

FÍSICA

Bandas de calificación de la asignatura

Nivel superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 15	16 - 28	29 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 100

Nivel medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 14	15 - 27	28 - 38	39 - 47	48 - 57	58 - 66	67 - 100

Evaluación interna

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

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

Nivel medio

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

Ámbito y adecuación del trabajo entregado

Se ha comprobado ampliamente que la mayor parte de las escuelas imparten programas prácticos muy completos que abarcan una amplia gama de investigaciones. El uso de tecnologías de la información y la comunicación se ha generalizado; la mayor parte de informes de los estudiantes están elaborados con medios informáticos y las gráficas se presentan con ayuda de software especializado. Los profesores comprenden con claridad las expectativas administrativas y de evaluación interna, lo cual facilita el proceso de moderación. Las muestras de evaluación interna han estado bien organizadas y han sido fáciles de seguir. Las horas establecidas de trabajo práctico parecen no plantear problemas y se ha comprobado la cobertura adecuada del programa de estudios. Se recuerda a los profesores que las investigaciones pueden tratar temas ajenos al programa de estudios.

Algunas escuelas aún hacen que los alumnos planteen una hipótesis para sus investigaciones de diseño. Aun cuando no se prohíbe esta práctica, puede alterar el carácter abierto del diseño del estudiante. Además, cuando los alumnos conocen de antemano la teoría y ecuaciones pertinentes, la evaluación del diseño no siempre es la adecuada.

Los profesores deben tener cuidado al dar la variable dependiente en la idea de diseño. Ha habido casos en que se dio también a los alumnos la variable independiente. El proyecto del grupo 4 parece estar bien integrado en los programas prácticos. Una vez más, algunas escuelas proporcionaron evidencia de esto, aunque no es necesario (basta con una indicación de la fecha y las horas en el formulario 4/PSOW).

Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

Diseño

Los profesores han dominado el arte de proporcionar ideas de diseño. En unos pocos casos, sin embargo, las ideas no fueron las apropiadas, por ejemplo al pedir a los alumnos que diseñaran una investigación para medir la gravedad. Las buenas ideas de diseño son aquellas que hacen que los estudiantes busquen una función entre dos variables, y no un valor concreto. Debe recordarse a los alumnos que un diseño completo requiere que las variables estén definidas (y las afirmaciones imprecisas como “mediré el tiempo” han de ser explicadas). Las definiciones operativas ayudan también en el diseño de un método, algo que forma parte de la habilidad para controlar variables.

Obtención y procesamiento de datos

Los alumnos acostumbran a obtener los mejores resultados en la obtención y procesamiento de datos (OPD). Los datos en bruto siempre tienen una incertidumbre y los moderadores valoran una explicación breve de por qué el alumno da un determinado valor de incertidumbre, tanto para los datos en bruto como para los datos procesados. Al evaluar la OPD se espera que los alumnos hayan elaborado gráficas. Ha habido algunos casos en los que las gráficas habrían sido relevantes pero los alumnos se conformaron con realizar cálculos. Tales casos no pueden tener una nota completa en el aspecto 3 de la OPD. Los profesores han de ser conscientes de este requisito. Además, es importante que el alumno (no el profesor) decida qué cantidades representar gráficamente y cómo procesar los datos.

Conclusión y evaluación

Este puede ser el criterio más difícil en el que obtener la puntuación total, sobre todo en el aspecto 1. Los alumnos han de razonar más allá de los datos disponibles con el fin de proporcionar una justificación basada en una interpretación razonable de los datos. Esta reflexión puede basarse en la observación de los extremos del rango de valores, el origen de la gráfica o el corte en y para encontrar un significado físico. Los alumnos pueden incluso dar a la relación general algún tipo de interpretación física (quizá una hipótesis). Los profesores han de valorar este tipo de razonamientos para conceder la nota “completa” al aspecto 1 y con frecuencia los moderadores han tenido que rebajar una nota “completa” a “parcial”. Por último, si los alumnos llevan a cabo prácticas de laboratorio de física normalizadas y bien establecidas y se puntúa la conclusión y evaluación (CE), entonces es improbable que puedan encontrar debilidades o mejoras. La CE se puntúa de manera óptima cuando son los propios alumnos quienes han diseñado y llevado a cabo las investigaciones.

Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos

Los alumnos precisan de una comprensión clara de los criterios de evaluación interna (EI). Como ayuda, el profesor puede dar a los alumnos un ejemplar de una EI muy buena, que haya obtenido notas completas.

Los alumnos necesitan la formación relevante para dominar los aspectos de la EI. El trabajo en grupo, la orientación del profesor e incluso las revisiones entre pares pueden contribuir a esto, pero naturalmente en tales casos el profesor no tendría en cuenta la EI para una calificación IB en el 4/PSOW.

Es importante que el alumno trabaje en solitario cuando se evalúa el trabajo práctico. Esto no quiere decir, sin embargo, que otro alumno no pueda ayudar, por ejemplo dejando caer una pelota desde una cierta altura mientras el otro alumno mide el tiempo. Todas las medidas han de ser tomadas por el alumno al que se evalúa. En ocasiones, los moderadores se encuentran conjuntos de datos idénticos, lo cual despierta suspicacias.

Comentarios adicionales

Noviembre de 2010 fue un año de éxitos para la moderación de EI. La mayor parte de los profesores evaluaron el trabajo adecuado y asignaron las calificaciones adecuadas. Además, la mayor parte de los alumnos ha trabajado con esmero y ha elaborado buenos informes de laboratorio de física del nivel de enseñanza secundaria. De hecho, ha habido varias escuelas que han producido un trabajo excelente, casi pequeños trabajos de investigación. No obstante, se recuerda a los profesores que la investigación de diseño no pretende ser un proyecto de investigación.

La última sección contiene los consejos que se dan a los moderadores de EI de física. En general, los moderadores suelen mantener las notas de los profesores, pero en ocasiones mejoran o reducen las notas. Si los profesores han aplicado los criterios para cada tarea apropiada en buena fe, el sistema de moderación debería corroborar sus notas. El papel de los moderadores no consiste en aplicar sus propias teorías y prácticas caprichosas como profesores, sino en garantizar que las escuelas están aplicando los criterios dentro de los límites razonables según las descripciones oficiales. En otras palabras, los moderadores **buscan el error sistemático añadido al error aleatorio en la aplicación de los aspectos de los criterios**. Se aconseja lo siguiente a los moderadores.

Cuando los moderadores bajan la nota

Diseño

El moderador reducirá la nota cuando el profesor haya dado una pregunta de investigación claramente definida y/o las variables independientes y de control. El profesor puede dar a los alumnos la variable dependiente (siempre que haya una variedad de variables independientes que el alumno ha de identificar). Plantear al alumno el objetivo general de la investigación es correcto si los alumnos han modificado de forma significativa la idea o la pregunta del profesor (p. ej. haciéndola más precisa o definiendo las variables). El moderador reducirá la nota cuando se entregue una hoja de métodos que el alumno sigue sin ninguna alteración o si **todos** los alumnos utilizan métodos idénticos. Las investigaciones de laboratorio estandarizadas no son adecuadas para la evaluación bajo Diseño.

Obtención y procesamiento de datos

El moderador reducirá la nota cuando se proporcione una tabla con encabezados y unidades fotocopiada para ser simplemente rellena por los alumnos. Si el alumno no ha registrado las incertidumbres en ningún dato cuantitativo, entonces el máximo otorgado por el moderador será "parcial" por el primer aspecto. Si el alumno ha sido *reiteradamente inconsistente* en el uso de cifras significativas al registrar los datos, entonces lo máximo que el moderador puede otorgar será también "parcial" por el primer aspecto. En la física, los datos son siempre cuantitativos. Dibujar líneas de campo en torno a un imán no se considera OPD.

El moderador reducirá la nota cuando se proporcione una gráfica con los ejes ya nombrados (o se haya dicho a los alumnos qué variables han de representar) o cuando los alumnos sigan preguntas estructuradas con el fin de llevar a cabo el procesamiento de datos. Para la evaluación según el aspecto 3 de la OPD, se espera que los alumnos construyan gráficas. Para obtener la nota "completa", los puntos de dato sobre la gráfica deben incluir barras de incertidumbre y se debe calcular la incertidumbre en el gradiente de mejor línea recta. El método para obtener esto suele basarse en los gradientes mínimo y máximo utilizando los puntos de dato primero y último.

Conclusión y evaluación

Si el profesor proporciona preguntas estructuradas para guiar a los alumnos en la discusión, conclusión y crítica, entonces, dependiendo de lo concretas que sean las preguntas del profesor y de la calidad de las respuestas de los alumnos, la nota máxima será "parcial" para cada aspecto en el que el alumno haya sido asesorado. El moderador basará su juicio únicamente en los datos del alumno. La diferencia entre "parcial" y "completo" para el aspecto 1 de la CE implica la justificación de la interpretación de los resultados experimentales. Se trata de una tarea difícil, que puede requerir de la teoría física.

Cuándo no reducen la nota los moderadores

En los siguientes casos, el moderador respaldará la decisión del profesor, que es quien es más consciente de lo que espera de sus alumnos.

Diseño

Los moderadores no reducirán la nota cuando se hayan identificado con claridad las variables independientes y de control del procedimiento pero no se proporcionen en una lista aparte (se puntúa el informe completo y no hay obligación de **write up** según los encabezados de los aspectos). Los moderadores no reducirán la nota cuando haya una lista de variables y obvio en el procedimiento cuáles son independientes y cuáles controladas.

Los moderadores no reducirán la nota cuando cuando se den procedimientos similares (pero no idénticos palabra por palabra) para una tarea concreta. El moderador anotará no obstante un comentario sobre la mala adecuación de la tarea en el formulario 4/IAF. Los moderadores no solo valorarán la lista de material, sino que tendrán en cuenta el material identificado en un procedimiento detallado paso a paso. Recuérdese que los moderadores han de analizar el informe completo. Los moderadores no pedirán que se aporte la precisión +/- de los aparatos que aparecen en la lista de aparatos. Esto no se ha pedido nunca a los profesores y el concepto de registrar las incertidumbres está tratado en la OPD. Los moderadores no reducirán la nota de un profesor por el hecho de que no se haya listado material tan rutinario como las gafas de seguridad o las batas de laboratorio. Algunos profesores consideran esencial listar todo este material en cada ocasión mientras que otros profesores lo

consideran tan básico que su uso se da por sobreentendido. Los moderadores apoyarán la decisión del profesor en estos casos.

Obtención y procesamiento de datos

Si en un ejercicio extenso de obtención de datos que pueda tener varias tablas de datos el alumno hubiera mostrado incoherencias en las cifras significativas en un solo punto de dato o hubiera omitido las unidades del encabezado de una columna, el moderador no reducirá la nota por tales errores menores. Si el moderador percibe que el alumno ha demostrado haber prestado atención a estas cuestiones y ha tenido un descuido, el moderador puede mantener la nota máxima según la norma de que “completo no significa perfecto”. Se trata de un principio importante, ya que los buenos alumnos que responden de manera completa a una tarea extensa pueden ser penalizados injustamente en comparación con los alumnos que se enfrenten a un ejercicio simplista. Al alumno no se le reducirá la nota por no haber incluido observaciones cualitativas cuando al moderador no se le ocurra ninguna que habría sido relevante de manera obvia. El moderador no reducirá la nota por la ausencia de título en una tabla si es obvio a qué se refieren los datos. Con frecuencia, los alumnos hacen todo el trabajo difícil para la OPD y el profesor les quita un punto porque no han puesto título a la tabla. Excepto en investigaciones extensas, suele ser evidente lo que representa la tabla.

Los requisitos del tratamiento de los errores y las incertidumbres en física se describe en la Guía del curso y en el material de ayuda para el profesor. Tanto los alumnos del nivel medio como los del nivel avanzado serán evaluados según el mismo programa de estudios y bajo el mismo baremo de rendimiento.

Se espera que todos los datos en bruto incluyan unidades e incertidumbres. La medida mínima de cualquier aparato o la cifra menos significativa de cualquier medición es una indicación de la incertidumbre mínima. Los alumnos pueden hacer alusión a la precisión declarada por el fabricante, pero esto no es necesario. Al procesar los datos en bruto, han de procesarse también las incertidumbres (véase la Guía del curso, sección del programa de estudios 1.2.11).

Los alumnos pueden estimar las incertidumbres en las mediciones compuestas (\pm la mitad del rango), y pueden hacer sus propias hipótesis razonadas sobre las incertidumbres en el método de medida. Si las incertidumbres son lo suficientemente pequeñas como para ser despreciadas, el candidato deberá indicarlo.

Los gradientes mínimo y máximo deberán representarse en gráficas lineales utilizando barras de incertidumbre (utilizando los puntos de dato primero y último) cuando hay una sola cantidad. Este método simplificado se vuelve confuso cuando las dos cantidades representadas contienen barras de incertidumbre. El análisis de incertidumbre requerido habrá de ser diferente cuando las gráficas sean no lineales.

Si el alumno ha intentado claramente tener en cuenta o propagar las incertidumbres, entonces los moderadores respaldarán la puntuación del profesor incluso cuando puedan pensar que el alumno podría haber hecho un razonamiento más sofisticado. Si se demuestra la propagación en parte del trabajo de laboratorio, entonces se concenderá la nota “completa” aunque el análisis de errores no estuviera pormenorizado en cada detalle (siempre y cuando el alumno haya demostrado dominar el concepto de incertidumbre para tener la nota “completa”).

Los moderadores **no** penalizarán a un profesor o alumno por el hecho de que el protocolo no sea el que uno enseñaría. Por ejemplo, la incertidumbre de una balanza de platillos podría haberse dado como $\pm 0,01\text{g}$ mientras que se podría esperar que, al tener en cuenta la tara,

esa incertidumbre debería ser el doble. El proceso de moderación no es el momento en el que establecer un protocolo IB preferente.

Conclusión y evaluación

Los moderadores aplican con frecuencia el principio de que “completo no significa perfecto”. Por ejemplo, si el alumno ha identificado las fuentes más razonables de error sistemático, entonces el moderador puede respaldar la puntuación de un profesor aunque el moderador pueda identificar otra más. Los moderadores son un poco más críticos en el tercer aspecto cuando las modificaciones se refieren a las fuentes de error mencionadas. Si el moderador percibe que una tarea ha sido demasiado simple en comparación con el espíritu de los criterios, entonces se añadirán comentarios razonados en el 4IAF respecto a la falta de adecuación de la tarea, pero el moderador no reducirá necesariamente la calificación del alumno. Sí, esto implica que los alumnos pueden obtener notas altas en la OPD por trabajo muy breve con datos limitados pero, si han cumplido los requisitos del aspecto en ese ámbito reducido, el moderador respaldará la calificación del profesor.

El aspecto más arduo de la CE es la diferenciación entre “parcial” y “completo” bajo el aspecto 1: “Enuncia una conclusión y la justifica, basándose en una interpretación razonable de los datos”. Una justificación puede ser un análisis matemático de los resultados, que incluya una apreciación de los límites del rango de datos, pero también podría ser un análisis que incluya alguna interpretación o teoría física, incluso una hipótesis (aunque no se requiera una hipótesis). Es difícil obtener “completo” en la CE (aspecto 1) porque se exigen comentarios serios y razonados, más allá de un simple “los datos revelan una relación lineal y proporcional”. Véase el último párrafo en los comentarios de la Conclusión y evaluación de la Sección B anterior.

Comentarios generales sobre las pruebas escritas

Las pruebas de elección múltiple de física del IB se han diseñado para presentar, en general, preguntas que ponen a prueba el conocimiento de hechos, conceptos y terminología y la aplicación de estos. Estos objetivos de evaluación están recogidos en la Guía. Debe observarse que las preguntas de elección múltiple permiten poner a prueba definiciones y principios sin necesidad de recordarlos perfectamente, pero dominando los conceptos subyacentes.

Aun cuando las preguntas pueden requerir cálculos simples, los cálculos se evaluarán de forma más apropiada en las preguntas de las pruebas 2 y 3. Por ello, no se necesitan ni se permiten las calculadoras en la prueba 1.

En las pruebas 2 y 3 a veces se pide a los alumnos que escriban párrafos cortos para poder evaluar su comprensión de los temas. Resulta obvio de muchas respuestas que hay alumnos que han aprendido a enunciar definiciones y llevar a cabo cálculos, pero con escasa comprensión de la física subyacente. Esta falta de comprensión impide que los alumnos obtengan notas más altas.

Debería alentarse a los alumnos a dar definiciones precisas de las cantidades físicas. No son aceptables las definiciones enunciadas parcial o totalmente en términos de unidades.

Prueba 1

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 10	11 - 14	15 - 19	20 - 23	24 - 27	28 - 31	32 - 40

Nivel medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 15	16 - 18	19 - 20	21 - 30

Comentarios generales

Una parte de las preguntas es común a las pruebas NM y NS, con preguntas adicionales en la prueba NS que cubren de manera más extensa el programa de estudios.

Solo un pequeño porcentaje del número total de profesores o del número total de centros en que se celebró el examen devolvió los G2. Por ejemplo, en el NM hubo 16 respuestas de 162 centros. Por consiguiente, resulta difícil evaluar las opiniones generales ya que los que envían los G2 podrían ser solo aquellos que tienen objeciones importantes respecto a las pruebas. Las respuestas han indicado que las pruebas de noviembre de 2010 han gozado de una buena recepción. La mayoría de los profesores que hicieron comentarios sobre las pruebas consideraba que estas contenían preguntas de un nivel apropiado.

No obstante, algunos opinaron que las dos pruebas fueron un poco más exigentes que las del año anterior. Estas variaciones en el nivel de exigencia pueden compensarse al establecer las fronteras entre notas. Con una o dos excepciones, los profesores consideraron que las pruebas cubrían de forma satisfactoria o correcta el programa de estudios. Debe observarse que el equilibrio de la prueba es idéntico cada año y viene determinado por el equilibrio de horas lectivas que se establece en el programa de estudios.

Al comentar la cobertura del programa, ha de tenerse en cuenta que esto debe evaluarse en combinación con la Prueba 2.

Todos los profesores precibieron la presentación de las pruebas como satisfactoria o correcta.

Análisis estadístico

El rendimiento general de los alumnos y los resultados en las preguntas concretas se ilustran en el análisis estadístico de las respuestas. Estos datos vienen dados en las tablas siguientes.

Los números de las columnas A a D y "en blanco" son los números de los alumnos que eligieron la opción indicada o dejaron la respuesta en blanco. Se indica la clave de la pregunta (opción correcta) mediante un asterisco (*). El *índice de dificultad* (quizá sería mejor llamarlo índice de facilidad) es el porcentaje de alumnos que dieron la respuesta correcta (la

clave). Un índice alto indica pues una pregunta fácil. El *índice de discernimiento* es una medida de lo bien que la pregunta ha diferenciado a alumnos de habilidades diferentes. En general, un índice de discernimiento mayor indica una mayor proporción de alumnos mejor preparados que identificaron correctamente la clave en comparación con los alumnos menos preparados. Esto puede no cumplirse cuando el índice de dificultad es alto o bajo.

Análisis de las preguntas de la prueba 1 del NS

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discernimiento
1	84	73	157	511*	1	61.86	0.65
2	98	339*	284	103	2	41.04	0.65
3	10	57	55	699*	5	84.62	0.34
4	99	502*	115	106	4	60.77	0.48
5	527*	81	142	75	1	63.80	0.54
6	366	90	80	289*	1	34.99	0.48
7	44	485*	103	191	3	58.72	0.31
8	500*	44	230	50	2	60.53	0.47
9	123	596*	75	31	1	72.15	0.37
10	138	206	178	297*	7	35.96	0.42
11	555*	175	68	26	2	67.19	0.48
12	174	202	40	407*	3	49.27	0.57
13	69	29	74	653*	1	79.06	0.34
14	209	28	38	550*	1	66.59	0.45
15	398	148	112*	165	3	13.56	0.13
16	539*	95	156	34	2	65.25	0.59
17	27	672*	74	53		81.36	0.35
18	34	78	499*	213	2	60.41	0.51
19	35	56	604*	131		73.12	0.46
20	10	22	740*	51	3	89.59	0.24
21	81	392*	129	219	5	47.46	0.36
22	63	60	83	620*		75.06	0.48
23	169	214	27	414*	2	50.12	0.56
24	507	55	213*	50	1	25.79	0.09
25	438*	339*	24	22	3	94.07	0.08
26	45	355*	160	263	3	42.98	0.25
27	453*	158	159	48	8	54.84	0.64
28	23	739*	44	20		89.47	0.19
29	179	87	503*	55	2	60.90	0.47
30	470*	119	138	98	1	56.90	0.55
31	275*	175	297	76	3	33.29	0.36
32	453*	145	102	121	5	54.84	0.61
33	232	480*	34	78	2	58.11	0.53
34	244	201	201*	174	6	24.33	0.18
35	80	245	430*	69	2	52.06	0.54
36	35	279	250	251*	11	30.39	0.28
37	741*	20	41	19	5	89.71	0.21
38	189	102	417*	111	7	50.48	0.30
39	95	428*	202	94	7	51.82	0.55
40	26	602*	53	140	5	72.88	0.40

Número de alumnos: 826

Análisis de las preguntas de la prueba 1 del NM

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discernimiento
1	96	128	218	351*	1	44.21	0.57
2	20	440*	252	79	3	55.42	0.42
3	94	597*	59	43	1	75.19	0.32
4	491*	41	26	236		61.84	0.43
5	111	86	295	298*	4	37.53	0.48
6	32	636*	115	10	1	80.10	0.32
7	438*	95	172	89		55.16	0.54
8	532	81	54	125*	2	15.74	0.09
9	427*	65	243	59		53.78	0.55
10	94	73	417*	208	2	52.52	0.28
11	58	51	574*	109	2	72.29	0.43
12	398*	190	50	155	1	50.13	0.44
13	158	110	431*	93	2	54.28	0.51
14	68	110	319*	296	1	40.18	0.07
15	287	39	45	422*	1	53.15	0.45
16	48	73	472*	201		59.45	0.54
17	11	48	620*	112	3	78.09	0.37
18	44	326*	300	119	5	41.06	0.37
19	319	299*	82	92	2	37.66	0.31
20	379*	340	30	43	2	47.73	0.34
21	111	91	171	419*	2	52.77	0.60
22	163	291*	151	180	9	36.65	0.24
23	174	122	428*	67	3	53.90	0.54
24	24	684*	69	17		86.15	0.20
25	526*	147	49	69	3	66.25	0.38
26	54	72	578*	90		72.80	0.39
27	106	282	311*	90	5	39.17	0.51
28	51	348	198	192*	5	24.18	0.13
29	194*	420	29	149	2	24.43	0.32
30	224	105	334*	126	5	42.07	0.25

Número de alumnos: 794

Comentarios sobre el análisis

Dificultad

El índice de dificultad varía desde en torno a un 13% en el NS y a un 15% en el NM (preguntas relativamente "difíciles") hasta alrededor de un 90% en el NS y de un 86% en el NM (preguntas relativamente "fáciles"). La mayoría de las preguntas estuvieron en un rango entre el 30% y el 70%. Por lo tanto, las pruebas dieron a todos los alumnos la oportunidad de obtener buenos resultados y, al mismo tiempo, resultaron en una dispersión adecuada de las notas.

Discernimiento

Todas las preguntas obtuvieron un valor positivo en el índice de discernimiento. Idealmente, el índice debería ser mayor de un 0,2. Esto se logró en la gran mayoría de las preguntas. Sin embargo, un índice de discernimiento bajo puede no ser el resultado de una pregunta poco fiable. Puede también indicar un error conceptual común entre los alumnos o una pregunta

con un índice de dificultad alto. En ambos niveles, alrededor del 50% de los coeficientes de discernimiento estuvieron por encima de 0,40.

Respuestas “en blanco”

En las dos pruebas, el número de respuestas en blanco tiende a aumentar hacia el final del test. Esto puede indicar que los alumnos no tuvieron suficiente tiempo para completar sus respuestas, a pesar de que no ha habido comentarios de los profesores en tal sentido. Incluso en ese caso, esto no explicaría las respuestas en blanco en preguntas iniciales de las pruebas. Debe recordarse a los alumnos que no hay penalización alguna por una respuesta incorrecta. Por lo tanto, si no se conoce la respuesta correcta, deberían basar su decisión en su buen juicio. En general, algunas de las preguntas “de distracción” deberían poder ser eliminadas, quizá por argumentos de unidades o de simetría, lo cual reduce el elemento aleatorio al aventurar una respuesta.

Comentarios sobre preguntas seleccionadas

Las anteriores tablas estadísticas proporcionan el rendimiento de los alumnos en las preguntas individuales junto a los valores de los índices. Para la mayoría de las preguntas, esto proporciona de por sí suficiente información al analizar una pregunta. Por lo tanto, solamente se harán comentarios sobre una selección de preguntas, en concreto aquellas que ilustran una cuestión específica o en las que se puede identificar un problema.

Preguntas comunes del Nivel Avanzado y el Nivel Medio

Pregunta 8 del NM y pregunta 6 del NS

Una amplia mayoría de los alumnos optaron por A, lo que indica que tal vez se malinterpretó la pregunta como si se preguntara por el *cambio en la magnitud de los momentos*. Es importante señalar que esa interpretación no tiene relevancia física, mientras que la pregunta en cuestión se refiere a la fuerza de la pelota sobre la pared.

Pregunta 22 del NM y pregunta 21 del NS

Un número sorprendentemente alto de alumnos se mostró confundido por esta pregunta, resultando evidente que muchos simplemente respondieron al azar. El cruce de un campo eléctrico con otro magnético es la base de seleccionar la velocidad de las partículas cargadas, como puede deducirse de forma inmediata al igualar Bqv a qE . La carga se cancela, lo cual significa que si el electrón no se desvía, entonces la partícula alfa tampoco se desviará.

Pregunta 28 del NM y pregunta 36 del NS

Muchos alumnos pensaron que el hecho de que las cumbres de las curvas alcanzaran la misma intensidad quería decir que las temperaturas eran iguales (respuesta B). Parece que no se habría enseñado suficientemente la familia de curvas representadas por cuerpos de diferentes emisividades (pero con igual temperatura).

Preguntas del Nivel Avanzado

Pregunta 15

La respuesta mayoritaria de A revela un error conceptual respecto a lo que representan estos patrones de ondas estacionarias. De hecho, ¡la respuesta correcta fue la elegida por el

menor número de alumnos! La onda estacionaria es longitudinal y las moléculas de aire se desplazan en paralelo a los lados de la tubería. En los antinodos se desplazan con amplitud máxima, mientras que en los nodos (X) no se mueven (la amplitud es nula).

En los antinodos adyacentes las moléculas no están en fase, de modo que cuando una molécula a la izquierda de X se desplaza hacia la izquierda, entonces una partícula a la derecha de X se desplazará a la derecha, lo cual genera rarefacción en X; medio período después, los sentidos se invierten y se formará una compresión en X.

Los profesores deberían enfatizar el carácter dinámico de la onda estacionaria con la representación tradicional que consiste simplemente en una gráfica de la amplitud frente a la distancia.

Pregunta 23

Un razonamiento basado en la energía (con cancelación de las masas) nos lleva a D como respuesta correcta.

Pregunta 24

Los alumnos aparentemente habrían visto un diagrama similar que muestra las líneas de campo magnético alrededor de dos corrientes antiparalelas. Solamente podemos intuir que la mayoría eligió A porque “vieron” los dos objetos repeliéndose y supusieron que debía tratarse de cargas del mismo signo.

Los profesores deberían enfatizar la diferencia entre la información suministrada por las líneas equipotenciales y de campo. La relación entre ambas es análoga a la que hay entre el *gradiente de potencial* y la *intensidad de campo* y, por lo tanto, las líneas de campo siempre son perpendiculares a las equipotenciales. Todo candidato que represente las líneas del campo sobre el diagrama verá inmediatamente que la respuesta solo puede ser C. De forma equivalente, podrían haber observado que es posible acercar el par de objetos desde abajo sin cruzar ninguna línea equipotencial. Por consiguiente, ha de tratarse de cargas opuestas.

Pregunta 25

Se han considerado válidas tanto A como B, ya que la redacción era ligeramente ambigua. No obstante, la simetría del planteamiento al acercar una carga de test desde el infinito debería haber guiado a los alumnos a la respuesta correcta B.

Los malos resultados de los alumnos en las preguntas 24 y 25 indican que hace falta dedicar más tiempo a este tema.

Pregunta 31

El carácter *inmediato* de la fotoelectricidad es a menudo pasado por alto en los libros de texto. Es, sin embargo, parte de la evidencia de la naturaleza fotónica de la luz.

Pregunta 34

La estadística indica que incluso los mejores alumnos respondieron al azar. La relación entre la función de onda y la incertidumbre en el momento de una partícula está en el programa (13.1.12/3) y debe enseñarse.

Preguntas del Nivel Medio**Pregunta 14**

Un número sorprendente de alumnos eligió D, quizá pensando que si tiene menos energía, entonces necesariamente debe desplazarse más despacio. La energía de una onda, sin embargo, es una función de su amplitud, no de su velocidad.

Si la pared hubiera sido rígida, entonces "III únicamente" habría sido una respuesta correcta, pero al no haber tal respuesta, C es la única posibilidad y hemos de asumir que la pared no es rígida.

Pregunta 29

La mayor parte de los alumnos optó por B. Debe distinguirse claramente entre la fusión del hielo marino y la fusión del hielo de agua dulce al discutir el ascenso resultante en los niveles del mar.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Tenemos la convicción de que las preguntas de elección múltiple deberían utilizarse con asiduidad en el aula. Pueden servir para comprobar de forma eficaz la comprensión de un concepto por parte de los alumnos; pueden servir también para iniciar una discusión en grupo antes de enseñar un tema. Raramente hay una manera única de llegar a la respuesta correcta, por lo que sirven para alentar el pensamiento lateral y también lógico. Pensar "hacia atrás" además de hacia adelante y evaluar varias opciones posibles es una habilidad científica esencial.

Los alumnos deberían intentar responder a todas las preguntas. Cuando no sean capaces de dar la respuesta correcta, entonces deberían elegir siempre la opción que les parezca más probable. Debe insistirse en que una respuesta incorrecta no implica una reducción de nota.

El enunciado debería leerse con atención. Parece que algunos alumnos no leen el enunciado completo sino que, habiendo captado el sentido general, pasan a las opciones. Las preguntas de elección múltiples se enuncian con la mayor brevedad posible. Por consiguiente, todas las palabras son significativas e importantes.

Una vez decidida la respuesta correcta, los alumnos deberían comprobar que las demás opciones no son factibles.

Prueba 2**Bandas de calificación del componente****Nivel superior**

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 11	12 - 23	24 - 32	33 - 42	43 - 52	53 - 62	63 - 95

Nivel medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 6	7 - 12	13 - 17	18 - 22	23 - 26	27 - 31	32 - 50

Han sido muy pocos los centros que han devuelto los formularios G2 para este examen (diez formularios para el NS; 14 para el NM) y este nivel de devolución bajo hace difícil que los examinadores puedan juzgar la respuesta de los centros a las pruebas. Sigue siendo importante que quienes califican y redactan las pruebas tengan una noción de la acogida que reciben por parte de profesores y alumnos. Los examinadores animan a los centros a cumplimentar y devolver estos documentos importantes.

Un 55% de los formularios devueltos en el NM indicaban que la prueba P2 habría tenido un nivel similar al de la prueba de noviembre de 2009. Un 27% la encontró más difícil, mientras que un 9% la halló mucho más difícil. El nivel de dificultad fue calificado de apropiado por el 86% de los centros, mientras que un 14% lo calificó de demasiado difícil.

La claridad de contenidos fue considerada buena por un 65% de los centros mientras que un 14% la consideró mediocre. Las respuestas respecto a la cobertura del programa la señalaron como satisfactoria o buena, y la presentación de la prueba fue considerada buena por un 79%.

Las opiniones sobre la prueba P2 del NS fueron similares. Un 45% halló el baremo similar, mientras que un 11% y un 33% lo encontraron mucho más difícil y un poco más difícil respectivamente. El nivel de dificultad fue calificado de apropiado por un 70%, mientras que la cobertura del programa, la claridad de la redacción y la presentación fueron estimadas buenas por al menos un 70% de quienes respondieron.

Las estadísticas del examen han avalado algunas de estas percepciones. La nota media en cada uno de los componentes fue algo más baja que en noviembre de 2009, volviendo a los niveles de noviembre de 2008 y años anteriores.

Comentarios generales

Los alumnos continúan sin saber tener en cuenta la estructura de puntuación que se les presenta. Esto se hizo evidente tanto en las respuestas escritas como en aquellas que requieren cálculos. Se aconseja a los alumnos que piensen con atención las cuestiones diferenciadas que han de presentar al ofrecer una cadena de argumentos, bien sean matemáticos o descriptivos.

Los alumnos a veces no parecen ser conscientes de las diferencias entre los términos de instrucciones que se utilizan de manera exclusiva en las pruebas. Hay diferencias significativas entre las exigencias de las preguntas de tipo "indique que / determine / explique" y aquellas en que se les dice a los alumnos "calcule / resuma". Es imprescindible que en los tests de evaluación de los materiales de objetivo 3 los alumnos den respuestas claras, bien razonadas y lógicas. Con mucha frecuencia, los conceptos matemáticos aparecen confusos, mal estructurados y tratados con negligencia. Las respuestas con ese nivel de calidad no recibirán la puntuación máxima.

Los alumnos han de ser conscientes de que algunos componentes de los exámenes de física se califican sobre pantalla y no en papel. Esto tiene implicaciones para quienes participan en las pruebas. El trabajo debe realizarse en los espacios indicados en el papel y si un

candidato necesita continuar una respuesta en una hoja adicional, debería indicárselo al examinador de una manera clara y sin ambigüedades.

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

El equipo de examinadores identificó las áreas siguientes: -

- Resonancia
- Polarización (NS)
- Fuerza centrípeta y aceleración
- La necesidad de explicar los pasos de cada cálculo con claridad
- Los cálculos que implican potencial gravitatorio y energía potencial (NS)
- Los conceptos de corriente y electricidad (NM)
- Cálculos de mecánica

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

Se comprobó con satisfacción la demostración de las siguientes capacidades: -

- La comprensión de los principios del funcionamiento de los CD y DVD
- Los procesos nucleares
- Los cálculos de capacidad térmica específica y calor latente específico

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

Hubo muchas preguntas comunes a NM y NS. Los siguientes comentarios siguen el orden en que las preguntas aparecieron en el NS.

Sección A

A1 [NS y NM] Pregunta de análisis de datos

El contexto de esta pregunta fue trivial.

- a) (i) Bien resuelta. Casi todos los alumnos comprendieron la combinación de errores.
(ii) Solo los alumnos más flojos fallaron al tomar el valor de incertidumbre calculado en (a)(i) para trasladarlo correctamente a la gráfica.
- b) No se resolvió bien. Demasiados alumnos hicieron pasar sus líneas por el origen impreso, trazaron líneas que salían fuera de las dos barras de error en cada extremo del rango, o indicaron cambios bruscos de gradiente no realistas.
- c) Fueron muchos los que comprendieron la necesidad de comparar los cocientes de alguna manera e identificar que los cocientes no eran iguales para $n = 2$ o 4 . Sin embargo, algunos alumnos no fueron capaces de responder siquiera a esta pregunta.

- d) Este es un ejemplo de caso en el que se requiere una presentación clara y lógica para que los examinadores puedan comprender qué está pensando el candidato.

A2[NS] y B2 [NM] Densidad de energía

- a) Hubo unos pocos alumnos que definieron la densidad de energía como energía convertida por unidad de densidad, pero la mayoría dio como respuesta la energía liberada por unidad de masa, con una minoría que citó la energía liberada por unidad de volumen.
- b) (i) Una vez más, esta pregunta estuvo bien resuelta por la mayoría con algunos casos habituales de fallos en las cifras significativas y errores en el manejo de las potencias de diez.

[Solamente en el NS]

- (ii) Casi todos identificaron que el cambio de temperatura era de 20 K y supieron utilizar el valor previo de la salida de potencia. No obstante, las manipulaciones numéricas fueron flojas en ocasiones (lo cual a veces resultó en valores ridículamente grandes de la masa de aire que se desplaza por el calentador en un segundo).

[Solamente en el NM]

- (ii) Los argumentos fueron flojos y mal respaldados por los cálculos.
- c) **[Solamente en el NM]** Los alumnos tuvieron grandes dificultades para indicar las diferencias entre líquidos y gases. Se centraron muchas veces bien en la estructura molecular o bien en el movimiento, pero no en ambos, que es lo que se pedía en la pregunta.

A2 [NM] Mecánica

- a) La mayoría de los alumnos obtuvo una buena puntuación en esta parte.
- b) Hubo una incapacidad generalizada de resolver el paso intermedio correcto de evaluar la aceleración en la fase 2. Se asumió frecuentemente que la velocidad inicial era nula.
- c) Esta parte tan simple provocó problemas a muchos, que no supieron calcular las distancias recorridas en cada fase, o sumar estas correctamente.

A3 [NS] CD y DVD

- a) Muchos alumnos consiguieron tres o cuatro puntos en esta descripción bien comprendida.
- b) La deducción del resultado del cambio en la longitud de onda del láser que ocurre al pasar de un DVD a un disco BluRay fue floja. La mayoría solo supo identificar un incremento en el espacio de almacenamiento, pero los razonamientos al respecto fueron flojos o inválidos. Hubo pocos que señalaran el hecho de que la reducción en tamaño de los pozos abre la posibilidad de que haya más capas y pistas más cercanas, prefiriendo una alusión imprecisa a que "las pistas son más pequeñas".

A3 [NM] Corriente y electricidad

- a) Los diagramas de circuito del divisor de potencial fueron muy flojos aunque la mayoría logró predecir las posiciones correctas para el amperímetro y el voltímetro.

- b) Aquí la mayoría de los alumnos logró la puntuación máxima.
- c) Esta pregunta solo fue resuelta por los más avezados. Casi todos asumieron (incorrectamente) que la resistencia de X no variaba de $0,83 \Omega$ y llevaron a cabo un cálculo basándose en esto. Hay varias maneras de resolver el problema: quizá la más sencilla consiste en darse cuenta de que cuando la corriente es de $1,3 \text{ A}$, la diferencia de potencial en el resistor de $1,0 \Omega$ es de $1,3 \text{ V}$ y (de la gráfica) la diferencia de potencial en X será de $0,7 \text{ V}$ y que estas sumadas dan $2,0 \text{ V}$, la f.e.m. de la fuente.

A4 [NS] F.e.m. inducida

- a) La cadena de argumentación debería haber estado clara en las respuestas. Un enunciado correcto de la Ley de Faraday debería llevar a reconocer que la corriente produce un campo magnético, que este campo está variando, y que por consiguiente existe un flujo variable en el tiempo dentro de la bobina.
- b) Los alumnos supieron identificar la similitud de frecuencia ente las gráficas, pero en general no entendieron la relación entre las fases.
- c) Los alumnos no supieron superar el reto de esta pregunta ni de hecho interpretarla correctamente. Se les pidió que explicaran cómo puede utilizarse el voltímetro para comparar los valores de la corriente en diferentes cables. Esto implica considerar comunes a ambas mediciones tanto la distancia desde el centro del cable como la orientación. También implica que el candidato se percate de que la corriente es directamente proporcional a la lectura del voltímetro.

A5 [NS] y B1 Parte 2 [NM] El modelo de Rutherford del átomo

- a) Los alumnos que se basan en un diagrama en vez de una descripción escrita deben garantizar que sus dibujos aportan toda la información requerida sin ambigüedad. En este tipo de pregunta es también habitual ver que los alumnos repiten parte de la propia pregunta, lo cual no obtiene puntuación. Los alumnos tuvieron que distinguir entre las partículas alfa que pasan cerca del núcleo y las que pasan lejos y expresar las propiedades del núcleo deducidas de estas observaciones. Las descripciones fueron frecuentemente ilógicas y repetitivas.
- b) La mayoría de los alumnos supo escribir con seguridad sobre el carácter repulsivo de la interacción protón-protón y el carácter atractivo de la fuerza nuclear fuerte. Hubo pocos que dieran buenas explicaciones del equilibrio entre estas dos fuerzas o que describieran la situación energética (una manera mejor de responder). Los alumnos más flojos no supieron nombrar correctamente la fuerza nuclear fuerte.
- a) **[Solamente en el NS]** Muchos fueron capaces de identificar correctamente las partículas de la interacción, pero una minoría importante mencionó positrones y neutrinos.

[Solamente en el NM] La mayoría supo identificar correctamente la otra partícula.

Sección B**B1****Parte 1 [NS y NM] Péndulo simple**

- a) (i) y (ii) La identificación de los puntos A y V arrojó resultados dispares. Alrededor de la mitad de los alumnos obtuvo los dos puntos de la pregunta.
- b) Mal resuelta, evidenciándose muchos errores conceptuales. El principal problema fue que los alumnos no supieron asociar el efecto con la presencia de una fuerza centrípeta y tampoco supieron tratarlo en función de las direcciones y las sumas de las diversas fuerzas presentes.
- c) (i) Bien resuelta por muchos. No obstante, el uso de una ecuación de movimiento no es apropiado en este caso, ya que la aceleración no es constante.
(ii) Los alumnos que razonaron bien supieron alcanzar una respuesta correcta incluso habiéndose equivocado en la parte (b).
- d) (i) Las gráficas fueron flojas en general y hubo pocos que obtuvieran los dos puntos. Muchos alumnos se quedaron estancados. Las gráficas mostraron a menudo una amplitud decreciente frente al tiempo a pesar de que el eje x estuviera marcado como "frecuencia".
(ii) Hubo pocos que comprendieran el significado del término "resonancia" lo suficientemente bien como para poder describirlo en función de la gráfica.
- e) Una vez más, hubo pocos alumnos que basaran su respuesta en la gráfica. Algunos obtuvieron puntos por discutir los cambios en la amplitud.

B1 Parte 2 [solamente en el NS] Hipótesis de De Broglie

- a) Si bien hubo muchos que comprendieron que la hipótesis asigna propiedades ondulatorias a la masa, muchos perdieron el segundo punto por no saber definir los símbolos citados.
- b) Los alumnos respondieron bien y demostraron estar bien instruidos en las exigencias de este cálculo. No obstante, un número significativo dio soluciones completamente ininteligibles para los examinadores.
- c) Se pidió a los alumnos que utilizaran la gráfica de la intensidad del haz de electrones frente al ángulo de dispersión para mostrar que el diámetro de apertura de dispersión se ajustaba a la longitud de onda del electrón. La mitad de los alumnos aproximadamente lo logró, pero algunos perdieron puntos por omitir el factor de 1,22 de la ecuación de apertura circular.

B2**B2 Parte 1 [solamente en el NS] y B2 Parte 1 [solamente en el NM] Descargas de rayos**

- a) Muchos omitieron la referencia a una carga de prueba que es positiva.
- b) Hubo errores comunes como trazar las líneas de campo en sentido erróneo, omitir efectos de borde, y no trazar las líneas de campo que tocan las placas.
- c) **[Solamente en el NS]**
 - (i) y (ii) Estas partes se resolvieron bien.

(iii) Hubo una incapacidad generalizada para darse cuenta de que la diferencia de potencial media durante la descarga es la mitad del valor máximo (inicial) y esto hizo perder un punto.

[Solamente en el NM]

(i) Esta parte se resolvió bien.

(ii) La mayoría de los alumnos solo supo identificar una hipótesis asumida en el cálculo.

(iii) La estimación del tiempo de descarga se resolvió bien.

(iv) Hubo una incapacidad generalizada para darse cuenta de que la diferencia de potencial media durante la descarga es la mitad del valor máximo (inicial) y esto hizo perder un punto.

B2 Parte 2 [NS] Radiación de microondas

- a) Hubo pocos que fueran capaces de dar explicaciones completas y convincentes de cómo se forma la onda estacionaria. Un error común consistió en omitir la consecuencia de la reflexión en la placa metálica. En muchos casos no se describió, o se describió de forma deficiente, la superposición. También fueron deficientes los detalles de las relaciones de fase.
- b) (i) y (ii) Los alumnos demostraron sentirse muy cómodos con estos cálculos aunque el número de longitudes de onda en (i) fue a menudo incorrecto. Los errores de (i) se propagaron a (ii), permitiendo muchos casos de puntuación completa en esta segunda parte.
- c) Los examinadores se encontraron con muy pocas descripciones buenas de la demostración de la polarización. Hay varias técnicas disponibles, pero parece claro que o bien los alumnos no las han discutido o tienen dificultades con el concepto.

B3 [NS] y B3 Parte 1 [NM] Fisión nuclear

- a) (i) Una respuesta incorrecta habitual fue la 2.
 - (ii) Los alumnos supieron muchas veces desarrollar este cálculo hasta llegar a una conclusión correcta. Se trataba de una pregunta de tipo “muestre que” y los examinadores exigieron un nivel alto de explicación, que fue demostrado en muchos casos.
 - (iii) Las repuestas a esta pregunta fueron correctas en su mayor parte. No obstante, fue habitual la respuesta “Tiene energía más alta”. Ha de recordarse a los alumnos que tales afirmaciones son imprecisas. ¿Es el sujeto el neutrón inicial o el neutrón emitido?
- b) Los alumnos más flojos no supieron distinguir entre el papel del moderador y el de las barras de control.
- c) Se vieron muchos cálculos buenos, pero los alumnos más flojos llegaron a darse cuenta de que la potencia requerida del reactor era de 40 MW sin ser capaces de avanzar más allá.

[Solamente en el NS]

(ii) Si bien se entendió de forma imprecisa que se genera plutonio-239 en presencia de uranio-238, esto se expresó por lo general en términos físicos poco rigurosos y la puntuación fue relativamente baja.

[Solamente en el NS]

(iii) Las respuestas se centraron en muchos casos en el uso del plutonio en armas nucleares.

d) **[Solamente en el NS]**

(i) En muchos casos, se expresaron de manera deficiente e incompleta los significados de Q y W .

(ii) Algunos alumnos se confundieron con el enunciado de la primera ley de la termodinámica y citaron la segunda. Otros dieron explicaciones imprecisas e inválidas para la puntuación que mostraban que no se estaba respondiendo en el contexto del intercambiador de calor del reactor. La mayor parte de los alumnos no hizo siquiera un intento de cubrir los cuatro aspectos de la respuesta, a pesar del hecho de que hay dos intercambios que suceden en el reactor.

(iii) Al igual que en el apartado (ii) algunos alumnos no se centraron en el contexto deseado. Fue habitual no saber identificar todos los intercambios y variaciones de entropía, como en el apartado (ii).

B4

B4 Parte 1 [NS] B3 Parte 2 [NM] Colisiones

a) Cuando se pregunta “Indique el principio de la conservación del momento”, no se puntuará una respuesta de tipo “el momento se conserva”. El examinador necesita saber qué significa “conservar”. Muchos omitieron la afirmación de que no actúan fuerzas externas (o similar).

b) (i) Un análisis detallado de las respuestas mostró que alrededor de un tercio de los alumnos olvidó sumar la masa del perdigón a la masa total final del bloque.

(ii) Este cálculo en dos fases atrajo el mismo error que el apartado (i) y muchos errores con las potencias de diez por no fijarse en las unidades de masa de la pregunta.

c) **[Solamente en el NS]**

(i) Se pidió a los alumnos que determinaran el tiempo transcurrido en la caída al suelo y utilizar este tiempo para evaluar la distancia recorrida en horizontal. Muchos resolvieron esto con mayor o menor éxito.

(ii) Muchos alumnos presentaron diagramas esbozados de forma deficiente, con trayectorias iniciales no horizontales y con formas generales de las curvas que habitualmente no eran de tipo parabólico.

[Solamente en el NM]

Las descripciones de las transformaciones de energía fueron incompletas y mal redactadas. Hubo una incapacidad generalizada de darse cuenta de que el perdigón transfiere su energía cinética a varias formas distintas. Los alumnos se apresuran a atribuir la pérdida de energía al “rozamiento” sin indicar el origen de esta pérdida energética.

d) **[Solamente en el NM]**

La mayor parte de los alumnos fue capaz de completar este cálculo o de aproximarse mucho a la solución. Algunos olvidaron tomar la raíz cuadrada al llegar a la velocidad al cuadrado.

B4 Parte 2 [NS] Campo gravitatorio de Marte

- a) Algunos alumnos dieron una definición de potencial gravitatorio; es decir, relacionando la energía con la de una unidad de masa.
- b) En este apartado se dio a los alumnos la instrucción de utilizar la gráfica, y aquellos que usaron métodos no gráficos fueron penalizados.
- (i) Hubo muchas respuestas buenas con soluciones completas y bien presentadas.
- (ii) Fue habitual el uso de la ecuación del Libro de Datos para la intensidad de campo gravitatorio prescindiendo de la gráfica.
- c) Los examinadores valoraron la noción de que una variación desde R hasta $4R$ implica un incremento de g en un factor de 16.
- d) Malas explicaciones en las respuestas. Los alumnos se mostraron imprecisos respecto a si el potencial gravitatorio sobre la superficie de Marte es mayor o menor que el de Marte y los signos los confundieron. La mayoría fue capaz de discutir los tamaños relativos de las velocidades de escape, pero con argumentos muy débiles.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Las respuestas escritas adolecen de falta de precisión. Debe animarse a los alumnos a definir los términos y los símbolos.

El equipo de exámenes mantiene su recomendación de trabajar sobre pruebas de años anteriores (y los esquemas de calificación correspondientes) como una buena preparación para el examen. Los alumnos necesitan ser informados mejor de los matices de los términos de las instrucciones. Necesitan comprender mejor el nivel de detalle exigido, así como las habilidades que se evalúan. Debe animarse también a los alumnos a escribir de forma clara y legible, evitar el uso de lápiz y llevar siempre una regla al examen.

Prueba 3

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 6	7 - 13	14 - 19	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 60

Nivel medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
----------------------------	---	---	---	---	---	---	---

Puntuaciones: 0 - 3 4 - 7 8 - 12 13 - 16 17 - 19 20 - 23 24 - 40

Comentarios generales

Solo se recibieron 16 impresos G2 de los profesores del NM y 9 de los profesores del NS. Lamentablemente, este es un número muy bajo, sobre todo si se considera el número de centros que participan en el examen: 814 en el NM y 854 en el NS. Es por tanto difícil extraer conclusiones significativas de este número de respuestas. No obstante, en el NM hubo nueve profesores que consideraron que la prueba tenía un nivel similar a la del año pasado, cuatro que la consideraron un poco más difícil y uno que la consideró más difícil. 12 profesores consideraron el nivel apropiado y cuatro lo encontraron demasiado difícil. Todos opinaron que la cobertura del programa ha sido satisfactoria o buena. Solamente un profesor opinó que la claridad de la redacción era mala y todos opinaron que la presentación de la prueba ha sido satisfactoria o buena.

En el NS hubo cuatro profesores que consideraron que la prueba tenía el mismo nivel que la del año anterior y cinco que la consideraron más difícil. Siete profesores estimaron que el nivel de dificultad era el apropiado y dos lo estimaron como demasiado difícil. Solamente un profesor opinó que la cobertura del programa había sido mala, mientras que seis la consideraron buena. Los nueve profesores opinaron que la claridad de la redacción y la presentación han sido satisfactorias o buenas.

En la prueba de las preguntas de Opciones se dio el equilibrio habitual entre cálculos y explicaciones, que dependen de habilidades diferentes. Los primeros se resolvieron bien, pero resultó evidente de las respuestas largas que los alumnos no supieron expresarse con claridad y, por consiguiente, las notas fueron más bajas de lo necesario. Debe observarse también que los alumnos pueden alcanzar buenas puntuaciones aprendiendo correctamente las definiciones. Sin embargo, una mayoría de alumnos no parecía consciente de la importancia de las definiciones rigurosas y concisas.

Hubo diferencias significativas en la elección de opciones. En el NM, la Opción B fue muy popular, no así C. En ambos niveles, las diferentes combinaciones de Opción E (astrofísica), G (ondas electromagnéticas) y H (relatividad) fueron elegidas por un gran número de centros, mientras que las opciones F (comunicaciones) fueron elegidas raramente. En el NS, I (física médica) y J (física de partículas) tampoco fueron opciones populares, y solo unos pocos centros las eligieron en proporciones similares.

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

Los ámbitos identificados como difíciles por el equipo de exámenes fueron los siguientes:

- Disparador de Schmitt
- Inversión de población del láser
- Deducción de la condición de máximo de una red de difracción
- Interferencias en películas delgadas
- La transformación de Galileo como paso para deducir la dilatación temporal
- Momento relativista y energía
- El modelo estándar

- La libertad asintótica de los quarks
- Manejar proporciones
- Responder con suficiente profundidad y detalle a las preguntas que valen más de un punto. Esto es particularmente aplicable a las preguntas en las que se utilizan los verbos de acción “explicar”, “resumir” and “describir”.

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

- Cálculos simples
- Memoria factual

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

Solamente en el NM

Opción A – La visión y los fenómenos ondulatorios

A1 El ojo

(a) Hubo muchos alumnos que no definieron los puntos cercano y lejano o los definieron relacionándolos de forma incorrecta con la distancia al ojo. Sin embargo, en (b), muchos alumnos identificaron el papel desempeñado por los músculos (ciliares) al alterar la forma de la lente del ojo, aunque no siempre consiguieron expresar que esto modifica la longitud focal de la lente.

A2 Difracción y resolución

(a) Las distribuciones de intensidad se dibujaron bien en general, pero hubo unos cuantos alumnos que no trazaron las gráficas en contacto con el eje θ . Los pasos seguidos por los alumnos en la parte de cálculo fueron con frecuencia difíciles de entender.

En el apartado (b) hubo muy pocos alumnos que identificaran el papel desempeñado por la difracción en la resolución del planeta como disco.

A3 Ondas estacionarias y tubos de órgano

(a) La mayoría de los alumnos conocía la diferencia entre onda estacionaria y onda viajera, pero los diagramas del armónico fundamental y del segundo armónico fueron a menudo deficientes. El manejo de cocientes de (c) resultó imposible para muchos alumnos y hubo muy pocos que identificaran que siempre ha de haber bien un nodo o bien un antinodo en cada extremo de los tubos.

Opción B – Física cuántica y física nuclear

B1 Dualidad onda-partícula

En (a) (i), hubo muchos alumnos que mostraron con claridad que comprendían el concepto del modelo de Einstein y la existencia de una frecuencia umbral. No obstante, una minoría significativa de los alumnos mostró una comprensión muy limitada del tema. Aquellos que

respondieron correctamente a (i) no tuvieron problemas para responder correctamente al apartado (ii).

En (b), el problema de la energía cinética máxima se resolvió bien en muchos casos, pero el cálculo típico de la longitud de onda de De Broglie fue frecuentemente malo y muchos alumnos ni siquiera pudieron empezarlo.

B2 El espectro del hidrógeno atómico

En el apartado (a) hubo muy pocos alumnos que supieran cómo se produce y observa un espectro en el laboratorio. La conclusión a la que ha llegado el Equipo de Examinadores es que a pocos alumnos se les ha demostrado esto.

El cálculo en (b) se hizo por lo general bien.

B3 Desintegración radiactiva

Un número sorprendentemente alto de alumnos en (a) fue incapaz de identificar correctamente los productos de una desintegración β^+ . En (b), se cometieron muchas veces errores de unidades en (i) y en (ii) se vieron muchos casos de operaciones aritméticas muy extrañas.

Opción C Tecnología digital

Fueron raros los casos en que se respondió bien a esta Opción.

C1 CD y CCD

El apartado (a), que trataba de los CD (discos compactos), fue por lo general la parte mejor resuelta de esta pregunta. En el apartado (b) (i) un número sorprendentemente grande de alumnos no definió correctamente la capacitancia y en (ii) solo unos pocos alumnos completaron el problema correctamente; muchos alumnos ni siquiera lo empezaron.

C2 Amplificador operacional y disparador de Schmitt

Resulta evidente que los alumnos que eligieron esta opción no se habían familiarizado suficientemente con la resolución de problemas de circuitos que incorporan amplificadores operacionales.

Aparte del apartado (a) (i), la característica de voltaje, fue raro que esta pregunta se respondiera bien y la mayor parte de los alumnos mostraron escasa o nula comprensión del tema.

Opción D – Relatividad y física de partículas

D1 Véase H1

D2 Véase J1

NM y NS combinados

Opción E – Astrofísica

E1 Proción A y Proción B

Esta fue probablemente la Opción más popular.

En (a), un número alto de alumnos supo distinguir correctamente entre una constelación y un cúmulo estelar pero hubo muchas respuestas confusas en el apartado (b) al intentar explicar por qué P_A es mucho más brillante que P_B y también mucho más luminosa. La principal dificultad parece estar en decidir qué datos de la tabla eran relevantes para una explicación correcta. Las respuestas frecuentemente parecían indicar que muchos alumnos se sentían confusos respecto al significado exacto de “magnitud aparente”, “magnitud absoluta” y “brillo aparente”.

Muchos alumnos tuvieron problemas con el cálculo del apartado (c), al no darse cuenta de que bastaba con demostrar que $m - M$ tiene el mismo valor para las estrellas. La mayor parte de los alumnos identificó las razones por las que P_A y P_B podrían ser estrellas binarias.

Las respuestas al apartado (e) mostraron de nuevo la incapacidad de muchos alumnos para manejar cocientes. Un planteamiento habitual consistió en calcular L_A y L_B por separado, lo cual conduce a cálculos muy farragosos.

En lugar de tomar en consideración los datos disponibles, en el apartado (f) muchos marcaron al azar las posiciones de P_A y P_B sobre el diagrama H-R. No obstante, muchos alumnos identificaron correctamente la naturaleza de P_B .

E1 [solamente en el NS]

Cuando el apartado (f) se respondió correctamente, las trayectorias evolutivas en (h) se dibujaron correctamente en general.

Algunos alumnos tuvieron dificultades con el manejo de logaritmos en el apartado (i), pero un número significativo de alumnos identificó en (j) que Betelgeuse podría convertirse en una estrella de neutrones y que la presión de degeneración de neutrones condicionaría su estabilidad final.

E2 Modelo del Big Bang y corrimiento al rojo

Muchos alumnos mostraron en (a) que sabían qué significa el modelo del Big Bang, pero en el apartado (b) solo una minoría de alumnos demostró comprender la radiación de fondo de microondas y su relevancia para el modelo del Big Bang. En (b) (ii), no bastaba con decir que las galaxias se desplazan alejándose de la Tierra; Se exigía una afirmación de que el universo se expande.

E2 [solamente en el NS]

Los alumnos han de observar que si citan ecuaciones en sus explicaciones, entonces deberían definir los términos de las ecuaciones. En el apartado (c), hubo demasiados alumnos que perdieron puntos por no definir los símbolos de la Ley de Hubble. El apartado (d) se respondió correctamente por lo general.

Opción F – Comunicaciones

F1 Modulación

Esta opción fue elegida por un número reducido de alumnos.

En el apartado (a) la mayor parte de los alumnos fue capaz de enunciar qué quiere decir la modulación, pero el uso de los datos de la gráfica en el apartado (b) para determinar diversos aspectos de una señal y una onda portadora fue rara vez correcto y en muchos casos quedó sin respuesta.

El apartado (c), una ventaja de la modulación de frecuencia sobre la modulación de amplitud, se respondió con más confianza.

F2 Fibras ópticas

En el apartado (a) la dispersión material se confundió a menudo con la dispersión modal y esta confusión se propagó a las repuestas de los apartados (b) y c(ii). Los cálculos en el apartado (d) se hicieron muchas veces mal o no se hicieron en absoluto. El apartado (e), la transferencia confidencial de datos, se resolvió por lo general bien.

F3 [solamente en el NS] [NM C2] Amplificador operacional y disparador de Schmitt

Resulta evidente que los candidates que eligieron esta opción no se habían familiarizado suficientemente con la resolución de problemas en los que intervienen circuitos que incorporan amplificadores operacionales.

Aparte del apartado (a)(i), la característica de voltaje, esta pregunta rara vez se respondió bien y una mayoría de alumnos mostró un conocimiento escaso o nulo del tema.

Opción G – Ondas electromagnéticas

G1 Láseres

En el apartado (a) la mayoría de los alumnos supo qué querían decir los términos “monocromático” y “coherente”. Sin embargo, en (b) muchos alumnos no supieron interpretar el papel desempeñado en la producción de luz láser por el estado metaestable. El problema del apartado (iv) se respondió correctamente por lo general.

G2 Telescopio astronómico

En el apartado (a), al igual que en pruebas anteriores, los diagramas de rayos fueron en muchos casos deficientes. Hubo muchos alumnos que no supieron identificar las ubicaciones correctas de los dos puntos focales. En el apartado (b), los alumnos que se dieron cuenta de que la potencia de una lente es recíproca de su longitud focal tuvieron pocas dificultades con el problema del aumento angular. La mayoría de los alumnos conocía la aberración cromática y esférica del apartado (c).

G3 Red de difracción

Las respuestas al apartado (a) revelaron que un número alto de alumnos no estaba familiarizado con la deducción de la fórmula de la difracción. No obstante, en el apartado (b) la fórmula se aplicó por lo general bien.

G4 (solamente en el NS) Difracción de rayos X

Un número considerable de alumnos interpretó el cristal del apartado (a) como un tipo de red de transmisión, y/o tuvieron la impresión de que se producía refracción. Los cálculos del espaciado de red de (b) se hicieron correctamente por lo general.

G5 (solamente en el NS) Interferencia de película delgada

Un número apreciable de alumnos no intentó responder a la pregunta o lo hizo con respuestas muy flojas. Los alumnos que dieron respuestas acertadas utilizaron muchas veces, correctamente, un planteamiento basado en triángulos similares para determinar el diámetro del pelo del apartado (c).

Solamente en el NS**Opción H – Relatividad****H1 [NM D1]**

La mayoría de los alumnos fue capaz de trazar la trayectoria correcta de la luz en el apartado (a). Los apartados (b), (c) y (d) trataban de la deducción de la fórmula de la dilatación del tiempo y en ellos muchos alumnos tuvieron dificultades, recurriendo a respuestas al azar y a demostraciones recordadas a medias en vez de seguir el desarrollo lógico de las preguntas. El cálculo se llevó a cabo bien en muchos casos, pero con la confusión habitual entre tiempos.

Los apartados (f) y (g) estaban solamente en el NS y la contracción de longitud se calculó en general bien en (f). Hubo, sin embargo, muchos razonamientos confusos en la discusión de la desintegración del muon y su efecto sobre la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud. En pocos casos se intentó identificar los dos sistemas de referencia implicados, el de los muones y el de la Tierra. Como en años anteriores, muchos alumnos siguen teniendo la idea de que existe un sistema de referencia absoluto y por ello hablan de que el tiempo transcurre más despacio para los objetos en movimiento.

H2 Producción de pares y mecánica relativista

Fue raro encontrar soluciones correctas para los cálculos de esta pregunta. Como en años anteriores, los alumnos no parecieron familiarizados con el manejo de las unidades, confundiendo MeV c^{-1} y MeV .

H3 Relatividad general

En general, los alumnos obtuvieron mucho mejores resultados en esta pregunta, pese a que fallaron mucho en las ideas de la trayectoria más corta en el espacio-tiempo en (b)(i) y de la curvatura extrema en (b)(ii).

La sustitución en (c) se llevó a cabo correctamente por lo general.

Opción I – Física médica

Esta opción no fue popular.

I1 Intensidad de sonido

La definición de la intensidad en (a) (i) fue correcta por lo general, pero las definiciones del nivel de intensidad en (ii) a menudo adolecieron de falta de precisión.

En (b) la mayoría de los alumnos conocía los dos métodos por los cuales se amplifica la presión del sonido en el tímpano. Sin embargo, aunque se dieron algunas soluciones completas al problema de (c), muchos alumnos no llegaron a responder.

I2 Rayos X

La mayoría de los alumnos fue capaz de definir correctamente el espesor hemirreductor en (a), pero muchos tuvieron dificultades con las exponenciales de (b) y, por ello, no supieron responder adecuadamente al apartado (c).

En (d), se indicaron muchos mecanismos físicos, a menudo correctos, diferentes de la dispersión, responsables del desenfoque de la imagen. Sin embargo, no se conocía el método de usar un colimador de plomo para solucionar el desenfoque. En (e), los optimizadores de imagen se describieron bien en algunos casos, mientras que en otros se quedaron sin respuesta.

I3 Uso de los láseres

Los alumnos o bien conocían la pulsioximetría o bien no la conocían.

I4 Dosimetría

En el apartado (a), la mayoría de los alumnos conocía la diferencia entre dosis absorbida y equivalente de dosis. No obstante, aunque hubo algunas soluciones completas de (b) (i), muchos alumnos no llegaron a responder. Se obtuvieron mejores resultados en los apartados (ii) y (iii).

Opción J – Física de partículas

Esta opción no fue popular.

J1 (NM D2) Leptones y mesones

Esta fue la pregunta mejor resuelta de la opción. Sin embargo, resultó evidente que algunos alumnos habían intentado tomar esta opción como último recurso y que realmente no la habían estudiado en profundidad.

El apartado (a) se resolvió por lo general bien, pero en los diagramas de Feynman de (b) raramente se mostró la partícula virtual. Hubo un número significativo de alumnos que mostró un buen conocimiento de la estructura de quarks, de las leyes de conservación y del Principio de Exclusión de Pauli.

En el apartado (f) (**solamente en el NS**), la unidad MeV c^{-2} causó dificultades a algunos alumnos.

J2 Aceleradores de partículas

En el apartado (a), hubo muchos alumnos que mostraron una buena comprensión del ciclotrón, pero las respuestas en (b) mostraron que el sincrotrón se había comprendido peor. En el problema hubo pocos alumnos que se percataran de que la masa en reposo del protón tenía que ser tenida en cuenta. El apartado (d) sobre el uso del factor de Boltzmann se resolvió bien o se dejó sin respuesta.

J3 El modelo estándar

Un número significativo de alumnos dejó la pregunta sin respuesta. De entre los alumnos que intentaron responderla, hubo muy pocos que tuvieran nociones de la dispersión inelástica profunda.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

- A los alumnos se les deben dar definiciones precisas e inequívocas de las cantidades físicas.

- A los alumnos se les debe proporcionar la lista de términos de instrucciones tal como se detallan en la Guía. La interpretación de los términos debe serles explicada. Resulta evidente, por ejemplo, que muchos alumnos no conocen la diferencia entre “indique” y “explique”.
- Los alumnos deben tener en cuenta que en sus respuestas a las preguntas que empiecen con el término de instrucción “mostrar”, deben detallar el razonamiento con claridad y de forma lógica, explicando también los pasos del cálculo.
- A los alumnos se les deben dar muchas oportunidades durante el curso para practicar las preguntas de los exámenes de pruebas anteriores.
- A los alumnos se les debe advertir de la necesidad de prestar atención a la puntuación de cada subpregunta y al número de líneas que se proporcionan para la respuesta, ya que estas son un buen indicio del nivel de detalle esperado en la respuesta.
- Se debe dedicar el tiempo necesario para cubrir en profundidad las Opciones elegidas. No se recomienda que los alumnos estudien una opción por sí solos, pero en el caso de que alguno lo haga, su progreso habrá de ser seguido por el profesor.