes que mostraban una buena comprensión de los conceptos, particularmente en las opciones de Astrofísica y Óptica.

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

Sólo NM

#### **Opción A – Ampliación de mecánica**

##### **Pregunta 1 Trayectoria de una pelota de golf**

La mayoría de los candidatos parecía capaz de abordar razonablemente el análisis de esta sencilla aplicación, aunque un número significativo de ellos confundió los movimientos horizontal y vertical. Algunos utilizaron la suma de vectores para calcular la velocidad inicial y, a continuación, usaron este valor en las ecuaciones para aceleración lineal constante. Un número significativo intentó sustituir correctamente las componentes verticales del movimiento en las ecuaciones para aceleración constante, pero olvidaron que el sentido de la aceleración es opuesto al de la componente vertical inicial de la velocidad. Aun cuando se cometieron muchas faltas en la primera parte, muchos fueron capaces de calcular el alcance de la pelota de golf.

##### **Pregunta 2 Una nave espacial**

Un número sorprendentemente pequeño de candidatos indicó claramente que la rapidez de la nave espacial cambiaba debido a la fuerza gravitatoria de la Tierra. Muchos dieron a entender que era el cambio en el “tirón” gravitatorio lo que provocaba un cambio de rapidez. Habitualmente, los candidatos terminaron correctamente el cálculo de la aceleración media, aunque un número significativo no reconocieron el sentido correcto.

La parte (a)(iii) se respondió pobremente y muy pocos candidatos fueron capaces de igualar la aceleración media con la intensidad media del campo gravitatorio. Habitualmente los candidatos

intentaron sustituir en  $F = \frac{GM_1M_2}{r^2}$ .

Con frecuencia se respondió pobremente al esquema final de la variación con la distancia al centro de la Tierra de la energía potencial gravitatoria de la nave espacial. Fueron errores corrientes suponer un campo gravitatorio constante y/o considerar que la energía potencial gravitatoria era cero en la superficie de la Tierra.

##### **Pregunta 3 Equilibrio de una viga**

Aunque sencilla, esta pregunta resultó un reto para muchos candidatos, lo que significa que pocos de ellos han sido expuestos suficientemente a problemas similares durante sus estudios. Solo unos cuantos candidatos se dieron cuenta de que la fuerza que actuaba sobre la viga, en el gozne, debía

tener componentes vertical y horizontal. Un número significativo, claramente probó suerte. Pocos de los candidatos que tenían la idea general correcta representaron la dirección con alguna precisión. Fue raro que los candidatos se dieran cuenta de que la dirección de la fuerza debía dirigirse hacia el punto medio del cable de sujeción.

### **Opción B – Física Cuántica y Física Nuclear**

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

El primer apartado pedía a los candidatos que explicaran las características de un gráfico que mostraba la variación de la corriente máxima con la intensidad de la luz monocromática. Habitualmente, los candidatos se limitaron a describir el gráfico y, por lo tanto, no obtuvieron puntuación. En el segundo apartado, muchos candidatos parecían saber, en general, que aumentando la frecuencia de la luz aumentaba la energía del electrón, pero resultó raro encontrar buenas gráficas que mostraran la variación de la corriente con la diferencia de potencial.

#### **Pregunta 2 Espectros atómicos**

El cálculo de la longitud de onda del fotón emitido como resultado de la transición entre dos niveles de energía, tendió a hacerse bien o no se resolvió. Algunos candidatos confundieron u olvidaron las unidades en sus respuestas.

#### **Pregunta 3 Radiactividad**

La pregunta pedía a los candidatos que calcularan la constante de desintegración y la semivida a partir de la actividad inicial de un número de átomos dado. Claramente, muchos candidatos no entendieron el significado de actividad y fueron incapaces de empezar los cálculos, pero aquellos que lo hicieron a menudo lograron una puntuación alta. Se perdieron algunos puntos por culpa de las unidades incorrectas. Muchos candidatos parecían no comprender qué se les preguntaba en el apartado final.

#### **Pregunta 4 Dispersión de partículas alfa**

Sorprendentemente, pocos candidatos fueron capaces de obtener algún punto en esta pregunta. Al esquematizar las trayectorias de las partículas  $\alpha$  moviéndose hacia los núcleos de oro, los candidatos no tuvieron en cuenta la dirección inicial indicada en el diagrama. A menudo las trayectorias se trazaron sin ninguna precisión. Sólo se ofrecieron explicaciones imprecisas sobre cómo el conocimiento de la energía cinética inicial de la partícula  $\alpha$  permite estimar un límite superior para el diámetro de un núcleo.

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

#### **Pregunta 1 Procesos termodinámicos**

Los candidatos tendieron o a responder la pregunta razonablemente bien, o parecieron estar conjeturando totalmente. Los que estaban adivinando tendían a responder las preguntas sustituyendo en fórmulas inapropiadas.

#### **Pregunta 2 Potencia del viento**

El cálculo inicial resultó demasiado difícil para muchos candidatos y pocos fueron capaces de sugerir una razón respecto al porqué es imposible extraer toda la potencia del aire. Habitualmente, los candidatos explicaban porqué necesariamente se perdería energía en los procesos de conversión, en vez de responder a la pregunta propuesta. Muchos candidatos sólo pudieron sugerir que las turbinas de viento no se situaban próximas entre sí por miedo a que las palas chocaran. A menudo los candidatos fueron capaces de sugerir ventajas y desventajas razonables de una turbina de viento frente a las plantas de energía nuclear, pero con frecuencia no supieron expresar esas ideas con ninguna claridad y en consecuencia perdieron puntos.



## **NM y NS conjuntamente**

### **Opción D – Física biomédica**

#### **Pregunta 1 Tensión en huesos**

Se esperaba que esta pregunta fuera bien respondida, pero un pequeño número de candidatos fue incapaz de hacer progreso alguno con el problema. Pocos relacionaron el máximo peso con la tensión en el hueso y muchos supusieron que el peso a soportar era únicamente el del hueso mismo.

#### **Pregunta 2 Intensidad de Sonido**

La mayoría de los candidatos no definió nivel de intensidad de sonido con precisión matemática alguna. Aquellos que lo hicieron, a menudo olvidaron identificar las variables que aparecían en la ecuación. En la parte (b), la mayoría de los candidatos fue incapaz de calcular el nivel de intensidad de sonido en el tímpano. Algunos pudieron calcular la potencia por unidad de área en el tímpano, pero no completaron el cálculo. Pocos identificaron los posibles problemas que podrían originarse debido a la alta intensidad.

#### **Pregunta 3 Absorción de rayos X**

La tendencia fue que los apartados matemáticos de esta pregunta se respondieron a un alto nivel, en tanto que, en las respuestas descriptivas, aún los mejores candidatos perdieron puntos debido a olvidos o unidades incorrectas. Con frecuencia, las respuestas descriptivas carecían de precisión y raramente hacían referencia al coeficiente de atenuación, aún cuando se pedía explícitamente en la pregunta.

ANS

#### **Pregunta 4 Biomecánica**

Una vez más, esta pregunta descriptiva tendió a ser respondida de manera superficial y, por ejemplo, muy pocos candidatos hicieron referencia al principio de los momentos cuando intentaron explicar porqué la ventaja mecánica del antebrazo es menor que uno.

#### **Pregunta 5 Efectos de las radiaciones ionizantes sobre el cuerpo**

La pregunta empezaba por preguntar a los candidatos que indicaran tres factores que afectan a la dosis absorbida y, claramente, algunos candidatos no comprendieron el término. Las respuestas a la siguiente pregunta sobre precauciones posibles incluían, a menudo, ideas correctas, pero proporcionaban información insuficiente. Resultó habitual que los candidatos fueran capaces de indicar dos precauciones, pero, desafortunadamente, muchos omitieron la explicación pedida en la pregunta.

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

#### **Pregunta 1 Movimiento orbital**

Muchos candidatos sabían que el modelo de sistema solar de Copérnico supone órbitas circulares de los planetas alrededor del Sol, mientras que el modelo de Kepler las supone elípticas. Tuvieron dificultades para encontrar una segunda diferencia. Muchos pensaban que uno de los modelos era geocéntrico y a menudo hicieron referencia a los epiciclos.

#### **Pregunta 2 Concepción aristotélica del movimiento**

Muchos candidatos fueron capaces de nombrar y distinguir entre movimiento natural y forzado, pero no relacionaron la trayectoria concreta mostrada en la pregunta con esas ideas más que de manera superficial.

**Pregunta 3 Experimento de Joule**

Esta pregunta pedía un resumen del procedimiento experimental y de las medidas tomadas en el experimento de Joule para determinar el equivalente mecánico del calor. Algunos candidatos no tenían seguridad de cómo se llevó a cabo el experimento, pero muchos perdieron puntos por no incluir todos los detalles relevantes.

**Pregunta 4 Rayos catódicos**

Muchos candidatos obtuvieron una puntuación razonablemente buena en esta pregunta descriptiva referida a un experimento de Crookes, pero un gran número de ellos no hizo referencia a las observaciones propiamente dichas. La parte final solicitaba de los candidatos que comentaran la conjetura de que los rayos catódicos pudieran ser una forma de luz. Muchos fueron capaces de explicar porqué esta idea estaba equivocada, pero pocos incluyeron una discusión respecto al porqué algunos físicos habían planteado inicialmente esa sugerencia.

ANS

**Pregunta 5 La fórmula de Rydberg y los modelos atómicos**

Un número sorprendentemente grande de candidatos fue incapaz de representar la transición entre los niveles de energía indicados, sobre el diagrama de niveles de energía electrónica que se daba en la pregunta. Muchos lograron realizar los cálculos que seguían a propósito de la constante de Rydberg. Sin embargo, fue corriente encontrar que se confundía  $n$  con  $m$ , por lo que resultaba un número negativo. En general los candidatos fueron capaces de enumerar algunas limitaciones del modelo de Bohr y algunas hipótesis del modelo de Schrödinger, pero con frecuencia perdieron puntos porque las respuestas no eran claras o resultaban ambiguas.

**Opción F – Astrofísica**

**Pregunta 1 Estrellas**

Esta pregunta trataba esencialmente de recordar hechos, pero a menudo los candidatos perdieron puntos y un número sorprendentemente grande no había estudiado esta información. Habitualmente, los candidatos sabían que debía haber alguna “fuerza” que impidiera el colapso gravitatorio, pero a menudo las descripciones no resultaban claras. Muchos candidatos dieron a entender que las estrellas binarias visuales podían verse como estrellas separadas sin la ayuda de un telescopio o unos binoculares. Quizás algunos candidatos conociesen los hechos, pero no lograron puntuar porque sus respuestas eran demasiado breves o ambiguas.

**Pregunta 2 La estrella Antares**

Muchos candidatos fueron capaces de completar todos los cálculos de esta pregunta sin dificultad. Sin embargo, hubo tendencia a perder puntos por omisión de unidades o por cifras significativas incorrectas. El apartado final, en el que se preguntaba a los candidatos que dedujeran el cociente entre el radio de Antares y el radio del Sol, resultó muy difícil para un gran número de ellos.

**Pregunta 3 La paradoja de Olbers**

Muchos dieron respuestas resumidas a esta pregunta y perdieron puntos al no incluir detalles relevantes. Muy pocos candidatos intentaron incluir argumentos cuantitativos. En el segundo apartado, los candidatos a menudo presentaron buenas sugerencias para refutar los argumentos de Olbers, pero esas ideas no se puntuaban si no estaban relacionadas con el modelo del Big Bang del Universo, como requería la pregunta.

ANS

#### **Pregunta 4 Evolución estelar**

Esta pregunta se respondió razonablemente bien. Habitualmente, los candidatos perdieron puntos en los dos apartados finales. Sorprendentemente, pocos candidatos fueron capaces de indicar que, en la estrella considerada, tras la fusión del hidrógeno debería comenzar la fusión del helio. Muchos pensaron incorrectamente que el producto final de fusión de la estrella era el hierro, a pesar de que la masa inicial era sólo cuatro veces la masa del Sol.

#### **Pregunta 5 Ley de Hubble**

Con frecuencia se perdieron puntos debido a falta de precisión cuando se pedía definir el símbolo  $v$  de la ley de Hubble. Algunos candidatos se refirieron a la velocidad de los objetos, planetas o el Universo contraponiéndolos a las galaxias. Muchos suponían claramente que la Tierra debía estar en el centro del Universo, en el que  $v$  se definía en términos de la rapidez de los objetos que se alejan de la Tierra. Pocos fueron capaces de mostrar comprensión de cómo utilizar la constante de Hubble (que estaba dada en  $\text{km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$ ) para calcular un valor de la edad del Universo en segundos o años.

#### **Opción G - Relatividad**

##### **Pregunta 1 Tiempo propio**

Las respuestas que dieron muchos candidatos a la pregunta sobre el tiempo propio ponían de manifiesto que tenían alguna noción del concepto, pero no expresaron sus ideas con la suficiente claridad como para obtener todos los puntos. La mayoría de los candidatos fueron capaces de calcular correctamente el factor  $\gamma$ , pero algunos multiplicaron el tiempo dado por este factor, lo que era incorrecto.

##### **Pregunta 2 Simultaneidad**

La mayoría de los candidatos fue capaz de establecer, correctamente, que los dos sucesos indicados no serían observados como simultáneos por el observador exterior al tren; pero, habitualmente, los candidatos no hicieron referencia a la constancia de la velocidad de la luz para explicar porqué ocurría así.

##### **Pregunta 3 Velocidades relativas**

Muchos candidatos sólo pudieron ofrecer una descripción imprecisa de la transformación de Galileo, pero a menudo fueron capaces de calcular la velocidad relativa, utilizando tanto la ecuación de la transformación de Galileo como la relativista. A menudo, se perdieron puntos por el tratamiento inapropiado de las cifras significativas. Casi todos los candidatos sabían que una velocidad relativa superior a la velocidad de la luz resulta imposible.

##### **Pregunta 4 Masa-energía**

Una vez más, pocos candidatos fueron capaces de ofrecer descripciones inequívocas de la diferencia entre la masa-energía en reposo y la energía total de la partícula. Pocos candidatos fueron capaces de completar satisfactoriamente los cálculos y muchos sintieron la necesidad de sustituir, incorrectamente, la velocidad de la luz por su valor numérico.

ANS

##### **Pregunta 5 Espacio-tiempo, lentes gravitatorias y agujeros negros**

Muchos candidatos parecían tener una comprensión razonable del concepto de espacio-tiempo, pero les resultaba difícil expresarlo por sí mismos. Las respuestas a las preguntas largas sobre lentes gravitatorias carecían, a menudo, de precisión, y los diagramas típicos mostraban trayectorias imposibles, o muy poco realistas, para los rayos de luz.

## Opción H Óptica

### Pregunta 1 La naturaleza de la luz

Sorprendentemente, hubo tendencia a responder muy pobremente a esta pregunta y pocos candidatos fueron capaces de hacer referencia a la propagación electromagnética de energía, o de recordar el orden de magnitud de la frecuencia de la luz visible.

### Pregunta 2 Refracción

Se presentó un número significativo de diagramas muy desordenados. Aquellos que tenían algún mérito, a menudo mostraban una buena comprensión de la refracción, pero se perdieron puntos por culpa de una incorrecta identificación de la posición de la imagen. Muchos fueron capaces de indicar que la imagen era virtual, pero no obtuvieron puntuación, puesto que la pregunta pedía a los candidatos que explicaran sus respuestas. Frecuentemente, los cálculos matemáticos finales se hicieron bien.

### Pregunta 3 Amplificación

Muchos obtuvieron alguna puntuación por sus diagramas de rayos, pero perdieron puntos por culpa de su poca precisión. Un número satisfactoriamente grande de candidatos fue capaz de proseguir con éxito los cálculos matemáticos de la amplificación global proporcionada por un microscopio. Algunos perdieron puntos en los últimos apartados porque fueron incapaces de combinar correctamente la ampliación producida por el ocular con la producida por el objetivo.

ANS

### Pregunta 4 Una película en cuña

En verdad, las buenas respuestas a esta pregunta escasearon. Pocos pudieron incluso identificar correctamente las superficies involucradas en la producción de franjas brillantes. Los detalles de cómo y por qué las ondas involucradas generaban una franja brillante fueron a menudo confusos, o se omitieron.

### Pregunta 5 El criterio de Rayleigh

Algunos candidatos comprendieron claramente el criterio de Rayleigh y fueron capaces de dibujar buenos esquemas de la distribución de intensidad. La mayoría de las respuestas carecían de precisión y algunos candidatos claramente estaban haciendo conjeturas. Los cálculos resultaron demasiado difíciles para la mayoría de los candidatos. Aquellos que progresaron algo, a menudo, dividieron por dos la separación de los faros sin hacer lo propio con el ángulo.

## Recomendaciones y orientaciones para la enseñanza de futuros estudiantes

Las recomendaciones del equipo de examinadores incluyen las siguientes ideas:

- Debe darse a los candidatos más oportunidades, durante el curso, para practicar con problemas tipo examen.
- Debe proporcionarse a los candidatos la lista de los verbos de acción, como se indica en el programa, y ayudarles con ella. Resulta claro que muchos candidatos no reconocen la diferencia entre, por ejemplo, indicar una respuesta y explicar una respuesta.
- Cuando utilicen un diagrama para ayudarse en la respuesta a una pregunta, debe animarse a los candidatos a prestar atención a la precisión del diagrama. Esto es particularmente cierto para los diagramas de rayos, ya que muchos candidatos ni siquiera utilizan un lápiz de punta fina y/o una regla.
- Se debe dedicar suficiente tiempo a responder las preguntas elegidas.