

Informes generales de la asignatura, mayo de 2016

Física

Límites de calificación de la asignatura

Nivel Superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-13	14-25	26-35	36-44	45-54	55-65	66-100

Nivel Medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-13	14-23	24-33	34-43	44-54	55-64	65-100

Evaluación interna del Nivel Superior y del Nivel Medio

Límites de calificación del componente

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-3	4-6	7-10	11-13	14-16	17-19	20-24

Ámbito y adecuación del trabajo entregado

Los alumnos cubrieron un amplio espectro de trabajos prácticos, desde los más básicos hasta los más impactantes. En un extremo se situaron una evaluación interna en la que se medía el efecto que tiene el voltaje sobre una corriente para una resistencia fija, otra sobre la velocidad de impacto de una pelota en caída libre en relación con la altura y otra en la que se determinaba una constante elástica. Estos trabajos prácticos eran demasiado básicos y superficiales para poder obtener buenas puntuaciones en Exploración. A veces, los profesores permitieron que

los alumnos siguieran alguno de los trabajos prácticos prescritos. Estos consisten en requisitos genéricos de trabajo práctico, en el sentido de que los detalles de metodología y técnicas se dejan en manos del profesor o el alumno. Así, un requisito de trabajo práctico puede servir de punto de partida para una evaluación interna, aunque el profesor ha de ser cuidadoso. Por ejemplo, el alumno conoce la relación entre la longitud de un péndulo simple y su período de oscilación y a partir de ahí decide investigar mayores ángulos de desplazamiento para los que ya no se cumple la ecuación básica. Esta sería una extensión justificada de un trabajo práctico genérico. En el extremo más brillante del espectro de tipos de trabajos prácticos, hubo un trabajo de base de datos en el que se establecían las zonas de habitabilidad en torno a ciertas estrellas. Fueron populares los péndulos bifilares, así como la variación del índice de refracción como función de la densidad de un líquido. Se utilizaron simulaciones por computadora para determinar la carga de un electrón y para medir la constante de gravitación universal y otras magnitudes físicas normalmente difíciles de establecer en el aula. Hubo también algunos trabajos prácticos originales, como los estudios sobre los efectos de los tsunamis, la permeabilidad del vacío, el ángulo del líquido en un recipiente bajo aceleración y las variaciones del efecto Doppler.

La mayor parte del trabajo de los alumnos incorporó investigaciones prácticas, con obtención de datos primarios en el laboratorio del colegio. Este planteamiento permitió abordar todos los criterios de evaluación. El tema más popular fue la mecánica, pero también fueron habituales la electricidad y el magnetismo, las ondas y la astrofísica. Un número sorprendentemente bajo de trabajos prácticos consistió en modelos matemáticos, simulaciones por computadora e investigaciones con bases de datos.

Desempeño de los alumnos en relación con cada criterio

Puntos fuertes de Compromiso personal (CP):

El alumno ha tenido en cuenta el criterio de compromiso personal cuando su informe demuestra pensamiento independiente, iniciativa o creatividad y cuando hay un interés personal y una curiosidad significativos por la pregunta de investigación y se hacen aportaciones personales al diseño o a la implementación. El CP se evalúa de manera holística.

Resultó alentador descubrir que algunos alumnos habían modificado un trabajo práctico tradicional o diseñado su propio trabajo práctico, demostrando así su pensamiento independiente y creativo. Llevar a cabo un trabajo práctico con métodos y análisis convencionales pero de una manera razonada y competente supuso con frecuencia un punto en CP. Solamente los trabajos prácticos más profundos y mejor razonados demostraron las cualidades que expresan los descriptores de CP.

Puntos débiles de Compromiso personal:

Muchos alumnos enfatizaron en exceso el "significado personal" al escribir comentarios aparentemente artificiales sobre sus intereses. Los profesores han de alentar a los alumnos a demostrar su curiosidad e intuición en el propio trabajo práctico, en la naturaleza de la pregunta de investigación, en los detalles de la metodología y el análisis y en otras aportaciones del alumno a su trabajo individual. Con frecuencia, los profesores puntuaron el CP con demasiada

generosidad, al asumir que bastaba un interés en el tema general para obtener la puntuación total. Al evaluarse el CP de manera holística, los alumnos no deberían añadir una subsección sobre "Compromiso personal".

Puntos fuertes de Exploración:

Fueron muchos los alumnos que entregaron trabajos interesantes y estimulantes. Estos incluían siempre una variable independiente única y bien definida y una variable dependiente cuantificable. Los trabajos apropiados recurrían con frecuencia al uso de ecuaciones y conceptos científicos conocidos. Como consecuencia, el análisis se orientó de una manera pertinente. Se mencionaron cuestiones de seguridad y problemas éticos y ambientales cuando correspondía. A los moderadores les impresionó el nivel de compromiso e imaginación de los alumnos.

Puntos débiles de Exploración:

Algunos alumnos plantearon preguntas de investigación imprecisas, sin definir nunca los aspectos clave. Algunos trabajos prácticos tenían múltiples variables independientes. Esto perjudicó por lo general a la calidad del trabajo, al desviar la atención del alumno respecto a un estudio más focalizado. Algunos alumnos se inventaron un contexto científico basado en el sentido común cuando existía una teoría pertinente que no identificaron.

Algunos trabajos prácticos eran demasiado simples y tenían una pregunta de investigación demasiado superficial, como el cálculo de la constante elástica para una cinta de goma o la investigación de la velocidad de impacto tras una caída libre desde diferentes alturas. Una pregunta impropia fue: "¿Qué es más eficaz? ¿Hervir agua con un calentador eléctrico o hervirla en un cazo en el fogón?". O "¿qué tipo de balón bota hasta mayor altura?". Las preguntas de investigación más adecuadas apuntan a funciones o relaciones entre dos variables o a la determinación de una constante importante de la naturaleza. En ocasiones, los alumnos creyeron que narrar la historia de la física aportaría un contexto de fondo cuando, en realidad, suponía una distracción del objeto del trabajo.

Puntos fuertes de Análisis:

En Análisis se incluyen las habilidades científicas tradicionales que afectan a la obtención y el procesamiento de datos, la apreciación de errores e incertidumbres, el ámbito y las limitaciones de los datos, la elaboración de gráficos y los aspectos metodológicos. Se trata de habilidades científicas tradicionales, y la mayoría de los alumnos demostró un dominio sólido del análisis. La mayor parte de los alumnos demostró su capacidad para obtener y registrar datos, incluidas las incertidumbres brutas. Las tablas de datos fueron claras y coherentes con la notación científica. El procesamiento de datos se indicó con frecuencia en detalle, con cálculos ilustrativos. Los gráficos se presentaron con elegancia y a menudo con barras de error. La mayoría de los gráficos de los alumnos se generaron por computadora. En la mayoría de los casos, las teorías e hipótesis conducían a la representación gráfica adecuada. Con frecuencia, los alumnos emplearon métodos más avanzados de análisis de errores, y lo hicieron bien.

Puntos débiles de Análisis:

En ocasiones, se registraron incorrectamente los datos en bruto, omitiendo incertidumbres. Los encabezados de las columnas debían incluir la cantidad, las unidades y la incertidumbre. En ocasiones, se utilizaron unidades incorrectas, tales como pies o minutos. Es improbable que sea cierta la afirmación de que con una regla de un metro se podrían medir distancias de hasta 0,01 mm. En algunos gráficos faltó suficiente nivel de detalle y algunos eran demasiado pequeños para valorarlos. Eso afectó a la evaluación de Comunicación. En algunos casos, la distribución de los datos sugería una curva y hubo alumnos que forzaron un ajuste lineal. Luego utilizaron el ajuste lineal para establecer una conclusión. Un alumno creyó haber establecido una relación lineal entre la longitud y el período de un péndulo. Los profesores han de alentar a los alumnos a plantearse cómo aplicar la teoría pertinente y qué aspecto debe tener el gráfico. Se deben considerar qué significan las intersecciones con los ejes x e y para las propiedades físicas que se están estudiando. Los alumnos han de ser cautos al afirmar que los resultados demuestran algo. Siempre tiene que haber un alcance y unas limitaciones en el significado de una investigación dada.

Puntos fuertes de Evaluación:

El criterio de Evaluación sigue siendo uno de los más difíciles para muchos alumnos. La clave está en centrarse en el objetivo, y los alumnos que justificaron la conclusión de su trabajo basándose en la pregunta de investigación original obtuvieron buenos resultados. Un componente clave para los alumnos destacados fue la propagación de incertidumbres. Cuando había un contexto científico o un valor aceptado conocido, les fue mejor a aquellos alumnos que compararon su resultado con el valor aceptado. Los informes más destacados reflejaron una apreciación de las hipótesis aplicadas en la metodología.

Puntos débiles de Evaluación:

Los alumnos han de ser cuidadosos con las afirmaciones sobre demostración de hipótesis. Al evaluar una conclusión, deben tenerse en cuenta el alcance y las limitaciones, la metodología y las hipótesis teóricas. Con frecuencia se confundieron los términos “proporcional” y “lineal”. Muchas veces, los alumnos construyen una ecuación polinómica sin sentido para ajustar sus datos y después expresan una conclusión descrita por la ecuación, sin dar significado físico a los resultados. Con demasiada frecuencia, los alumnos fuerzan los datos para ajustarlos a un gráfico lineal y pasan a indicarlo como conclusión, utilizando la línea recta como justificación. En Evaluación, los alumnos necesitan entender el significado físico de las magnitudes investigadas, por lo que deben interpretar correctamente los datos. Muchas veces, los alumnos no supieron entender las magnitudes físicas estudiadas, por lo que no apreciaron lo que habían establecido. Un gráfico es más que una mera ecuación.

Puntos fuertes de Comunicaciones:

Las Comunicaciones, como el Compromiso personal, se evalúan de manera holística. Esto significa que se evalúan la claridad global, la fluidez y la concreción del informe. Los mejores informes dejaban claro en el primer párrafo sobre qué trataba el trabajo práctico concreto, cómo se había llevado a cabo y qué resultados se habían obtenido. Los mejores informes se centraban en la pregunta de investigación y en el contenido físico relacionado con ella. Los

mejores informes tenían títulos específicos, como “Cómo afecta la temperatura de una cinta de goma a su constante elástica”, y no títulos genéricos como “Investigar máquinas”. En la mayor parte de los informes se utilizaron la notación científica, las ecuaciones y las unidades correctas pertinentes. La mayor parte de los informes se ciñó a la extensión esperada, de entre 6 y 12 páginas. Factores tales como el uso razonable de márgenes y espacios y de escalas apropiadas en los gráficos y tablas de datos ayudan en todos los casos para el criterio de Comunicaciones. La mayoría de los alumnos incluyen referencias en su trabajo de una manera coherente y adecuada (de diversas formas aceptables). Se espera una investigación académica. Las preguntas e hipótesis de investigación se deben respaldar con información científica pertinente para la investigación (y no contextos históricos o cuánto le gusta al alumno la clase de Física).

Puntos débiles de Comunicaciones:

Hubo bastantes alumnos que no pusieron ningún título al trabajo. Algunos escribieron “Trabajo de evaluación interna” o títulos imprecisos como “Investigación sobre la luz”. No es necesaria una portada. Un índice puede dar una visión global al lector, pero tampoco es necesario. Por lo general, las secciones extensas sobre intereses personales y sobre historia de la ciencia apenas contribuyeron a los logros del alumno. Los trabajos deben establecer al principio la pregunta de investigación. En algunos casos, las instrucciones por pasos eran innecesariamente detalladas. No hace falta que los alumnos incluyan fotografías de una regla o de un cronómetro. Eso puede malgastar espacio. Con frecuencia, el exceso de contenido (p. ej., 16 o 18 páginas) en los informes entorpecía su claridad. En ocasiones, hubo alumnos que copiaron imágenes de Internet o de libros de texto sin citar la referencia. En algunos casos era evidente, pero se piden referencias de todo el material que no sea original. En Comunicaciones no se penaliza la ausencia de referencias, pero pasa a ser una cuestión de probidad académica.

Recomendaciones para la enseñanza de futuros alumnos

Es importante que los profesores asesoren a los alumnos durante todo el proceso del trabajo práctico de la evaluación interna, no solo tras leer el primer borrador. Entre los problemas que los profesores podrían corregir desde el principio están las variables independientes múltiples, las variables no cuantificables, los gráficos con una distribución de datos en forma de curva pero que los alumnos fuerzan a un ajuste lineal, la mala elección o incluso la ausencia de unidades o las preguntas de investigación excesivamente simples. Los profesores podrían también asegurarse de que los alumnos incluyan un título descriptivo en su trabajo práctico y de que lleven a cabo algo de investigación académica para descubrir la teoría conocida que es pertinente para su propio trabajo. Muchos trabajos prácticos podrían haber sido mejores si el alumno hubiera recibido ese apoyo desde el principio.

Comentarios adicionales

La mayoría de los colegios está desarrollando un trabajo apropiado de evaluación interna y la evaluación de los profesores es justa. La mayoría de las puntuaciones de los profesores estaba dentro del rango aceptable. Los alumnos se están esforzando. Había un espectro amplio en la calidad del trabajo y en los tipos de trabajos prácticos, que incluían bases de datos,

simulaciones y modelos matemáticos. Esto es alentador, y colegios, profesores y alumnos han recibido bien el nuevo sistema de evaluación interna. La clave de una buena evaluación interna está en encontrar una pregunta de investigación bien definida y concreta que sea interesante y suponga un reto para el alumno.

Entre los temas de los trabajos prácticos individuales que lograron puntuaciones altas están: los péndulos de amplitud grande, la temperatura y la resistencia interna de una celda de batería, el destino de las estrellas en la Osa Mayor (base de datos), la dispersión de Rayleigh (modelos matemáticos y físicos), el rendimiento y la frecuencia de los transformadores, los circuitos RC y los valores del fabricante, el frenado magnético de un péndulo, la masa óptima de agua en un cohete de agua, las limitaciones del modelo de Bohr (modelo y experimento), la medición de la velocidad mediante el efecto Doppler, la velocidad del sonido en distintos materiales, la temperatura y el efecto espejismo. En todos los casos, lo que obtuvo puntuaciones altas junto a las buenas habilidades de análisis fue el interés científico y la concreción de la pregunta de investigación, no el tema concreto.

Prueba 1 del Nivel Superior y del Nivel Medio

Límites de calificación del componente

Nivel Superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-10	11-13	14-17	18-20	21-23	24-28	29-40

Nivel Medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-7	8-9	10-11	12-13	14-16	17-18	19-30

Comentarios generales

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

Todos los años se recibe de los profesores algún comentario de que bien la prueba 1 o la 2 no está equilibrada en cuanto a la cobertura del programa de estudios. Debe observarse, no obstante, que estas dos pruebas *juntas* pretenden proporcionar una evaluación válida del programa de estudios al completo, tanto en contenidos como en habilidades. Las habilidades específicas que se deben estimular en los alumnos para que sepan resolver bien las preguntas de opción múltiple se describen en la sección final de este informe.

Un porcentaje muy gratificante del número total de profesores o del número total de colegios que participan en los exámenes devolvió los formularios G2. Para el NM hubo 373 respuestas de 1.425 colegios (un 26 %), y para el NS se recibieron 491 respuestas de 1.211 colegios (un 40 %). Percibimos que este alto nivel de respuesta se debió al nuevo programa de estudios y esperamos que se mantenga.

La prueba del NS (NM entre paréntesis) fue considerada de dificultad adecuada por alrededor del 60 % (el 64 %) de quienes respondieron. Más del 70 % de todos los que respondieron consideraron esta prueba más difícil que la del año pasado. Alrededor del 65 % de quienes respondieron consideraron que las dos pruebas tenían buena, o mejor, "claridad de redacción", y más del 80 % de los profesores estimaron que la presentación era buena o mejor.

Esto implica que alrededor de un tercio de los profesores no se mostró satisfecho con la redacción de las preguntas. Se expresó también una sensación, aunque por parte de una minoría de profesores (un 20 % en el NS y un 15 % en el NM), de que la redacción era inapropiada para aquellos que tienen la lengua del examen como segunda lengua y para quienes tienen dificultades de aprendizaje.

Las respuestas de los profesores pueden agruparse en tres categorías principales:

Tiempo

Hubo muchos comentarios sobre la escasez de tiempo disponible, al ser las preguntas más complejas que en años anteriores. Sin embargo, el nuevo programa de estudios especifica que el 50 % de las preguntas de opción múltiple exigen habilidades del objetivo de evaluación 3 (OE3). Esto difiere de como se hacía anteriormente, y los alumnos deben poder resolver algunas preguntas en mucho menos de un minuto para dejar más tiempo para las de mayor complejidad.

Aunque los examinadores siempre animan a los alumnos a no dejar respuestas en blanco, en años anteriores hemos interpretado la presencia abundante de respuestas en blanco como una indicación de que la prueba era demasiado extensa. Resulta interesante que la proporción de respuestas en blanco en las pruebas de este año haya sido similar a la de años anteriores.

Preguntas engañosas

No es la intención de los examinadores "engañar" a los alumnos. Pero los alumnos no pueden esperar que las preguntas de opción múltiple sigan un patrón repetitivo. Han de leer las preguntas con atención y esperar que sean diferentes a las que se hicieron en años anteriores.

En Física se deben aplicar principios generales a situaciones nuevas. De hecho, una prueba que presentara a los alumnos preguntas que ya conocen no sería una prueba de Física. A veces, por ejemplo, un problema puede resolverse teniendo en cuenta las dimensiones de las respuestas y no con un desarrollo detallado de operaciones algebraicas.

Preguntas farragosas

Los examinadores han reconocido que muchas de las preguntas iniciales eran excesivamente largas y que llevaron a algunos alumnos a empezar con mal pie.

Los redactores y revisores hacen todo lo posible por asegurarse de que las palabras se ciñan al mínimo necesario y cuando resulta útil complementan la pregunta con un diagrama. Pero todas las palabras en una pregunta de opción múltiple son importantes, por lo que debe alentarse a los alumnos a leer la pregunta con atención en lugar de sacar conclusiones apresuradas.

Análisis estadístico

El rendimiento global de los alumnos y el correspondiente a las diferentes preguntas se ponen de manifiesto en el análisis estadístico de las respuestas. Los datos se presentan en los recuadros que figuran a continuación. Los números de las columnas A a D y de la columna “En blanco” indican el número de alumnos que eligieron la opción indicada o que dejaron la respuesta en blanco.

La clave (opción correcta) se indica con una casilla sombreada.

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 por lo tanto una pregunta fácil. El índice de discriminación es una medida de lo bien que la pregunta ha permitido distinguir entre alumnos de diferentes capacidades. En general, un índice de discriminación más alto indica que una mayor proporción de los mejores alumnos ha identificado correctamente la clave, en comparación con los alumnos más flojos. Esto puede no ser así, sin embargo, cuando el índice de dificultad es alto o bajo.

Análisis de la prueba 1 del Nivel Superior

Número de alumnos: 11.261

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	2.030	5.797	2.663	661	110	51,48	0,35
2	9.129	1.038	360	722	12	81,07	0,23
3	4.258	1.646	1.541	3.769	47	33,47	0,44
4	3.260	2.001	3.073	2.900	27	28,95	0,41
5	775	3.655	2.939	3.851	41	34,20	0,15
6	374	1.964	7.502	1.353	68	66,62	0,44
7	2.069	6.727	1.984	357	124	59,74	0,61
8	5.553	2.594	2.214	855	45	49,31	0,47
9	423	3.883	1.860	5.043	52	34,48	0,10
10	2.750	1.939	1.026	5.503	43	48,87	0,39
11	865	2.768	1.650	5.952	26	52,85	0,43
12	1.921	1.754	6.367	1.142	77	56,54	0,49
13	5.880	3.908	932	503	38	52,22	0,35
14	322	1.422	7.177	2.324	16	20,64	0,23
15	1.692	1.104	6.800	1.629	36	60,39	0,44
16	3.892	1.609	4.310	1.420	30	38,27	0,41
17	3.238	5.889	495	1.584	55	28,75	0,15
18	1.259	921	2.529	6.471	81	57,46	0,44
19	1.333	8.873	913	134	8	78,79	0,61
20	2.070	3.519	2.051	3.474	147	30,85	0,47
21	7.262	1.860	1.166	930	43	64,49	0,10

22	3.602	470	6.773	405	11	60,15	0,39
23	1.789	5.383	1.327	2.611	151	47,80	0,43
24	6.407	2.135	1.222	1.439	58	56,90	0,49
25	835	291	5.748	4.358	29	38,70	0,27
26	3.762	6.998	219	230	52	62,14	0,19
27	1.958	1.767	6.137	1.258	141	54,50	0,51
28	1.003	7.576	936	1.699	47	67,28	0,20
29	2.634	2.228	3.565	2.754	80	23,39	0,36
30	1.073	3.312	5.982	678	216	53,12	0,43
31	617	3.357	5.526	1.664	97	49,07	0,34
32	3.525	2.500	1.520	3.612	104	31,30	0,42
33	839	2.030	2.568	5.716	108	50,76	0,43
34	1.671	711	7.059	1.736	84	62,69	0,41
35	1.420	6.479	664	2.628	70	57,53	0,31
36	1.471	3.031	2.275	4.267	217	37,89	0,52
37	1.492	4.894	1.836	2.863	176	43,46	0,50
38	1.516	1.503	6.771	1.301	170	60,13	0,00
39	1.571	7.479	1.319	737	155	66,42	0,26
40	4.819	942	4.116	1.227	157	42,79	0,47

Análisis de la prueba 1 del Nivel Medio

Número de alumnos: 11.634

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	2.849	5.004	2.823	805	153	43,01	0,31
2	1.248	3.348	1.865	5.050	123	43,41	0,59
3	8.002	1.609	901	1.105	17	68,78	0,36
4	5.048	2.064	1.852	2.573	97	22,12	0,25
5	2.404	2.944	5.619	622	45	25,31	0,25
6	784	1.030	8.329	1.417	74	71,59	0,26
7	2.453	2.982	2.359	3.776	64	21,08	0,23
8	912	3.512	3.114	4.054	42	34,85	0,20
9	880	2.861	5.843	1.944	106	50,22	0,45
10	2.452	5.231	2.247	1.637	67	44,96	0,37
11	2.445	4.199	2.877	2.062	51	36,09	0,31
12	3.620	3.694	2.853	1.380	87	31,12	0,32
13	3.421	4.547	2.230	1.365	71	29,41	0,43
14	4.623	1.066	4.681	1.228	36	40,24	0,33
15	720	4.257	998	5.557	102	36,59	0,05
16	2.503	2.674	1.922	4.440	95	38,16	0,22
17	1.070	3.159	2.566	4.797	42	41,23	0,39

18	1.753	6.211	2.611	989	70	53,39	0,43
19	444	661	9.934	552	43	85,39	0,15
20	5.858	3.051	1.153	1.473	99	50,35	0,47
21	4.538	3.187	2.310	1.460	139	39,01	0,31
22	545	2.102	7.152	1.763	72	15,15	0,15
23	6.631	2.039	1.068	1.756	140	57,00	0,49
24	2.459	1.951	4.389	2.644	191	37,73	0,34
25	1.943	5.327	3.412	828	124	45,79	0,37
26	3.559	1.793	4.058	2.062	162	34,88	0,23
27	1.099	1.235	5.925	3.213	162	50,93	0,36
28	1.528	2.001	3.364	4.414	327	37,94	0,39
29	2.090	7.229	1.755	397	163	62,14	0,44
30	2.433	3.200	2.930	2.622	449	22,54	0,22

Puntos fuertes y débiles de los alumnos al abordar cada una de las preguntas

El rendimiento de los alumnos en cada una de las preguntas se indica en las tablas estadísticas anteriores, junto con los valores de los índices. En la mayoría de los casos basta con esta información para cada pregunta específica. Se comentan a continuación solamente algunas preguntas seleccionadas, concretamente aquellas representativas de algún aspecto particular o que suscitaban comentarios en los formularios G2.

Preguntas comunes del NM y del NS

NM P1 y NS P1

La incertidumbre *porcentual* para todos los volúmenes será tres veces la incertidumbre porcentual de una medición lineal. Al ser igual para la esfera y el cubo, la respuesta solamente puede ser B.

Algunos comentarios del formulario G2 apuntaban a que esto era excesivamente difícil porque implicaba calcular el volumen, algo demasiado complejo para una primera pregunta. Pero los alumnos familiarizados con el concepto respectivo y que no piensen automáticamente que en Física hay que hacer cálculos pueden resolver la pregunta al instante.

NM P3 y NS P2

Se pide a los alumnos que seleccionen la mejor respuesta. Algunos profesores expresaron dudas sobre la escala temporal exacta del eje horizontal, pero la inmensa mayoría de los alumnos se percató de que al tirar de la cuerda la velocidad se reducirá repentinamente sin cambiar la dirección. Por lo tanto, la respuesta solamente puede ser A.

Era una pregunta gráfica. Los alumnos han de observar en primer lugar los ejes y debe animárseles a traducir los gráficos a palabras que describan lo que se representa.

NM P4 y NS P3

Los examinadores reconocen que esta pregunta habría podido ser más clara con un diagrama.

Los alumnos necesitan entender el “mensaje” que proporcionan las funciones trigonométricas. $\text{Sen}\theta$ es una función creciente con un máximo de 1 mientras que $\text{cos}\theta$ es una función decreciente. $\text{Tan}\theta$ es creciente pero sin máximo y se hace infinitamente grande cuando θ tiende a 90° .

Al incrementarse θ_0 hasta 90° , la fuerza normal decrece, por lo que pueden eliminarse B y C. Si θ_0 alcanza los 90° y el objeto aún no ha caído, ¡está claramente pegado al plano con pegamento! Esto implica obligatoriamente un coeficiente de rozamiento estático infinito. Por lo tanto, la respuesta ha de ser D.

La respuesta A fue una elección habitual, pero eso haría que μ fuera finita a 90° cuando $N = 0$.

Los comentarios del formulario G2 apuntaban a que a los alumnos les llevaría demasiado tiempo dibujar el diagrama y llevar a cabo el análisis necesario para resolver las fuerzas desde cero. ¡Pero eso no era necesario! Los alumnos han de evitar abordar las preguntas de opción múltiple como si se tratase de preguntas de la prueba 2.

El auténtico sentido de las preguntas de opción múltiple es hacer que los alumnos sopesen opciones.

NM P7 y NS P4

La pregunta deja muy claro que u y v se refieren a la velocidad. Al haber una relación positiva entre la fuerza sobre la pared y las velocidades de llegada y salida, pueden eliminarse tanto C como D. B implicaría un término en uv al cancelar por multiplicación. Eso sería claramente absurdo, por lo que la respuesta ha de ser A.

Algunos profesores consideraron que se trataba de una pregunta “trampa”, pero los examinadores entienden que es perfectamente razonable que los alumnos estén atentos a la distinción entre *rapidez* (o *celeridad*, el valor escalar) y *velocidad* (vectorial) al leer preguntas de opción múltiple.

NM P8 y NS P5

La potencia desarrollada por un vehículo es el producto de su *velocidad* y de su *fuerza* de tracción. Al transcurrir el tiempo, la velocidad aumenta (“aceleración constante”) y también aumenta la fuerza, ya que dependerá de las fuerzas de arrastre, que aumentan con la velocidad. Esto significa que la potencia está “incrementándose doblemente”, lo que conduce al gráfico D.

A es claramente incorrecta, ya que muestra la misma potencia independientemente de la velocidad. Por la misma razón, se puede eliminar C, ya que a velocidades altas se hace similar a A. El gráfico B resultaría de la función $P = \text{constante} \times \text{velocidad}$, que no puede ser correcta por las razones expuestas anteriormente.

Como alternativa, cualquier alumno que se pregunte “si el tren fuera al doble de velocidad, ¿sería su potencia el doble de grande?” debería llegar a la respuesta D, si sabe que $P = Fv$.

La estadística mostró un abanico similar de respuestas entre B, C y D, con un índice de discriminación bajo. Esto revelaría que a los alumnos les resultó confusa esta pregunta.

NM P9 y NS P6

Este es un caso clásico sobre el uso de las unidades (¡y sobre fijarse en la rotulación de los ejes!)

En lo que respecta a las unidades, el *trabajo* es *energía*; la *energía* es *masa x velocidad²*; el área bajo el gráfico da la *velocidad²*, por lo que debe multiplicarse el área bajo el gráfico por 3,0 kg. Esto conduce a la respuesta C.

Fue gratificante comprobar que más de la mitad de los alumnos contestó correctamente y que la pregunta tuvo un alto índice de discriminación. Fue decepcionante leer varios comentarios de profesores que sugerían que era un desarrollo demasiado largo y una situación desconocida para los alumnos. Siempre que un alumno de Física ve un gráfico, debe observar las unidades de su pendiente y las unidades del área calculada.

NM P12 y NS P8

Los gases son casi ideales a presiones bajas, por lo que B y D pueden descartarse. Está claro que la densidad debería también ser baja, pues de lo contrario las partículas no podrían considerarse “masas puntuales”, luego la única respuesta posible es A.

NM P15 y NS P9

Algunos profesores consideraron que esta pregunta era demasiado “farragosa”, a pesar del diagrama claro que resumía la información. No había, sin embargo, ningún gráfico que mostrase una función creciente, por lo que si los alumnos no hubieran reparado en que la luz inicial estaba polarizada en horizontal no habría ninguna respuesta razonable para elegir.

Cuando θ es 0° o 90° no se puede transmitir la luz, luego pueden eliminarse tanto A como D (¡la opción más popular!). Como la luz entre P y A no estará polarizada en horizontal, C no puede ser cierta, quedando B como respuesta correcta.

Tanto en el NM como en el NS, esta pregunta tuvo un índice de dificultad muy bajo, con el correspondiente índice de discriminación bajo, por lo que se debe reforzar esta área del programa de estudios.

NM P21 y NS P13

Muchos profesores consideraron la barra angulada como una distracción injusta que buscaba despistar a los alumnos. Es, no obstante, una situación muy sencilla, aunque sea infrecuente. Los alumnos que conocían los principios fundamentales pertinentes debían preguntarse de inmediato si la corriente es perpendicular al campo magnético. Las respuestas no requerían siquiera el uso de una regla de dirección.

NM P22 y NS P14

Esta pregunta suscitó también muchos comentarios en el formulario G2. Algunos profesores consideraron que la pregunta era sobre momentos de fuerza y no estaba en el programa de estudios. Pero la pregunta se refiere a la fuerza ejercida por la barra sobre la masa.

La masa se desplaza a velocidad constante, por lo que la fuerza proporcionada por la barra ha de cambiar para resistir o superar al peso de la masa en posiciones diferentes. Esto elimina A y B.

Fueron muy pocos los alumnos que supieron elegir la respuesta correcta, y la mayoría eligió de manera instintiva C. Esta opción solamente habría sido correcta si no se hubiera tenido en cuenta el peso.

NM P26 y NS P16

Muchos profesores comentaron que no se podía responder a esta pregunta al no especificarse el rango de las fuerzas. Pero los alumnos han de percatarse de que la fuerza gravitatoria es más débil que la electrostática en cualquier rango, estén dos protones separados por distancias atómicas o por distancias planetarias. De hecho, los alumnos deberían haber comprendido que la gravedad es la más débil de todas las fuerzas. Por eso, tanto B como D son incorrectas.

La fuerza débil opera únicamente a distancias nucleares y, a diferencia de la electromagnética, no opera a distancias mayores. Por eso A es incorrecta, lo cual deja a C como respuesta correcta.

Dio la impresión de que los alumnos más flojos habían memorizado el orden de intensidades de las fuerzas fundamentales. Los examinadores entienden que no es la situación ideal y se han revisado las respuestas para la versión publicada.

NM P30 y NS P20

La estadística sugiere respuestas aventuradas al azar, especialmente en el NM.

Al ser el cuerpo “negro”, quiere decir que la emisividad, e , es 1 y que III es correcta, lo cual descarta la respuesta A.

La mera aplicación de las leyes de Wien y de Stefan muestra que D tiene que ser la respuesta correcta. No se necesita ningún cálculo complejo, solo la habilidad de manejar potencias de diez.

Preguntas exclusivas del NS

P17

Esta pregunta suscitó muchos comentarios de los profesores. Se basaba en "Naturaleza de la ciencia" (página 64 del programa de estudios) y en el futuro la prueba 1 contendrá de manera habitual este tipo de preguntas.

El gráfico muestra que, al aumentar el tamaño de un núcleo, también aumenta el cociente neutrones/protones. Los protones se repelen entre sí y los neutrones actúan como estabilizadores y mantienen unido el núcleo mediante la fuerza fuerte. Las respuestas B, C y D claramente no abordan este efecto estabilizador de los neutrones, por lo que pueden descartarse con total seguridad.

P23

Esta pregunta abordaba dos temas (4.4 y 9.3). La envolvente de los máximos da información sobre la difracción, claramente no despreciable en este caso, mientras que la distancia entre los máximos (0,01) da información sobre la interferencia de doble rendija. Por lo tanto, ha de ser B.

P24

Esta pregunta evalúa el punto 9.1 del programa de estudios. Los alumnos la resolvieron bien, con uno de los índices de discriminación más altos que se registraron.

P26

El "trabajo efectuado" lo es por algo sobre algo (de manera similar a las fuerzas). Debe advertirse a los alumnos de la importancia de hablar sobre estos conceptos con precisión y utilizando el lenguaje correcto. Cualquier físico, ante una pregunta sobre el "trabajo efectuado", se preguntaría automáticamente qué es lo que efectúa el trabajo ¡y sobre qué!

Aquí se trata del trabajo efectuado por el campo sobre la carga. Y, al ser una carga negativa, "caería" de manera natural en la dirección mostrada por B y C, que representan por consiguiente el trabajo efectuado por el campo sobre la carga, como se pide. Por eso, la respuesta correcta es B.

Más del 60 % de los alumnos eligió correctamente esta respuesta, pero el índice de discriminación fue cero, lo que indica que se hizo bien en todos los niveles de capacidad de los alumnos.

P28

Debe asumirse que las órbitas planetarias son circulares, salvo que se indique lo contrario.

P29

Los alumnos de Física han de preguntarse cómo varía el enlace de flujo cuando se considera una f. e. m. inducida. En este diagrama, el enlace de flujo es siempre cero, por lo que no varía y no se induce ninguna f. e. m. (respuesta A).

Los alumnos no deberían asumir que todos los diagramas van a ser “típicos”, similares a uno que hayan visto previamente. Tienen que aplicar los principios físicos que han aprendido, en lugar de basarse en el recuerdo de situaciones conocidas.

P36

Esta pregunta está relacionada con el elemento 12.1, “El principio de incertidumbre para la energía y el tiempo y para la posición y el momento”.

Preguntas exclusivas del NM

P5

Los examinadores reconocen que esta pregunta habría estado mejor con un diagrama.

La estadística sugiere que muchos alumnos asumieron incorrectamente que la ganancia en E_k sería siempre igual a la pérdida en E_p .

P6

La mayoría de los alumnos respondió bien a esta pregunta. Al ser positiva la constante elástica, la única respuesta correcta posible es C.

P11

En la modelización matemática de un gas ideal se asume que todas las partículas tienen la misma masa, mientras que las velocidades han de ser promediadas ya que cambian en las colisiones.

P14

Los gráficos de desplazamiento temporal se utilizan para mostrar el movimiento de una partícula concreta. ¡No son una imagen general de una onda! Si P y Q son patos sentados sobre el agua, cuando el agua se mueve por debajo ambos se moverán *hacia abajo* después de $t = 0$. El único gráfico que ilustra eso es C.

P20

Algunos profesores señalaron que la palabra “interno” era superflua, cuando no incorrecta. Se ha omitido en la versión publicada de la prueba. No hay evidencia estadística de que eso haya confundido a los alumnos en modo alguno.

P25

La respuesta A puede ser cierta, pero no es una *definición* de energía de enlace. La respuesta C es desgraciadamente una respuesta habitual de los alumnos en la prueba 2. Puede servir como “primer paso” para dominar el concepto de energía de enlace, pero carece de rigor y no es en absoluto una definición. La única respuesta correcta es B.

P27

Esta es una pregunta de “Naturaleza de la ciencia” sacada casi directamente del punto 7.3 del programa. Fue gratificante comprobar que más del 50 % de los alumnos eligieron la respuesta correcta.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza de futuros alumnos

Las preguntas de opción múltiple proporcionan una manera excelente, motivadora y muy eficaz en el aprovechamiento del tiempo para examinar y promover el aprendizaje a lo largo de un curso. Pueden utilizarse en test rápidos y como introducciones con las que estimular el debate y nunca deberían verse como extras que se deben practicar, una prueba a la vez, para la convocatoria final de examen.

Las preguntas de opción múltiple evalúan habilidades distintas que las preguntas estructuradas. En la prueba 2, se espera que los alumnos demuestren sus conocimientos de una manera lógica y comunicativa. Pero las preguntas de opción múltiple evalúan el pensamiento rápido (sin calculadora), la intuición y la capacidad de resolver problemas.

En concreto, los alumnos deberían ser hábiles al manejar potencias de diez con rapidez y eficacia.

Las preguntas se elaboran con cuidado para comunicar el problema sin ambigüedad y con el mínimo de palabras posible; las palabras son tanto necesarias como suficientes. Tras haber hecho su elección, los alumnos deberían habituarse a comprobar que han respondido a la pregunta. No deberían avanzar hasta asegurarse. Hay indicios de que muchos alumnos no “revisan” tras marcar su elección. Esto ayudaría con aquellas preguntas que algunos profesores consideran “engañosas”.

No existe una estrategia correcta única con las preguntas de opción múltiple, por lo que se requiere flexibilidad de razonamiento. Debe alentarse a los alumnos a desarrollar estrategias para aislar la respuesta correcta, en lugar de deducirla como harían en una prueba 2. Estas son algunas de las estrategias que permiten resolver de forma satisfactoria las preguntas de opción múltiple:

- Eliminar las respuestas claramente erróneas
- Tener en cuenta las unidades: hay indicios abundantes de que no se está enseñando a los alumnos la importancia y la necesidad de las unidades; se mencionan para ayudar al alumno, no para incomodarlo, y con frecuencia permiten identificar la respuesta correcta

- Si dos respuestas son lógicamente equivalentes, entonces han de ser erróneas
- Exagerar una variable: esto puede orientar al alumno en la dirección correcta, en particular cuando una variable está en el denominador de una respuesta y en el numerador de otra
- Un esquema sencillo puede ayudar a comprender el enunciado y muchas veces orientará al alumno hacia la respuesta correcta.
- Diferenciar entre las funciones de coseno, seno y tangente: visualizando mentalmente el ángulo de 90° se verá cuál es correcta
- Utilizar la proporción: *cantidad nueva = cantidad anterior x fracción*, donde la fracción depende de las variables que hayan cambiado
- Fijarse en los ejes de los gráficos y utilizar unidades para asignar un significado a la pendiente y al área
- Si todo lo demás falla, aventurar una suposición bien razonada
- Los alumnos deberían intentar responder a todas las preguntas. Se debe destacar que las respuestas incorrectas no restan puntos.
- Los gráficos, los diagramas de fuerzas y otras formas de ilustración son herramientas fundamentales con las que los físicos intentan modelar y comprender el mundo. Debe animarse a los alumnos a dibujar las respuestas a los problemas antes de lanzarse a los cálculos. Se ha demostrado, entre otros en las pruebas escritas y las monografías, que muchos alumnos no tienen esa habilidad.
- Debe leerse con cuidado la pregunta. Inevitablemente, algunas preguntas pueden ser a primera vista similares a preguntas planteadas en el pasado, pero los alumnos no deben sacar conclusiones precipitadas. Parece que algunos alumnos no leen el enunciado completo sino que, más bien, una vez que han captado el sentido general pasan a las opciones. Las preguntas de opción múltiple se formulan con la mayor brevedad posible. Por consiguiente, todas las palabras son significativas e importantes. Los alumnos deben también tener en cuenta que se les pide que encuentren la **mejor** respuesta.
- Para tener claros los requisitos de un buen desempeño en los exámenes, los alumnos deben consultar durante su preparación la *Guía de Física* vigente.
- La guía invita a los alumnos a recordar algunos datos simples, aun cuando Física se centra principalmente en los procesos. Este tipo de datos se prestan a preguntas de opción múltiple, por lo que los profesores no han de ser reacios a pedir a sus alumnos que ocasionalmente memoricen información. Las definiciones (que siempre se enuncian de forma deficiente en las pruebas escritas) se aprenden y se examinan tal vez mejor con preguntas sencillas de opción múltiple, pero en las pruebas futuras con preguntas de opción múltiple habrá alrededor de un 50 % de preguntas del OE3 que requerirán habilidades de pensamiento de orden superior.
- Los alumnos pueden esperar que la proporción de preguntas sobre un tema concreto coincida con la proporción de tiempo asignada a enseñar ese tema, tal como se especifica en la *Guía de Física*. La cultura general que la mayoría de las personas suele tener sobre estos temas de la guía no siempre es suficiente para resolver las preguntas correspondientes, que no son banales.

Prueba 2 del Nivel Superior y del Nivel Medio

Límites de calificación del componente

Nivel Superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-7	8-14	15-21	22-30	31-39	40-48	49-95

Nivel Medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-4	5-8	9-13	14-18	19-24	25-29	30-50

Comentarios generales

Este fue el primer examen del nuevo curso de Física del IB. El formato de la prueba 2 fue muy diferente del de las pruebas anteriores. A los alumnos los incomodó la falta de opciones, y algunos parecieron estar poco preparados. No obstante, hubo buenas resoluciones en una prueba que, aunque no era particularmente exigente en contenido, resultó difícil para bastantes alumnos en términos de la administración del tiempo. Quedó demostrado que algunos no pudieron acabar la prueba. En este aspecto, parece razonable para los colegios incluir en la enseñanza, durante la preparación del examen final, estrategias de respuesta en exámenes. A los alumnos se les da tiempo para leer la prueba antes de comenzar el examen. Deberían aprovecharlo para planificar el orden en que van a responder a las preguntas, según sus puntos fuertes.

La presentación por parte de algunos alumnos fue floja. Muchas veces no tiene sentido escribir fuera de los cuadros de respuesta, ya que esas anotaciones pueden no escanearse y es perfectamente posible que el examinador no vea ese trabajo, a menos que: (i) se advierta de su presencia en la respuesta; o (ii) se escriba en una hoja suplementaria (y preferiblemente se advierta de ello también). Aún es necesario recordar esa circunstancia a los alumnos.

Áreas del programa y del examen que les resultaron difíciles a los alumnos

Estas son algunas de las áreas que parecieron difíciles:

- Teoría de ondas; p. ej., comprender las implicaciones de un gráfico desplazamiento-distancia para una onda progresiva longitudinal
- Teoría de condensadores
- Difracción e interferencia en rendijas múltiples
- Interpretación del material gráfico

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

- Mecánica
- Gravitación y teoría de campos
- Teoría de la electricidad
- Estabilidad nuclear y densidad nuclear

Puntos fuertes y débiles de los alumnos al abordar cada una de las preguntas

P1 NS y NM

(1)(a)(i) Muchas respuestas buenas a esta pregunta mostraron una excelente expresión de los conceptos físicos y cálculos precisos. Estas respuestas dejaban muy clara la estrategia empleada para afrontar la pregunta. Una minoría de las soluciones, sin embargo, fue inadecuada y no obtuvo la puntuación completa por omitir elementos imprescindibles en las sustituciones (como poner v en lugar de v^2) o por no tener clara la expresión esencial de la conservación de la energía. Algunos alumnos aún no han aprendido que han de indicar su respuesta final con el número correcto de cifras significativas.

(a)(ii) De nuevo, la mayoría obtuvo los dos puntos por igualar la energía conocida a $\frac{1}{2} mv^2$ para después evaluar la respuesta. No obstante, algunos utilizaron solo la contribución a la energía de la energía potencial gravitatoria y, por consiguiente, hallaron un valor demasiado pequeño.

(b)(i) Hubo muchas respuestas preparadas para la primera ley de Newton que no puntuaron por no tratar el contexto de la pregunta. Los alumnos no apreciaron las exigencias de una pregunta que empieza por “describe”. Deben ser conscientes de los términos de instrucción.

Se permitió una amplia variedad de sinónimos para “velocidad constante”, pero hubo alumnos que aun así se expresaron con tanta torpeza que perdieron el punto por no dejar claro que el bloque se movía a una velocidad que no sufría cambios. Los alumnos deben evitar un uso impreciso de las palabras “moverse” y “movimiento”. Deben aprender a diferenciar aceleración y velocidad en su discusión de las leyes de Newton. De manera análoga, debe evitarse el término “inercia”. El concepto de energía no aparece en las leyes de Newton y, por ello, no se concedieron puntos a las respuestas que reflejaron esa idea.

Hubo una cantidad sorprendente de alumnos del NM que confundieron la segunda ley de Newton y la tercera. La mayoría de los alumnos explicó una ley de manera muy general sin mencionar el bloque de hielo en concreto.

(b)(ii) Aquí se pedía a los alumnos que explicaran por qué habría una fuerza sobre el bloque y el efecto que esa fuerza tendría sobre el movimiento. Fueron muchos los que obtuvieron el segundo punto, pero las descripciones del origen de esa fuerza fueron flojas. Con frecuencia, se expresaron ideas irrelevantes sobre las transformaciones de la energía, no todas correctas.

(c) Los alumnos demostraron sus dificultades recurrentes con la generación de diagramas y esbozos de gráficos que reflejen claramente lo que sabe el alumno sobre una situación

contextualizada. Hubo muchos que trazaron rectas en la parte inicial del gráfico para tiempos bajos (sobre la región AB del movimiento). Pocos utilizaron regla o fueron cuidadosos con el dibujo. El segundo punto se concedió para el movimiento posterior, más allá de C. Eso se resolvió de una manera mucho menos satisfactoria. En algunos gráficos se mostraba una pendiente decreciente hasta cero y después una pendiente negativa, sin reparar en las implicaciones físicas de eso. Otros dibujaron pendientes que se incrementaban desde el valor de la recta, por lo general hasta una velocidad infinita. Esto es física muy sencilla para este nivel y no debería resultar tan difícil para tantos alumnos. Debe animarse a los alumnos a utilizar regla cuando pretendan trazar una línea recta.

(d) Fueron bastantes los que se percataron de que la manera más sencilla de resolver este problema consiste en aludir al ritmo de cambio en el momento. Otros adoptaron un planteamiento más largo, mediante una ecuación cinemática y $F=ma$. Se otorgaron puntos por ambos planteamientos. Pese a todo, hubo algunos fallos habituales, como restar una velocidad de $0,9 \text{ m s}^{-1}$ a $4,9 \text{ m s}^{-1}$. Hubo una minoría de alumnos que no sugirieron ningún planteamiento y se limitaron a escribir ecuaciones de movimiento al azar sin dar un resultado.

(e) Fue habitual ver o bien un valor para la potencia eléctrica suministrada al motor o bien la energía total suministrada. Sin embargo, a algunos les resultó más difícil la siguiente transformación hasta un rendimiento del 55 %, frecuentemente con una energía de salida errónea.

(f) [Solo NS] Hubo un número gratificante de soluciones satisfactorias por parte de alumnos que supieron demostrar de una forma convincente que el bloque no puede llegar a C. El mejor planteamiento incluía un cálculo de la energía disipada al superar el rozamiento, pero se vieron también otros métodos, como un cálculo más largo que utilizó la deceleración del bloque y la energía disponible. No se concedieron puntos a las respuestas escuetas; se exigía una justificación.

P2 Solo NS

(a) No es mucho pedir que un alumno que se presenta a una prueba de este nivel use una regla para trazar una línea, compruebe con la regla que las líneas tienen igual longitud y se asegure de que las líneas están orientadas de las estrellas hacia el planeta. Por lo general, los alumnos que fueron cuidadosos con el diagrama lograron obtener los dos puntos. En alrededor del 10 % de las respuestas, se perdieron puntos por trazar la dirección en el sentido opuesto.

(b) De nuevo, los resultados fueron dispares. Algunos alumnos no encontraron dificultad en esta pregunta y dieron respuestas brillantes, que incluyeron descripciones claras tanto de la dirección de la intensidad del campo como de la suma de los dos vectores. En los comentarios del formulario G2 se vertieron algunas críticas de que esta pregunta excedía el ámbito del programa de estudios. Sin embargo, combina un cálculo de la intensidad del campo con un problema extraído directamente del tema 1.3.

P2 Solo NM

(a) Se trataba de una pregunta de “muestre que” y, por lo tanto, los alumnos debían demostrar al examinador que entendían los conceptos físicos respectivos. Fueron demasiados los

alumnos que afrontaron la pregunta con dejadez, sacándose de la manga números que milagrosamente conducían a la respuesta correcta. Se recomienda encarecidamente a los alumnos: mencionar todas las ecuaciones que utilicen; mostrar las sustituciones completas (incluyendo, en este caso, el valor utilizado de G) y dar la respuesta con un número de cifras significativas mayor que el dado en la pregunta.

(b) Aquí las mejores respuestas incorporaron un diagrama vectorial, por el que se otorgaron puntos incluso cuando hubo errores posteriores.

P3 NS y NM

(a) Los alumnos mostraron un buen dominio de los fundamentos de esta pregunta sencilla. Perdieron puntos aquellos que olvidaron incluir la energía requerida para calentar el hielo fundido desde 0 °C hasta su temperatura final. Por lo general, se presentaron bien las unidades; solo unos pocos utilizaron la unidad de la capacidad térmica específica. También se manejaron bien las potencias de diez en la presentación de la respuesta final.

Muchos alumnos del NM no supieron cómo abordar esta pregunta. Fue habitual ver usos de K y respuestas con unidades incorrectas o ausentes.

(b)(i) Se resolvió normalmente bien. En (ii) se exigía una razón general para la reducción del tiempo de fusión. Con frecuencia, esto se expresó bien, aludiendo al incremento del área de contacto o de la superficie, pero los alumnos que omitieron este aspecto perdieron el punto.

P4 (Solo NS)

La pregunta en su conjunto reveló que los alumnos no dominaban la interpretación de este tipo de gráfico desplazamiento-distancia. Hubo muchas respuestas con baja puntuación en una pregunta que contenía un número razonable de puntos fáciles de lograr. En su mayoría, los cálculos apenas revestían dificultad y los alumnos parecen necesitar familiarizarse mejor con los elementos de este tipo de gráficos.

(a) Fue decepcionante constatar que comparativamente pocos alumnos supieron dar una descripción precisa y físicamente significativa de una onda progresiva longitudinal. Esta debería ser una pregunta sencilla que requiere una respuesta convencional. Incluso muchas respuestas que obtuvieron puntos adolecían de una expresión pobre con presencia parcial de los elementos requeridos. Los examinadores necesitan saber qué oscila o se desplaza y cuál es la relación entre la dirección de este movimiento y la dirección de propagación de la energía.

(b)(i) A los alumnos que siguieron un planteamiento basado en la distancia recorrida por la onda y en el tiempo invertido (en otras palabras, ¡la definición de la velocidad!) les fue por lo general bien, salvo por errores ocasionales en las potencias de diez (como omitir 10^{-3} en los tiempos expresados en milisegundos). Los planteamientos alternativos basados en la longitud de onda y en $c=f\lambda$ resultaron más arduos y rara vez fueron satisfactorios.

(b)(ii) Al tratarse de una pregunta de “muestre que”, los examinadores buscaban explicaciones detalladas de los métodos empleados (de nuevo, había varios planteamientos posibles).

(c)(i) Este apartado fue difícil para la mayoría de los alumnos. Pese a la redacción cuidadosa de la pregunta, la mayor parte de los alumnos no se percató de que el movimiento en el sentido negativo del gráfico significa que la partícula representada se desplaza hacia la izquierda.

(c)(ii) Esta fue otra pregunta de “muestre que” en la que los alumnos, por lo general, no convencieron a los examinadores de que sabían lo que estaban haciendo. Por ejemplo, hubo muchos casos de alumnos que calcularon velocidades medias mediante cinemática lineal, olvidando que se trataba de una oscilación, con características de movimiento totalmente diferentes. Los que utilizaron las ecuaciones sacadas directamente del Cuadernillo de datos sin entenderlas también cometieron el error de no considerar las diferencias de fase al utilizar la dependencia angular incorrecta. También hubo un número significativo de alumnos que utilizaron valores en grados en lugar de radianes al calcular la respuesta con sus calculadoras.

(d)(i) Un alumno del Programa del Diploma debe ser capaz de explicar el origen de una onda estacionaria de una manera concisa y con precisión. Hay dos elementos: la interacción de dos ondas que se desplazan en direcciones opuestas y una descripción de la interacción como superposición o interferencia. Pese a permitir flexibilidad en el enfoque (“ondas reflejadas”, etc.), hubo muchos alumnos que no supieron responder a la pregunta, y los examinadores encontraron también muchas respuestas en blanco.

(d)(ii) No resulta sorprendente que esta pregunta, mucho más exigente, también tuviera muchas respuestas en blanco. Aquellos que se percataron de la necesidad de identificar la relación entera entre la longitud del tubo y la longitud de onda del sonido supieron predecir que sonaría el tercer armónico o dibujar el diagrama de la amplitud de la onda estacionaria frente a la distancia para el tubo.

P4 Solo NM

(a) Solamente alrededor del 10 % de los alumnos supo describir una onda longitudinal. Hubo errores como “ondas que oscilan”, “energía paralela al movimiento” y otros. Parece que son pocos los alumnos que entienden que las ondas se propagan mediante la oscilación de partículas.

(b)(i) La mayoría de los alumnos no entendió la situación representada por el gráfico y simplemente buscó números con los que multiplicar o dividir, con la esperanza de encontrar la respuesta correcta. Aquellos que se percataron de que la onda había avanzado 0,3 m en 0,882 ms y que utilizaron $velocidad = distancia/tiempo$ con frecuencia olvidaron el prefijo en la unidad ms.

(b)(ii) Hubo varios alumnos que confundieron el eje x y dieron el período de tiempo como 1,6 s. Pero hubo muchos que consiguieron que se les reconociera el error por arrastre al aplicar la ecuación de onda a su respuesta de la pregunta anterior. Debe enfatizarse, no obstante, que solo pueden darse puntos así cuando el razonamiento del alumno se comunica con claridad. No es el trabajo del examinador leer el pensamiento del alumno.

(c)(i) y (ii) A los alumnos les resultó difícil relacionar el gráfico con la naturaleza física de la onda longitudinal. Se trata claramente de un aspecto que no entienden bien. Merece la pena

relacionar los gráficos desplazamiento-tiempo y desplazamiento-distancia con el fenómeno de las ondas longitudinales y transversales.

P5 Solo NS

(a) La velocidad de escape es la velocidad requerida por un objeto *en la superficie de un planeta* (u otro objeto masivo) para alcanzar el *infinito*. Rara vez se expresó así. Hay otras muchas afirmaciones posibles y se permitieron todas las respuestas válidas. Sin embargo, aquellos alumnos que hablaron de abandonar órbitas o de vencer el empuje de la atmósfera no pueden esperar puntos.

(b) Solo unos cuantos alumnos supieron resolver esta pregunta con facilidad. Los pasos imprescindibles son: igualar la energía total en la superficie con la energía total a la altura máxima, expresar la energía cinética de la superficie en función de la velocidad de escape utilizando los datos y la ecuación de la velocidad de escape del Cuadernillo de datos, y finalmente restar R para tener en cuenta la variación de altura desde la superficie, y no desde el centro del planeta. Las soluciones correctas fueron extremadamente infrecuentes.

(c) Esta es una vieja historia: la energía total de un satélite en órbita que sufre un arrastre por rozamiento reduce su radio orbital y por consiguiente se acelera. Hubo muchos alumnos que creyeron que la pérdida de energía total solo significaba una pérdida de energía cinética y, por tanto, menor velocidad.

P5 Solo NM

Hubo bastantes alumnos que no tuvieron en cuenta las unidades en esta pregunta. Deben darse las unidades (con las potencias de diez correctas) en todas las respuestas para que sean físicamente creíbles.

(a) La mayoría de los alumnos sabía que un voltímetro ideal tiene resistencia infinita, pero hubo muchos que creyeron que su resistencia era nula.

(b)(i) y (ii) Se trata de un gráfico muy típico que los alumnos deberían haber visto como parte de sus estudios (guía de la asignatura: tema 5.3.9). Sin embargo, solo una minoría supo utilizarla para hallar la f. e. m. y la resistencia interna de la celda.

(c) Debe enfatizarse que los alumnos necesitan demostrar que están utilizando las ecuaciones correctas y que han hecho las sustituciones numéricas correctas. No se otorgan puntos por copiar respuestas directamente de la calculadora sin una indicación clara del origen de los números.

(d) Muchos dejaron esta pregunta en blanco o indicaron la dirección al azar.

P6 Solo NS

(a) Aunque parece tratarse de un clásico cálculo de Kirchhoff, puede responderse de una manera mucho más simple. Como en exámenes anteriores, quedó claro que los alumnos del IB dominan mal la teoría de la electricidad y no aciertan a establecer conexiones fundamentales entre los conceptos clave. El hecho de que el amperímetro dé una lectura cero debería haber

hecho ver inmediatamente a los alumnos que la malla de resistencias de 3 ohmios es irrelevante y que, por tanto, la d. p. a través de la resistencia de 4 ohmios ha de ser igual a la f. e. m. de la celda desconocida, una respuesta sencilla de dos líneas. No obstante, resultó gratificante comprobar que fueron muchos los alumnos que lograron el primer punto por hacer un intento razonable de resolución con una malla de Kirchhoff. Sin embargo, algunos no lograron llegar a resolver el problema completamente. Los alumnos deberían observar el circuito (simple) y redibujarlo o pensar en cómo se podría simplificar.

(b)(i) Un número sorprendentemente alto de alumnos supo mostrar que $V=BvL$ en la situación expuesta. Las mejores soluciones o bien igualaron los campos magnético y eléctrico o bien igualaron el trabajo efectuado (*fuera x distancia*) con el producto de la d. p. y la carga. Se permitieron algunas soluciones basadas en el ritmo de cambio del flujo, pero estas se explicaron por lo general de forma deficiente.

(b)(ii) La mayoría de los alumnos supo atribuir la acumulación a la placa inferior; solo unos pocos se la atribuyeron a la placa superior. Hubo un número considerable de alumnos que creyeron que era el lado derecho del diagrama y claramente no habían analizado ni entendido la situación.

P6 Solo NM

(a) Hubo muy pocos alumnos capaces de responder a esta pregunta con confianza. Muchos restaron 8,398 de 8,450 pero no llegaron más lejos. La pregunta indica que estos números se refieren a la energía de enlace **por nucleón**, por lo que el resultado de la resta debe multiplicarse por el número de nucleones.

(b) Se resolvió correctamente por lo general.

(c) El nuevo programa de estudios pide a los alumnos que tengan en cuenta el trasfondo filosófico y contextual de los conceptos que investigan. Se anima encarecidamente a los profesores a integrar "Naturaleza de la ciencia" en lo que enseñan. La física fue creciendo con nuevas ideas que daban sentido a un mundo que de otra manera resultaba confuso. Los alumnos han de conocer no solo los hechos, sino también la razón de ser de los hechos.

Muchos alumnos no obtuvieron ningún punto en esta pregunta.

P7 Solo NS

Este fue el primer test de este material nuevo de la guía. Aun cuando hubo muchas respuestas con una puntuación alta, los alumnos más flojos no supieron en general responder a las partes descriptivas o con cálculos difíciles del final de la pregunta.

(a) La inmensa mayoría tenía al menos una idea razonable de la forma general de la curva de descarga. Los detalles más sutiles, sin embargo, no se representaron bien. El gráfico debería partir de los 12 V y cruzar la curva previa en 6 V para luego alcanzar idealmente un valor de en torno a 0,2 V a los 100 s. Como suele ocurrir, los alumnos no observan con ojo crítico la evidencia que se les presenta, y los examinadores encontraron curvas demasiado altas en el punto de intersección, curvas que cortan el eje temporal e imprecisión en la posición inicial

para $t = 0$. Una minoría considerable dibujó una línea horizontal en 12 V, dando a entender que no había ningún cambio.

(b)(i) Los examinadores pedían una explicación del significado de la constante de tiempo en función del tiempo invertido por la carga/d. p./corriente en el condensador o en el circuito para $\frac{1}{e}$ caer hasta e de su valor inicial, o el equivalente inverso para la carga. Para esto no valía con describir la constante de tiempo como RC , que era simplemente una cita directa del Cuadernillo de datos.

(b)(ii) Se trataba de una aplicación directa de $\tau = RC$ que valía un punto. En esta ocasión, se perdonaron los (habituales) redondeos erróneos (a $4,8 \text{ M}\Omega$ en vez de a $4,9 \text{ M}\Omega$), pero también fueron habituales las incorrecciones en potencias de diez.

(c)(i) y (ii) Se vieron muchas respuestas erróneas. No se pedía justificación, aunque en muchos casos se dio. La mayor parte de los alumnos afirmó que bajaría la diferencia de potencial a través del condensador y que la carga permanecería igual, tratando así la situación como si la celda estuviera aún conectada al condensador. Los examinadores sospechan que se había enseñado a los alumnos ese caso particular y que no supieron deducir la física de una situación diferente.

(d)(i) Hubo un número gratificante de alumnos que reconocieron que el valor de la capacidad eléctrica se duplica cuando lo hace la permitividad y supieron pasar a calcular la nueva energía almacenada resultante.

(d)(ii) Muchos no supieron dar una descripción clara del destino de la energía perdida por el condensador, cuando lo único que se pedía en realidad era decir que se transfería a la resistencia o que se acabaría disipando en el entorno.

P8 Solo NS

(a) Solo en alrededor de la mitad de las pruebas se supo mostrar correctamente que el número leptónico se conserva en la ecuación indicada. El principal fallo fue no dejar claro que el número leptónico de *los dos* quarks es cero; por lo general, los alumnos centraron su atención y sus comentarios solo en el quark d. Así, se escribieron típicamente las ecuaciones como $0 \rightarrow 1 + -1$ sin ninguna indicación clara de que el quark u estuviera siquiera presente en la ecuación.

(b)(i) Como en años anteriores, los alumnos no habían memorizado la definición de energía de enlace y no supieron componer una definición a partir de su comprensión del concepto.

(ii) Los cálculos de la energía liberada en la desintegración fueron por lo general buenos, aunque quizá un 30 % del alumnado solo supo evaluar la diferencia entre la energía de enlace *por nucleón* y no supo avanzar más allá hacia la variación en la energía de enlace para el núcleo completo.

(c) Se trataba de una pregunta que hacía referencia a las partes del programa de estudios sobre la naturaleza de la ciencia. Aunque se vieron muchas respuestas dignas, fue poco habitual que los alumnos obtuvieran más de 2 de los 3 puntos disponibles. Hubo un número

considerable de respuestas en blanco a esta pregunta, lo que sugiere que los alumnos no estaban bien preparados para responder a este tipo de discusión abierta.

P9 NS y P7 NM

(a) Como en otras partes de la prueba, se trataba de un caso de “muestre que” y se debía convencer completamente al examinador del origen de la idea física y de la evaluación del resultado. Para los que recurrieron a hacer el cálculo, se pedían cuatro cifras significativas. Los que prefirieron no utilizar su calculadora tenían que mostrar una ecuación algebraica completa con la sustitución completa mostrando los factores 4π . Al haber en esta pregunta una cierta ambigüedad en el significado de “área” (círculo o esfera), era imprescindible ser claro aquí para obtener la puntuación total. Por lo general, los alumnos deberían haber descrito sus desarrollos en mayor profundidad, incluyendo una mención de la ecuación, la sustitución de valores *al completo* y la respuesta expresada en un número apropiado de cifras por encima de los que se daban en la pregunta.

(b) Se permitió bastante flexibilidad en esta parte. Fue habitual ver el resultado de 980 W m^{-2} de potencia que cae sobre la Tierra, y a continuación casi todos los alumnos supieron identificar que eso era cuatro veces la respuesta mencionada. En esta ocasión, los examinadores no exigieron expresar la cancelación de 4π y π , que es la idea física expuesta. Afortunadamente, ya que la mayoría de alumnos no la mencionó. Solamente unos pocos dieron buenas explicaciones geométricas del origen del factor 4.

(c) Eso fue una gran decepción, dado que la ecuación para esta parte está tomada directamente del Cuadernillo de datos y, aun así, un número alto de alumnos no pudo lograr el punto. Muchos obtuvieron cero puntos pese a escribir la ecuación del Cuadernillo de datos. Las ecuaciones copiadas directamente rara vez aportan puntos en las evaluaciones de Física del IB, aunque es importante mencionarlas como primer paso en la respuesta.

(d) Con demasiada frecuencia, los alumnos afirmaron que los gases de efecto invernadero “atrapan el calor” y ahí dejaron su respuesta. Fue comparativamente infrecuente encontrar respuestas bien redactadas que aludieran a la longitud de onda concreta de la radiación respectiva, a su absorción (o al mecanismo de absorción) por parte de los gases de efecto invernadero *en la atmósfera* y a la descripción de la re-radiación de la energía *en todas las direcciones*, de modo que aumenta la temperatura de equilibrio de la Tierra.

P10 Solo NS

(a) Hubo muchas respuestas buenas a esta primera parte. Una mayoría se percató de que el mecanismo implicado era la interferencia constructiva. Algunos menos discutieron bien la relación entre la amplitud y la intensidad, con lo que dedujeron el factor de 16 para una amplitud cuatro veces mayor que la original.

(b)(i) y (ii) Estas preguntas resultaron muy exigentes para los alumnos. La mayoría de los alumnos no tenía claro el auténtico significado de la envolvente de difracción (con su primer mínimo en $0,43 \text{ rad}$) y del primer máximo de interferencia (un máximo en $0,125 \text{ rad}$), por lo que utilizaron ángulos y ecuaciones inapropiados. Este es un ámbito de trabajo nuevo en la guía, y es evidente que los alumnos deben abordarlo con mayor cuidado.

(c)(i) Muchos alumnos sabían que la intensidad de los máximos principales aumenta y que los máximos principales se vuelven más puntiagudos, pero carecían del vocabulario necesario para dejar totalmente claro que estaban refiriéndose a los máximos principales. Casi todos discutieron cambios en los “máximos”, sin más. Los cambios en los máximos secundarios eran infrecuentes, por lo que se trata de nuevo de un ámbito con el que los alumnos deberían estar más familiarizados.

(ii) Muchos resolvieron bien el cálculo del número mínimo de rendijas, que evidentemente se ha practicado ampliamente. El error principal consistió en la omisión del factor de 2 al considerarse las líneas de segundo orden.

P11 Solo NS

(a)(i) Entre los requisitos imprescindibles para la respuesta se encontraban la transformación clara y correcta de los valores en MeV a julios y la sustitución precisa de todos los valores (incluidas las constantes físicas) en una expresión coherente. Una alternativa que mereció puntos fue alcanzar el valor final calculado con calculadora con un número convincente de cifras significativas. Con frecuencia, faltaron elementos de ambas alternativas.

(a)(ii) La determinación de la densidad del material nuclear debería haber sido directa, pero las omisiones habituales de 3 en $\frac{4}{3}\pi r^3$ y las confusiones con potencias de diez hicieron que solo alrededor de la mitad de los alumnos lograra todos los puntos.

(b) Solo en la primera parte de la pregunta se exigía una explicación completa de los cambios acontecidos al utilizar un isótopo. Eso fue en la primera parte (distancia de la aproximación más cercana). Muchos se conformaron con decir que no había “ningún cambio” y no ampliaron esa respuesta. Los examinadores fueron benévolos y aceptaron como respuesta válida muchas formulaciones, como “porque la carga es la misma”/“el número de protones es el mismo”/“los neutrones no tienen carga”, etc. No obstante, bastaba con una afirmación que contuviera “el mismo” o palabras equivalentes para la segunda parte: la estimación de la densidad nuclear.

(c) Era una pregunta final difícil y resultó positivo comprobar que la respondió bien alrededor de la mitad de los alumnos. Muchos utilizaron un valor para Δx de 7×10^{-15} m, pero valores de la mitad o el doble de este se aceptaron como estimaciones igualmente buenas del radio nuclear. A partir de ahí, muchos supieron trabajar con la incertidumbre del momento para obtener valores evaluados con precisión. Pero, llegados a este punto, las cosas comenzaron a ir mal. Los alumnos o bien presentaron su respuesta en julios (se pedía en MeV) o no supieron manejar las potencias de diez de los cálculos.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza de futuros alumnos

Se recomienda enseñar a los alumnos:

- A estructurar sus cálculos, dando explicaciones completas de los pasos seguidos
- A tener en cuenta el significado de los términos de instrucción en las preguntas

- A presentar el material, tanto escrito como dibujado, de manera lógica y coherente
- Estrategias para responder en el examen cuando no hay posibilidad de elección
- A presentar respuestas que se ciñan claramente al contexto de la pregunta tal como está formulada
- A aprender a reproducir elementos y descripciones estandarizados de los fenómenos; p. ej., el significado de la energía de enlace y de la velocidad de escape o la naturaleza de las ondas progresivas longitudinales

Prueba 3 del Nivel Superior y del Nivel Medio

Límites de calificación del componente

Nivel Superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-6	7-13	14-19	20-23	24-27	28-31	32-45

Nivel Medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0-4	5-8	9-13	14-16	17-19	20-22	23-35

Comentarios generales

La prueba se basaba en la nueva *Guía de Física*. La sección A se preparó para la evaluación sumativa, principalmente del tema 1, "Mediciones e incertidumbres". Los contextos para la evaluación se seleccionaron adecuadamente. Los alumnos demostraron entender bien los dos contextos, el de la oscilación de barras y el de la medición del índice de refracción con un microscopio.

Las opciones de la sección B estaban bien equilibradas. En cada una de las opciones había preguntas que medían el nivel de conocimiento, la comprensión, las habilidades, etc. de los objetivos de evaluación 1, 2 y 3 exigidos en el programa de estudios. En línea con la *Guía de Física*, la prueba presuponía también conocimientos de la materia troncal.

Las preguntas de la sección B estaban también adaptadas a contextos y aplicaciones seleccionados. Los alumnos demostraron disponer de tiempo suficiente para el trabajo. El índice de discriminación de la prueba estuvo dentro de los límites apropiados. La dificultad de todas las opciones fue casi la misma. Entre las respuestas, hemos podido encontrar muchos ejemplos de buena comprensión de cada pregunta. Casi todos los alumnos respondieron a todas las preguntas de la sección A y a todas las preguntas de una opción seleccionada. La inmensa mayoría de los alumnos mantuvo las respuestas dentro de los cuadros provistos y, cuando utilizaron hojas suplementarias, lo indicaron en el cuadro de respuesta. La caligrafía parece mantenerse en el nivel de convocatorias anteriores; las respuestas fueron legibles.

Áreas del programa y del examen que les resultaron difíciles a los alumnos

Algunos alumnos no supieron presentar sus desarrollos de manera lógica y clara. Algunos no atendieron a las frases clave, con lo que no leyeron ni respondieron a las preguntas con precisión. Por lo general, los alumnos tuvieron en cuenta expresiones como “defina”, “muestre que”, “compare” y “distinga entre” mejor que en convocatorias anteriores.

Dificultades con particularidades del programa de estudios:

- Barras de error (1.2)
- Explicar cómo se reducen los errores sistemáticos (1.2)
- Utilizar la proporción directa (requisito matemático, p. 22)
- Analizar y evaluar hipótesis (objetivos de evaluación, p. 18)
- Fuerzas sobre una carga (A.1)
- Diagramas de espacio-tiempo (A.3)
- Resolución de problemas usando cantidades rotacionales (B.1)
- Explicar situaciones en las que interviene el efecto Bernoulli (B.3)
- Espejo divergente, diagramas de rayos (C.1)
- Resolver problemas en los que interviene la ecuación de la lente delgada (C.1)
- Telescopios refractores ópticos astronómicos simples (C.2)
- Resonancia magnética nuclear (C.4)

Otras dificultades:

- Errores aritméticos y algebraicos, errores con la calculadora
- Errores de unidades (p. ej., metros para el índice de refracción; no penalizados en la mayoría de las preguntas)
- Errores con potencias de diez en los cálculos, que a veces dieron lugar a resultados no realistas (p. ej., estrellas a distancias de unos pocos kilómetros)
- Disposición de los desarrollos de las preguntas numéricas, que a veces hacen difícil ver dónde está el error y conceder puntos parciales o puntos por errores de arrastre
- Secuenciar la presentación de los hechos para apoyar una explicación y descripción
- Algunos alumnos leyeron las preguntas superficialmente y presentaron afirmaciones correctas pero que no respondían a la pregunta

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

Queda claro que una amplia mayoría de los alumnos ha visto la nueva *Guía de Física* y su estudio se basó en ella.

Los alumnos bien preparados supieron analizar las situaciones, presentar su trabajo de manera lógica y utilizar la terminología, las magnitudes físicas y las unidades apropiadas. La mayoría de los alumnos mostró su capacidad de analizar situaciones en contextos diversos y de leer y comprender las preguntas. Demostraron comprensión de los datos y conceptos y supieron utilizarlos con la terminología apropiada. La mayoría de los alumnos demostró su capacidad de presentar con claridad los datos conocidos mediante palabras y oraciones.

Puntos fuertes y débiles de los alumnos al abordar cada una de las preguntas

Sección A Ambas preguntas estuvieron al alcance de los alumnos bien preparados. Sin embargo, muchos alumnos fallaron en diversas partes de las preguntas.

P1

(a) De manera imprevista, hubo un gran número de alumnos que trazaron una línea recta como línea de ajuste óptimo y demostraron que no entendían la expresión básica “línea de ajuste óptimo”.

(b) Esta pregunta discriminó bien entre los alumnos. Solo hubo unos pocos alumnos que no supieron leer correctamente la incertidumbre a partir del gráfico o que utilizaron el valor del tiempo en lugar del valor del desplazamiento.

(c) Esta pregunta fue la más problemática para los alumnos. Muchos de ellos, incluso los que en general se desarrollaron bien, fallaron en (i) y en (ii); (ii) discriminó bien entre los mejores alumnos y los de nivel de preparación medio. En (i) solo alrededor de la mitad de los alumnos supo dibujar el punto correctamente y (ii) se respondió de una manera muy floja, al no captar los alumnos la diferencia entre lineal y proporcional.

P2

(a) Un número de alumnos bastante grande contestó con 3 cifras significativas en (i), pero el apartado (ii) sobre la propagación de la incertidumbre se respondió bien.

(b) y (c) El nombre del error se indicó por lo general bien, y los alumnos con un nivel de preparación medio o alto identificaron bien el efecto del error sobre el valor calculado en (ii), mientras que solo los mejores alumnos explicaron bien el efecto del reemplazo del portaobjetos de cristal. Esta pregunta tuvo un alto grado de discriminación. Algunos alumnos fallaron en (c) por falta de precisión, al aludir al material del portaobjetos y no aludir al efecto sobre el valor calculado. Algunos alumnos tuvieron dificultades para aplicar este tema en contextos diferentes.

Sección B

Opción A Relatividad

3. Buena pregunta sobre los términos y conceptos básicos de la relatividad especial. Fue bien resuelta por muchos alumnos, incluso algunos de los más flojos.

4. Pregunta interesante que medía el nivel de conocimiento de la relatividad de fuerzas sobre la carga y la corriente, así como la capacidad para construir una explicación detallada de fenómenos complejos. La mayoría de los alumnos obtuvo pocos puntos; solo el mejor obtuvo la puntuación total. Muchos alumnos entendieron que habría una fuerza electrostática y una fuerza magnética, pero no supieron indicar si esta sería atractiva o repulsiva para justificar la respuesta.

5. Pregunta típica sobre la relatividad que, por lo general, se respondió bien. Los alumnos flojos cometieron errores con los sistemas de referencia y algunos cometieron errores algebraicos o aritméticos.

6. La pregunta sobre diagramas de espacio-tiempo resultó difícil para aquellos alumnos no acostumbrados a trabajar con estos diagramas. El apartado más fácil fue el (b) y el más difícil el (c)(i). Aquí hemos visto muchas respuestas excelentes; recomendamos utilizar preguntas similares en el futuro.

7. (Solo NS) Esta pregunta detectó una falta de capacidad por parte de los alumnos con nivel de preparación medio o escaso para utilizar de forma eficaz la terminología apropiada y para resolver problemas complejos desconocidos.

Opción B Física en ingeniería

8. (NM 7) Cuerpo rígido

(a) La mayoría de los alumnos comprende el concepto del momento de fuerza y muchos de ellos supieron también presentar el concepto de manera adecuada. Algunos alumnos dieron respuestas flojas que simplemente repetían la pregunta.

(b)(i) Problema complejo que mide el nivel de comprensión, de conocimiento de la asignatura y de sus aplicaciones y la capacidad de resolución de problemas. Muchos alumnos obtuvieron uno o dos puntos por identificar correctamente los conocimientos que había que aplicar, pero los mejores alumnos supieron también aplicar la segunda ley de Newton para el movimiento angular. Un pequeño porcentaje de los alumnos utilizó la conservación de la energía, por lo general bien, con buenos resultados.

Fueron muy pocos los alumnos del NM que lograron hallar el resultado que se pedía. El error más común fue confundir el ángulo de la pendiente con el ángulo de la fórmula del momento de fuerza. Muy pocos se percataron de que tenían que utilizar la ley de Newton tanto para el movimiento lineal como para el movimiento rotacional. Las respuestas fueron a menudo difíciles de leer, por carecer de estructura lógica alguna.

(ii) Tras el problema complejo de (i), muchos alumnos fallaron en la aplicación de la fórmula del movimiento uniformemente acelerado para la distancia recorrida. No obstante, los alumnos de nivel medio o alto no tuvieron dificultades.

(c), (d) Solo los mejores alumnos esbozaron bien el efecto de los reemplazos del cilindro sólido con el bloque de hielo y el cilindro hueco; muchos de ellos construyeron buenas explicaciones detalladas.

Con excesiva frecuencia, los alumnos del NM repitieron la pregunta de (c) sin aportar argumentos que justificasen su razonamiento. Muchas respuestas incluyeron una discusión del momento de inercia del cubo de hielo y solo unos pocos alumnos del NM se percataron de que el momento de inercia aumentaría y aún menos los que dedujeron que la aceleración se reduciría.

9. (NM 8) Termodinámica

Pregunta típica con una variedad de conceptos termodinámicos en la que los alumnos preparados no encontraron dificultades serias.

10. (Solo NS) Dinámica de fluidos

Solo los mejores alumnos explicaron bien el cambio de presión en (b). La inmensa mayoría de alumnos diferenció entre flujo laminar y turbulento en (c).

11. (Solo NS) Vibraciones forzadas

Solo los alumnos que habían estudiado esta parte del programa en detalle comprendieron bien y supieron aplicar el factor de amortiguamiento y el desplazamiento de fase en el estado de resonancia y las vibraciones forzadas por la resonancia.

Opción C Imágenes

12. (NM 9) El diagrama de rayos para un espejo esférico resultó difícil y muchos alumnos fallaron. La mayoría de los alumnos esbozó bien la comparación de los espejos parabólico y esférico.

13. (NM 10) Los mejores alumnos supieron aplicar el conocimiento de lentes, microscopios y telescopios; muchos alumnos flojos obtuvieron aquí apenas unos pocos puntos.

14. (NM 11) Muchos alumnos no estaban familiarizados con los conceptos de fibras de índice gradual y de dispersión por guiado de onda. El resto aportó aquí explicaciones detalladas.

Muchos alumnos del NM trazaron líneas rectas en (a), y en (b) muchos alumnos del NM confundieron la dispersión material y la dispersión por guiado de onda. Fueron muy pocos los alumnos del NM que proporcionaron respuestas con el nivel de sofisticación esperado.

15. (Solo NS) Los mejores alumnos supieron utilizar bien la información sobre el coeficiente de absorción para evaluar el efecto de las láminas de aluminio en las imágenes médicas. Muchos

de los alumnos más flojos fallaron en la aplicación de la fórmula correcta; algunos fallaron en la interpretación del gráfico proporcionado.

16. (Solo NS) La gran mayoría de los alumnos comparó las IRM y los rayos X en (a). En (b), solo los mejores alumnos explicaron de forma lógica y concisa la función del gradiente de campo, pero muchos alumnos obtuvieron al menos algunos puntos.

Opción D Astrofísica

La opción más popular de este año.

17. (NM 12) (a) Por lo general, se respondió bien.

(b) y (c) Pregunta interesante sobre transformaciones de unidades. Por lo general, se respondió bien, pero con mucha frecuencia los errores aritméticos o algebraicos llevaron a presentar resultados de unos pocos kilómetros, o incluso distancias propias de la física atómica, como la distancia de la estrella a la Tierra.

18. (NM 13) Pregunta muy bien resuelta. El apartado más difícil fue (e), donde los alumnos más flojos no supieron hacer predicciones apropiadas de fenómenos complejos. Muchos alumnos no llegaron a percatarse de que una gran parte de la masa sería expulsada durante la etapa planetaria de nebulosa. Muchas respuestas, especialmente en el NM, fueron más bien amasijos de afirmaciones sin apenas conexión lógica.

Muy pocos alumnos del NM parecían saber cómo calcular el área superficial de una esfera.

19. (NM 14) Pregunta con buen nivel de discriminación entre alumnos.

(a) Solo los mejores alumnos esbozaron el desplazamiento cosmológico hacia el rojo en (i) y el cociente entre el tamaño del universo cuando la luz se emitió y el tamaño actual en (i).

(b) La mayoría de los alumnos elaboró explicaciones y los mejores alumnos explicaciones muy detalladas de este problema complejo.

20. (Solo NS) Gran diversidad de respuestas, desde las que mostraban escasos conocimientos hasta las que revelaban amplios conocimientos sobre los procesos estelares.

21. (Solo NS) Pregunta sencilla sobre cosmología en la que los alumnos más flojos incurrieron en algunas incoherencias.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza de futuros alumnos

A partir de los indicios que aportan las respuestas de esta convocatoria, podemos ofrecer las siguientes recomendaciones:

Los alumnos obtienen mejor puntuación en la prueba 3 si:

- Se les informa sobre las metas, objetivos y detalles del programa en las etapas iniciales de su estudio del Programa del Diploma del IB y si en las etapas finales repasan su comprensión de los términos y definiciones básicas que se mencionan en la *Guía de Física*.
- Se les informa sobre los términos de instrucción estándar y esos términos se usan a menudo en la comunicación entre profesor y alumno durante todo el proceso de aprendizaje/enseñanza; esto parece tener la misma importancia para los alumnos que estudian en su lengua materna y los que lo hacen en una segunda lengua.
- Estudian la opción antes de repasar la física troncal para buscar conexiones entre los temas.
- Usan el Cuadernillo de datos para resolver problemas complejos con múltiples pasos.
- Intentan no solo comprender y aplicar sino también recordar las formulaciones de las definiciones, especialmente las de magnitudes físicas, que se utilizan solo en las opciones.
- Se les prepara para expresar sus ideas por escrito, de forma lógica, en orden e indicando cada paso.
- Se les anima a escribir algunas palabras explicando sus desarrollos en cálculos, deducciones y otros usos de fórmulas; esto es especialmente útil en respuestas alternativas o no totalmente correctas en las que los alumnos pueden obtener algunos puntos por desarrollos parciales y también ayuda al alumno a detectar errores que pueden corregir en sus deducciones o cálculos.
- No pasar por alto las unidades; esporádicamente encontramos errores como, p. ej., un índice de refracción bien calculado con unidades de distancia o una respuesta absurda por errores en potencias de diez.
- Se les anima a tener cuidado con la distinción entre “linealmente dependiente” y “directamente proporcional”.

Debe recordarse a los alumnos que toda palabra ha de ser legible, ya que el proceso es bidireccional: no se acaba al escribir una respuesta, sino que alguien ha de poder leerla y evaluarla. Las respuestas deben estar en el interior del cuadro o en hojas suplementarias.

También debe recordarse a los alumnos que no se penalizan las respuestas erróneas (si no son contradictorias con la respuesta correcta), por lo que el desarrollo y la respuesta solo deben tacharse si se da una respuesta alternativa mejor. A veces algunos alumnos tachan respuestas parcialmente correctas y no dan ninguna otra respuesta.