

Informe general de la asignatura, noviembre de 2013

Física

Bandas de calificación

Nivel Superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 – 15	16 – 29	30-43	44 – 53	54-62	63-72	73 – 100

Nivel Medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 – 14	15-27	28-38	39-47	48 – 58	59-68	69 – 100

Evaluación interna del Nivel Superior

Bandas de calificación del componente

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

Evaluación interna del Nivel Medio

Bandas de calificación del componente

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

Comentarios generales

La moderación de la EI (evaluación interna) para la convocatoria de exámenes de noviembre de 2013 se desarrolló sin dificultades significativas. Se utilizaron diversos impresos 4/PSOW, pero todos ellos incluían la información requerida y se cumplimentaron correctamente. La

mayoría de los profesores anotaron los informes de los alumnos explicando los niveles de evaluación de la EI. Esto ayudó a los moderadores. La mayoría de los informes de los alumnos se hicieron con procesador de texto y las gráficas se dibujaron con aplicaciones gráficas.

Ámbito y adecuación del trabajo entregado

La mayoría de los colegios ha seguido un programa práctico muy completo y los profesores evalúan trabajos apropiados. Hubo un uso generalizado de tecnologías de la información. Aunque la mecánica viene siendo tradicionalmente el elemento central del trabajo práctico, existe una gran variedad de actividad manual en las principales áreas temáticas de la física. La dificultad de las investigaciones se mantiene en el nivel correcto de forma coherente. De hecho, la calidad del trabajo de EI en esta convocatoria de los exámenes ha sido excepcional y algunos de los informes de los alumnos sencillamente geniales.

Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

Diseño: La mayor parte de los colegios utiliza propuestas de diseño consolidadas. En unos pocos casos, sin embargo, las propuestas no fueron adecuadas al dar el profesor al alumno una fórmula relevante junto a la variable independiente. Las mejores propuestas de diseño son aquellas que llevan a los alumnos a investigar una relación entre dos variables y no un valor concreto. Los alumnos deben tener presente que para lograr la nota completa en Diseño es necesario definir las variables (y afirmaciones vagas como “mediré el tiempo” requieren una aclaración respecto a cómo se hará). También las definiciones operacionales ayudan en el diseño de un método. Esto cae dentro de la capacidad para controlar las variables. El Diseño no es una actividad basada en investigación científica ni en libros de texto.

Obtención y presentación de datos (OPD): Como en ocasiones anteriores, los alumnos han logrado las mejores puntuaciones bajo el criterio OPD. Los moderadores buscan una breve indicación de por qué el alumno da un valor concreto para la incertidumbre, y ello tanto para los datos brutos como para los procesados. Se espera que se presenten los datos en gráficas y, de hecho, esto se exige para la evaluación completa en OPD. Los profesores deben ser conscientes de este requisito.

Conclusión y evaluación (CE): En lo que se refiere al aspecto 1 de la CE, los alumnos necesitan pensar más allá de los datos disponibles, con el fin de dar una justificación basada en una interpretación razonable de los datos. Con esta intuición se pueden examinar los extremos del rango de datos, el origen de la gráfica o el punto de corte con el eje y en busca de un significado físico. Los alumnos pueden incluso dar alguna interpretación física de la relación general. Es necesario que los profesores se fijen en ello cuando califican el aspecto 1 como completo, ya que a menudo los moderadores tuvieron que cambiar una puntuación “completa” por una “parcial”. La evaluación de la CE es mejor cuando los alumnos han diseñado y llevado a cabo la investigación por sí mismos. Muchos alumnos construyen dos columnas paralelas para los aspectos 2 y 3 de la CE. Esto les ayuda a aclarar las ideas.

Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos

- Muchos colegios están concediendo a sus alumnos tan solo dos oportunidades para lograr sus mejores puntuaciones. Es recomendable que, después de que los alumnos se hayan familiarizado con las expectativas de la EI, tengan varias oportunidades de ser evaluados, quizás tres o cuatro, a partir de las que obtener las dos más altas para la EI de cada criterio.
- Puesto que la puntuación de la EI forma parte de la calificación global de BI, es importante que los alumnos lleven a cabo su propio trabajo. Deben obtener sus propios datos, decidir cómo procesarlos y escribir solos el informe. El trabajo en grupo no está permitido.
- Aunque muchos colegios tienen correctamente en cuenta los errores y las incertidumbres, para otros colegios sigue siendo una de las áreas más flojas. Es necesario que los profesores evalúen apropiadamente el tratamiento de las incertidumbres en el trabajo de laboratorio.
- Los profesores han de tener en cuenta que por lo general resulta demasiado difícil conseguir mejoras en experimentos tradicionales y muy consolidados para la CE.

Otros comentarios

Los profesores deben asignar tareas apropiadas al realizar la EI. Solo unos pocos colegios no se dieron cuenta de ello y las puntuaciones de estos colegios tuvieron que ser ajustadas. Se recuerda a los profesores que una investigación de diseño no pretende ser un proyecto de investigación científica, que en diseño no se esperan hipótesis y que el profesor no debe sugerir la variable independiente al alumno.

Prueba 1 del Nivel Superior

Bandas de calificación del componente

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 – 10	11 – 17	18 – 24	25-27	28 – 30	31-33	34 – 40

Nivel Medio - Prueba 1

Bandas de calificación del componente

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 – 7	8 – 11	12 – 16	17 – 18	19 – 20	21 – 22	23 – 30

Comentarios generales

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

Solo un pequeño porcentaje del número total de profesores y de colegios devolvió los impresos G2. En consecuencia, es difícil conocer las opiniones generales ya que quienes devuelven los G2 pueden ser precisamente aquellos que tienen opiniones más vehementes sobre las pruebas. Las respuestas han indicado que las pruebas de mayo de 2013 tuvieron en general una buena acogida; muchos de los G2 recibidos contenían comentarios favorables. La mayoría de los profesores que hicieron comentarios sobre las pruebas consideraron que contenían preguntas de nivel adecuado y por lo general en la línea de las pruebas del año pasado.

Con pocas excepciones, los profesores han estimado que la presentación de las pruebas ha sido entre buena y excelente. En general, los profesores han estimado que la claridad de la redacción ha sido entre buena y excelente, pero un 25% de los colegios han comentado, tanto en el NM como en el NS, que la claridad de redacción era solamente aceptable. Por desgracia, no hubo comentarios detallados que indicaran cómo se podría haber mejorado la redacción.

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 indican en los recuadros inferiores.

Los números en las columnas A-D y en la de "En blanco" son los números de alumnos que eligieron esa opción o que dejaron la respuesta en blanco.

La clave (opción correcta) está indicada por 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 pues 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 mayor índice de discriminación 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 las preguntas de la prueba 1 del NS

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	55	395	632	31	2	56,68	0,68
2	331	644	74	64	2	57,76	0,66

3	23	31	182	879		78,83	0.4
4	72	459	346	235	3	31,03	0,48
5	1039	16	26	31	3	93,18	0,13
6	1075	9	7	23	1	96,41	0,09
7	13	24	37	1041		93,36	0,17
8	85	79	148	798	5	71,57	0,53
9	505	23	482	103	2	45,29	0.3
10	96	314	130	570	5	51,12	0,49
11	863	113	12	125	2	77,4	0,26
12	69	70	624	345	7	55,96	0,62
13	80	164	695	174	2	62,33	0,53
14	4	56	1039	16		93,18	0,14
15	413	590	75	35	2	52,91	0,64
16	37	21	1029	27	1	92,29	0,16
17	69	96	904	44	2	81,08	0,35
18	62	118	697	233	5	62,51	0,34
19	5	1001	50	57	2	89,78	0,17
20	221	51	768	63	12	68,88	0,56
21	491	124	19	480	1	43,05	0,61
22	613	67	81	352	2	54,98	0,55
23	722	183	115	92	3	64,75	0,5
24	83	904	55	71	2	81,08	0,37
25	193	581	262	76	3	52,11	0,35
26	27	12	6	1068	2	95,78	0,08
27	56	812	216	30	1	72,83	0,17
28	191	210	50	648	16	58,12	0,46
29	570	329	180	34	2	51,12	0,11
30	75	177	807	52	4	72,38	0,44
31	26	141	421	520	7	46,64	0,41
32	47	81	97	886	4	79,46	0,46
33	403	476	45	187	4	42,69	0,44
34	5	38	9	1059	4	94,98	0,12
35	113	715	156	117	14	64,13	0,45
36	468	114	480	45	8	43,05	0,47
37	700	269	122	23	1	62,78	0,41
38	964	88	36	22	5	86,46	0,3
39	169	766	142	35	3	68,7	0,47
40	37	1027	24	24	3	92,11	0,18

Número de alumnos: 1115

Análisis de las preguntas de la prueba 1 del NM

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	86	528	433	55	2	39,22	0,59
2	84	750	232	37	1	67,93	0,44
3	399	211	136	356	2	19,11	0,24
4	24	57	272	750	1	67,93	0,49
5	617	397	61	28	1	55,89	0,22
6	151	587	117	248	1	53,17	0,46
7	82	501	217	304		19,66	0,29
8	923	33	56	90	2	83,61	0,31
9	131	192	679	100	2	61,5	0,38
10	976	33	24	71		88,41	0,22
11	23	47	114	917	3	83,06	0,36
12	183	367	162	392		35,51	0,38
13	690	143	57	213	1	62,5	0,42
14	47	846	187	22	2	76,63	0,32
15	193	88	451	368	4	40,85	0,32
16	104	685	189	126		62,05	0,45
17	96	180	776	52		70,29	0,47
18	187	657	201	59		59,51	0,39
19	84	110	606	302	2	54,89	0,22
20	23	925	71	85		83,79	0,27
21	120	106	104	773	1	70,02	0,48
22	397	104	538	58	7	48,73	0,47
23	37	36	19	1012		91,67	0,17
24	406	45	67	586		36,78	0,49
25	121	174	215	592	2	53,62	0,67
26	25	86	23	970		87,86	0,23
27	37	269	794	3	1	71,92	0,39
28	411	59	514	119	1	10,78	0,08
29	60	729	171	142	2	66,03	0,54
30	583	282	190	46	3	52,81	0,43

Número de alumnos: 1104

Comentarios sobre el análisis

Dificultad

El índice de dificultad varía desde alrededor de un 31% en el NS y de un 11% en el NM (preguntas relativamente "difíciles") hasta alrededor de un 96% en el NS y de un 92% en el

NM (preguntas relativamente “fáciles”). Las pruebas arrojaron una distribución adecuada de las puntuaciones al tiempo que permitieron a todos los alumnos lograr puntos.

Discriminación

Todas las preguntas presentaron un valor positivo para el índice de discriminación. Lo ideal sería que el índice fuera aproximadamente mayor que 0,2. Esto se alcanzó en la mayoría de las preguntas. Un índice de discriminación bajo puede no ser el resultado de una pregunta poco fiable. Puede indicar un error conceptual extendido entre los alumnos o tratarse de una pregunta con un índice de dificultad alto.

Respuestas “en blanco”

En ambas pruebas, hubo un pequeño número de respuestas en blanco dispersas por toda la prueba. Esto podría indicar que los alumnos dispusieron de tiempo insuficiente para completar sus respuestas, pero también puede indicar que las cuestiones para las que estaban peor preparados estaban distribuidas a lo largo de todo el programa. Debe recordarse a los alumnos que no hay penalización por las respuestas incorrectas. Por lo tanto, si se desconoce la respuesta correcta, debería hacerse una suposición razonable. En general, algunos de los “distractores” deberían ser fáciles de eliminar, reduciéndose así el margen de conjetura.

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

El rendimiento de los alumnos en cada una de las preguntas individuales 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 suscitaron comentarios en los G2.

Preguntas comunes al NS y al NM

NS P1 y NM P1

Bastantes alumnos optaron por B. Los alumnos parecen haber sumado la incertidumbre absoluta en lugar de la relativa como aproximación para hallar la incertidumbre de la multiplicación.

NS P4 y NM P7

Esta pregunta resultó difícil para los alumnos y muchos eligieron los distractores B y D. Los alumnos han de saber que al calcular el trabajo efectuado por una fuerza variante, debe utilizarse la F_{media} y no las fuerzas inicial o final.

NS P10 y NM P12

Muchos alumnos eligieron B y esto puede haberse debido a no emplear el tiempo necesario para leer la pregunta con cuidado. Por lo general, las preguntas sobre el movimiento armónico simple piden la relación entre la aceleración y el desplazamiento, pero en este caso la pregunta pedía la relación entre la aceleración y la velocidad. Los alumnos saldrán beneficiados si comprueban que las otras opciones son erróneas antes de elegir según la impresión inicial.

NS P12 y NM P15

Varios alumnos interpretaron la relación al revés (amplitud e intensidad).

NS P20 y NM P22

Estas preguntas resultaron ser algo difíciles, en particular para los alumnos del NM. Aquí se podrían aplicar varios planteamientos diferentes, como fijarse en las dimensiones de las unidades fundamentales o considerar la causa y el efecto de aumentar cada una de las variables.

Preguntas del NS

NS P9

Un gran número de alumnos eligió C. Esto procede del error conceptual de pensar que la entropía del entorno siempre debe crecer, cuando en realidad hay situaciones en que puede decrecer.

NS P19

Aunque las líneas verticales de los diagramas A y B deberían haberse alejado del centro en una curva leve, se trata de diagramas esquemáticos y no supusieron dificultades apreciables para los alumnos. La inmensa mayoría de los alumnos eligió la respuesta correcta.

NS P21

Aunque la pelota se lanza con velocidad V , la pregunta se refiere a la componente vertical. Por consiguiente, la velocidad inicial en la dirección vertical ha de ser menor que este valor. Muchos alumnos no lograron reparar en esta circunstancia.

NS P23

La pregunta puede plantearse bien tomando el gradiente de la gráfica del potencial eléctrico para obtener la intensidad de campo eléctrico o bien partiendo del conocimiento de que el campo eléctrico dentro de una esfera cargada es igual a cero. De las dos maneras, se puede dar con la respuesta correcta.

NS P25

La respuesta correcta en este caso es B. Al caer la barra, se induce una corriente eléctrica que fuerza a los electrones a cruzar el diámetro del cable. Esto, a su vez, produce una fuerza hacia arriba sobre la totalidad de la barra, de acuerdo con la ley de Lenz.

NS P28

Hubo un problema con la traducción al español del enunciado de esta pregunta. La afirmación III "La energía cinética del electrón" debía haber correspondido al inglés "The kinetic energy of the electron increases". Esta afirmación incluía parte de la respuesta correcta (D), que se refiere tanto a esta afirmación como a la afirmación I. Se aplicó un ajuste manual a las notas de cada alumno para garantizar que ningún alumno se viera perjudicado por esta pregunta.

La prueba ha sido corregida para su publicación con la traducción correcta de "La energía cinética del electrón aumenta".

NS P29

Varios alumnos eligieron la opción B, olvidando aparentemente la relación recíproca entre la energía y la longitud de onda de los fotones emitidos.

NS P31

En esta pregunta se dio una división bastante equilibrada entre las respuestas C y D; muchos alumnos no repararon en que el campo magnético también afecta al proceso de selección de iones.

NS P33

Se dio una división bastante equilibrada entre las respuestas A y B en esta pregunta. Esto puede haberse debido bien a que los alumnos no leyeron las respuestas con atención o bien a que no captaron la diferencia entre ambas.

NS P36

Parece que muchos alumnos no convirtieron su respuesta a un porcentaje, dejándola como 0,02.

Preguntas solo en el NM**NM P3**

Aun cuando en un examen los alumnos habrían de valorar cuándo necesitan tomarse más tiempo para entender completamente la pregunta y fijarse en las anotaciones en los ejes de

las gráficas, un número considerable de alumnos eligió A a pesar de tratarse de la única gráfica que comienza con una aceleración de 0. La gráfica típica de velocidad frente a tiempo para los objetos que caen en el aire tendría esta misma forma y esto parece haber motivado la confusión de estos alumnos.

NM P24

Esta pregunta resultó ser difícil y muchos alumnos eligieron la respuesta D. Esto puede deberse al hecho de que habían encontrado ya estas unidades en el tema de la energía de enlace, lo cual pudo llevarles a hacer una asociación incorrecta. Con frecuencia, este tipo de preguntas pueden abordarse por eliminación. Siendo conscientes de que tanto la respuesta C como la D afectaban a la energía, era improbable que fueran la respuesta correcta. El cuadernillo de datos de física también muestra las masas de las partículas expresadas en las mismas unidades.

NM P28

Es importante que los alumnos sean conscientes de la diferencia entre las olas y los efectos de marea. Las olas son causadas fundamentalmente por el viento (y por tanto involucran a la energía solar), mientras que las mareas son causadas por la atracción de la Luna sobre el agua.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

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

No existe una estrategia correcta única con las preguntas de opción múltiple, por lo que se requiere flexibilidad de razonamiento. La respuesta correcta puede encontrarse por eliminación, teniendo en cuenta las unidades, por simple proporción, o bien por "exageración", permitiendo mentalmente que una de las cantidades se haga mucho mayor o mucho menor. En ocasiones, basta con recordar un hecho concreto.

Los alumnos deberían intentar responder a todas las preguntas. Cuando no sepan dar la respuesta correcta, deberían elegir la opción que les parezca más probable. Se ha de enfatizar que las respuestas incorrectas no provocan una penalización en la puntuación. A menudo hay respuestas que pueden eliminarse, bien porque son visiblemente absurdas, o bien porque dos respuestas son lógicamente equivalentes.

Las gráficas, 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, también a partir de las pruebas escritas, que esto no sucede.

El enunciado debe leerse con cuidado. 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.

Los alumnos pueden esperar que la proporción de preguntas que abarca un tema concreto coincida con la proporción de tiempo asignada a la docencia de ese tema, tal como se especifica en la Guía de Física.

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. A veces puede no ser 100% correcto, pero los alumnos de física deberían estar acostumbrados a identificar e ignorar cantidades que tengan una influencia despreciable.

Los alumnos deberían consultar la Guía de Física actual (Marzo de 2007) durante la preparación para el examen, con el fin de clarificar los requisitos para el éxito en los exámenes. La Guía invita a los alumnos a recordar algunos hechos simples, aun cuando la mayor parte de la física se orienta a procesos. Este tipo de hechos se prestan a preguntas de opción múltiple, por lo que los profesores no han de tener inconveniente en pedir a sus alumnos que ocasionalmente memoricen información. Las definiciones (que siempre se enuncian de forma deficiente en las pruebas escritas) se comprueban y se aprenden tal vez mejor con preguntas sencillas de opción múltiple.

Prueba 2 del Nivel Superior

Bandas de calificación del componente

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 – 11	12 – 22	23-33	34-43	44 – 52	53 – 62	63-95

Nivel Medio – Prueba 2

Bandas de calificación del componente

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 – 5	6 – 10	11 – 13	14 – 18	19 – 24	25 – 29	30-50

Comentarios generales

30 colegios del NS [32 del NM] cumplieron los impresos G2. Sigue siendo un motivo de queja de los examinadores que se devuelvan tan pocos. Los datos y los comentarios de estos impresos aportan una fuente de información valiosa durante la calificación.

Un número altísimo de colegios consideró que la prueba del NS tenía dificultad adecuada; 18 lo hallaron parecido al año anterior, cuatro un poco más fácil y siete un poco más difícil [en el NM, los números fueron 26, dos y cuatro]. 13 colegios consideraron muy buena la redacción; entre los restantes, muchos la juzgaron buena o aceptable [NM 12]. La presentación de la prueba satisfizo a un número similar de colegios.

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

- Medidas e incertidumbre
- Explicación de los cambios de momento
- Construcción de diagramas de cuerpo libre
- Enriquecimiento de combustibles y transferencia de energía
- La resonancia en el contexto del efecto invernadero.
- El mecanismo de formación de los espectros de emisión

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

- Cálculos de fuerza
- Cálculos de campo eléctrico
- Reacciones nucleares y cálculos de masa en reposo
- Fenómenos ondulatorios

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

Sección A

P1

(a) La destreza técnica pareció mejor este año que en ocasiones anteriores, con menos líneas duplicadas o emborronadas. Hubo, no obstante, muchas líneas rectas dibujadas sin atravesar todas las barras de error. En ocasiones, se añadió en casos así un comentario en la pregunta de la siguiente parte explicando que no era posible dibujar una recta que atravesara todas las barras de error.

(b) (i) La mayor parte de los alumnos supieron explicar la rectitud de la línea, pero fueron pocos los que aludieron a las barras de error. Algunos trataron de responder mediante un intento de discusión de la física del caso (sin aludir a la gráfica, que era lo que se les pedía).

(ii) Alrededor de la mitad de los alumnos lograron dos puntos aquí. Algunos no supieron extrapolar en absoluto e hicieron un análisis trigonométrico inútil para calcular un punto de corte. La mayoría de las estimaciones de extrapolación se dieron con hasta dos cifras significativas (cs), pero hubo quienes dieron solamente una cs. Se concedió el beneficio de la duda dándolo por bueno si la línea trazada estaba cerca de una línea de la cuadrícula. Los examinadores esperan dos cs de precisión en este tipo de pregunta.

(c) Esto se resolvió mal. No se tuvo en cuenta la instrucción “utilizando su respuesta de (a)”; es decir, la línea trazada. Muchos utilizaron claramente técnicas inapropiadas que habían aprendido de exámenes anteriores. Es importante que los alumnos se enfrenten a cada análisis de datos valorando el caso concreto. El análisis requerido varía entre las series.

P2 [y NM P4 parte 2]

(a) [y NM (g)]

Esto se respondió bien. Los alumnos tuvieron claro lo que se pedía y expresaron bien el sentido físico.

(b) [y NM (h)]

Una puntuación habitual aquí fue de dos puntos. Un error común consistió en omitir la energía perdida por el enfriamiento del vapor condensado. Bastantes alumnos por lo demás buenos no supieron llevar a cabo el paso final de cálculo y simplemente igualaron a 1,8 una secuencia larga de números sin evaluar. Esta incapacidad por parte de los alumnos de “mostrar” el razonamiento completo sigue siendo un problema.

(c) [y NM (i)]

Se observó con frecuencia el hecho de que la energía se pierde en el entorno, pero raramente se dieron respuestas completas y razonadas.

P3 [y NM P5 parte 2]

(a) [y NM (d)]

Son demasiados los alumnos que siguen pensando que $R=V/I$ es un enunciado correcto de la ley de Ohm en vez de una definición de resistencia. Para explicar bien cómo la gráfica muestra que X es óhmico era necesario aludir tanto a la gráfica (recta y pasando por el origen) como a la interpretación correcta de la ley de Ohm. La puntuación para Y era más fácil y por consiguiente se consiguió con frecuencia.

(b) y NM (e)

(i) Los cálculos de esta parte tan básica de la física fueron flojos. Hubo muchos errores en las potencias de diez provocados por errores aritméticos o por malas lecturas de las escalas de las gráficas. Se encontró habitualmente el valor 0,75 en lugar de 750.

(ii) Una vez más, en esta parte hubo errores en los conceptos físicos. Dos barras paralelas con la misma diferencia de potencial e igual resistencia tienen la misma corriente en cada una y por tanto, en este caso, la corriente total es de 8 mA, no de 4 mA. Esta última fue la impresión de muchos alumnos que no captaron completamente la física del circuito.

(iii) [NM solamente] Hubo buenas soluciones, si bien a menudo con valores erróneos arrastrados de las partes anteriores.

P4

(a) Esta pregunta se respondió bien. Solo unos pocos citaron el valor de R como definición o recurrieron a la energía por mol para dar una definición inválida.

- (b) (i) Muchos realizaron bien este cálculo sencillo.
- (c) Unos pocos alumnos restaron en lugar de sumar los 760 J; pero, por lo demás, se resolvió bien. Un error curioso por parte de una minoría considerable consistió en usar para el volumen un valor de $3,6 \times 10^{-3} \text{ m}^{-3}$.
- (d) La mayoría dio con la idea correcta en esta pregunta parcial, pero no fue capaz de obtener la puntuación total por imprecisiones que hicieron que el examinador tuviera que asumir la comprensión de los conceptos físicos por parte del alumno. Este problema se manifestó particularmente para la concesión del segundo punto. No se puede obtener la puntuación por repetir la palabra “rápido” (que estaba en la pregunta). Los alumnos deben explicar que el tiempo para la compresión es limitado y que, por ello, la energía no se puede transferir desde el gas.

P5

- (e) (i) Esta pregunta fue respondida bien por muchos, con solo unos pocos errores.
 - (ii) En muchos casos no se logró el segundo punto. Se pedía una secuencia de razonamientos completa. Se aumenta la velocidad de rotación de la espira *de modo que el tiempo invertido en un ciclo sea menor* (esto se omitió a menudo) y el ritmo de cambio del flujo con respecto al tiempo es por ello mayor, con el consiguiente aumento (según la ley de Faraday) de la f. e. m.
- (f) (i) Fueron demasiados los alumnos que mencionaron el promedio de una onda sinusoidal (cero sobre un ciclo) y no llegaron al fondo de la explicación: que el *mismo* efecto de calentamiento lo produce una corriente directa que actúa en una resistencia y que el valor de la corriente DC es la media cuadrática del valor AC.
 - (ii) Esta pregunta se resolvió bien por lo general. Los alumnos supieron qué ecuación utilizar y manejaron bien los datos. Algunos, no obstante, pasaron por alto el 2 al expresar la magnitud de la corriente.

P6 [y NM P2]

- (a) Esto se resolvió mal. Tanto la dirección como la posición de la fuerza de rozamiento fueron con frecuencia erróneas. Se dibujó mal la fuerza de reacción. Fue floja la rotulación de gráficas. Al peso se le llamó a menudo “gravedad”. Sigue siendo un problema la incapacidad de los alumnos para completar diagramas de cuerpo libre en los exámenes.
- (b) Esta parte, por el contrario, se completó bien. Está claro que los alumnos no observan su diagrama al responder a la pregunta pues, de haberlo hecho, los signos habrían sido correctos.

Sección B

Q7 Parte 1 [y NM P4 Parte 1]

- (a) Se respondió muy bien a esta pregunta sin ninguno de los errores típicos.
- (b) [y NM (c)]
- (i) Está claro que no se entienden bien las reglas de dirección ya que aquí hubo pocas respuestas correctas.
 - (ii) Se respondió bien a esta pregunta.
- (c) y (d) [y NM (d) y (e)]
- (a-b) Estas partes se respondieron bien.
- (e) [y NM (f)]
- (i) Muchísimas respuestas fueron demasiado imprecisas, con los alumnos mencionando, por ejemplo, reducciones de la sustancia a la mitad. Los examinadores esperaban que los alumnos se centraran en el número de núcleos *radiactivos* o de *átomos* en desintegración.
 - (ii) Bien respondida. La mayoría de los alumnos respondieron aludiendo a la desintegración de X y no del crecimiento del F-19. No obstante, esto se permitió debido a una ambigüedad en la pregunta.

Parte 2 [Solo NS]

- (f) Fueron demasiados los alumnos que dieron una definición que no expresaba bien que hablaban de una onda. Muchos tampoco supieron dar a entender el sentido en el que está implicado el movimiento relativo entre el observador y la fuente.
- (g) (i) Las respuestas fueron imprecisas. Se vieron expresiones tales como “hacia adelante”, “hacia atrás”, “a la izquierda” o “a la derecha”, que naturalmente carecen de sentido en el contexto de esta pregunta.
- (ii) Se realizaron bien los cálculos, pero fueron muchos los que dieron vueltas en círculos. Muy raramente se expresó la hipótesis de que la velocidad de la estrella es mucho menor que la de la luz.
- (h) (i) Fue infrecuente que se aludiera a un patrón de difracción y esta omisión hizo perder un punto. Los alumnos no han de esperar que el examinador dé esta información por sabida. Además, no se ganan puntos repitiendo el hecho de que las imágenes están “resueltas” (una mera reelaboración de la pregunta). Es importante dejar claro cuál es el significado físico de la situación.
- (ii) Se realizó bien el cálculo típico de la separación de los dos objetos dado el ángulo de resolución y se calculó bien la longitud de onda, con el pequeño porcentaje habitual de aquellos que pasan por alto el factor de 1,22 en la ecuación de Rayleigh (con la consiguiente pérdida de puntos).

Q8 Parte 1 [y NM P6 parte 2; NM P3]

(a) [y NM P6 (f)]

- (i) Se respondió bien a esta pregunta. Hubo solo algunos gases atmosféricos incorrectos en las respuestas.
- (ii) Los alumnos dieron por lo general una respuesta bien preparada a la pregunta de qué es el efecto invernadero. Lo que se pedía aquí era un análisis comparado. Los alumnos deben leer la pregunta y meditar su respuesta antes de lanzarse a escribir un párrafo preparado.
- (iii) [y NM P3 (a)] La mayoría obtuvo aquí toda la puntuación.

(b) Los alumnos abordaron muy bien los dos últimos puntos y con frecuencia lograron ambos. No obstante, se mostró mala comprensión de las razones por las que se necesita retirar el U-238. Raramente se citó la absorción por el isótopo más masivo.

(c) [y NM P3 (c)]

- (i) La mayoría supo calcular la masa de uranio necesaria para elevar la temperatura del agua.
- (ii) Una vez más, muchos no leyeron bien la pregunta y expresaron su respuesta en segundos en lugar de las horas pedidas. Un número considerable no supo convertir correctamente de segundos a horas.

(d) [y NM P3 ?]

Fueron demasiadas las respuestas que clasificaron las transformaciones de energía, pero que no supieron indicar la localización de la conversión (esto es, "en la turbina", etc.). Varias de estas clasificaciones fueron en extremo rudimentarias (p. ej. "nuclear, de calor, eléctrica" sin apenas explicaciones adicionales). Esto no puede dar crédito significativo en este nivel.

Parte 2 [Solo NS]

(e) Muchos respondieron bien a esta pregunta.

- (f) (i) Se vieron pocas tangentes. Algunos alumnos utilizaron coordenadas en un intento de llevar a cabo un cálculo de tipo gradiente. Sin embargo, la nota más habitual fue de un punto por el mero cálculo del valor de V/R en la posición indicada.
- (ii) Por el contrario, esta pregunta parcial más sencilla se respondió bien.

(g) La mayoría dio la respuesta de que la Luna se encuentra ahora más alejada de la Tierra, aunque algunos dieron una respuesta más física intentando explicar el cambio en función del hecho de que la energía potencial se habría hecho más negativa.

P9 Parte 1 [y NM P6 Parte 1]

(a) Se respondió bien a esta introducción sencilla

- (b) (i) En esta parte, no se meditaron los razonamientos suficientemente bien antes de plasmarlos en el papel. Fueron pocos los que se dieron cuenta de que la presencia del hielo significa que no actúa ninguna fuerza externa. Aunque se describió cómo la pelota y el objeto se moverían en sentidos opuestos, solo en raras ocasiones se describió bien la física subyacente. Son demasiados los que supusieron que la pelota se lanzaba hacia arriba e intentaron sin éxito construir su respuesta en referencia al movimiento vertical.
- (ii) Se enunció pocas veces la segunda ley de Newton y, nuevamente, se vio mucha confusión respecto a la física del problema. Faltaron argumentos que enlazaran unas partes con otras. Los alumnos deben ser conscientes de que los examinadores no harán deducciones por ellos.
- (c) (i) Este cálculo era inmediato y la mayoría lo resolvió bien.
- (d) Muchos resolvieron bien la secuencia de cálculos en (i) y (ii), aunque a menudo se vieron fallos en las unidades.
- (e) Esto fue aun más problemático al confundirse los alumnos sobre cuáles eran las energías relevantes que utilizar (siguiendo un planteamiento de energías) o al aplicar mal las ecuaciones cinemáticas introduciendo en el cálculo errores aritméticos o de potencias de diez.

Parte 2 [Solo NS]

- (f) Esto se respondió bien, aunque algunos pasaron por alto la naturaleza comparativa de la respuesta al escribir “pueden guardar muchos datos”, lo cual, evidentemente, puede ser cierto para el almacenamiento tanto analógico como digital.
- (g) Esto se respondió bien.. La mayor parte de los alumnos fueron capaces de lograr dos o, en muchos casos, los tres puntos.
- (h) (i) Fueron muy pocos los que se centraron en la estructura del dispositivo, pero se explicó mucho mejor su funcionamiento, con muchos detalles sobre el proceso más allá del propio dispositivo acoplado por carga. La “estructura” no se había pedido en exámenes anteriores y, de nuevo, fue culpa de los alumnos hacer suposiciones sobre lo que se pedía en la pregunta.
- (ii) Falló frecuentemente el cálculo de la longitud de un píxel individual. No obstante, los alumnos pudieron recuperarse de ese fallo al juzgar correctamente la resolución a partir de las respuestas anteriores.

P10 Parte 1 [y NM P5 Parte 1]

- (a) Las dos partes de (a) [(i) en el NM] se respondieron bien.
- (b) (i) Esto era muy sencillo y en consecuencia se resolvió bien.
- (ii) y (iii) Estas preguntas se resolvieron o bien o mal, sin términos medios. Aquellos alumnos que sabían exactamente lo que estaban haciendo dieron con la respuesta

correcta; otros buscaron ecuaciones adecuadas, no las encontraron y abandonaron.

- (c) (i) Con frecuencia no se indicó con claridad lo que vibraba, menos aún cuál era el sentido del movimiento. Hubo, no obstante, alusiones frecuentes a la propagación de la energía. Este tipo de trabajo típico de libro debería haber sido resuelto mucho mejor por los alumnos.
- (ii) Se respondió bien a esta pregunta.
- (iii) [Solo NM] Algunos alumnos invirtieron la ecuación correcta (obteniendo puntuación parcial). Las soluciones se explicaron por lo general mal.

Parte 2 [Solo NS]

- (d) (i) Los alumnos que entregaron un diagrama rotulado tendieron a responder mejor, ya que a menudo mostraron una pantalla o dispositivo de visualización, mientras que las respuestas escritas por lo general pasaron esto por alto. Algunos alumnos confundieron los espectros de absorción y de emisión y, por consiguiente, lograron poca o ninguna puntuación.
- (ii) La explicación aquí fue por lo general imprecisa. Muchos se limitaron a repetir el enunciado de la pregunta. Resulta evidente que no se han asimilado bien los argumentos involucrados en esta parte del programa, y se manifiesta una comprensión meramente superficial de las ideas físicas.
- (e) (i) Esto se resolvió bien, excepto por unos pocos alumnos que omitieron el signo negativo.
- (ii) A esta pregunta se respondió por lo general con un argumento inverso, partiendo de la longitud de onda y desarrollando hasta dar con el valor de n . Esto valía para la puntuación completa, pero muchos alumnos no supieron abordar el problema de múltiples pasos y abandonaron tras llegar a la energía asociada a $n = 4$.
- (f) Esta pregunta se respondió mal. Fue infrecuente encontrar buenas descripciones de la distribución de energía; aunque ocasionalmente se valoró la mención al reparto de la energía emitida total.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

- Se debe enseñar a los alumnos a comprender, no a aprender de memoria. Deberían entenderse las definiciones, de modo que puedan omitirse detalles concretos bajo la presión del examen.
- Se deben practicar más las preguntas de análisis de datos.
- Se sigue respondiendo mal a las preguntas sobre el efecto invernadero.
- Utilícense los esquemas de calificación en la preparación y consúltense los informes de la asignatura para los detalles sobre las áreas en que es más flojo el desempeño de los alumnos.

- Dominar las transformaciones algebraicas simples y la habilidad de trabajar con potencias en las ecuaciones
- Aprender a aprovechar bien el tiempo de lectura y a leer las preguntas con cuidado y atención

Prueba 3 del Nivel Superior

Bandas de calificación del componente

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 – 7	8 – 14	15-22	23 – 28	29 – 33	34 – 39	40 – 60

Prueba 3 del Nivel Medio

Bandas de calificación del componente

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 – 4	5 – 9	10 – 13	14 – 17	18 – 22	23 – 26	27 – 40

Comentarios generales

Se vio prácticamente todo el abanico de puntuaciones, tanto en el NS como en el NM, y la inmensa mayoría de los alumnos tuvo aparentemente tiempo suficiente para completar sus respuestas. Algunos de los comentarios de los profesores en los formularios G2 se resumen a continuación. Quienes elaboran las preguntas valoran estos comentarios, que se toman en consideración al asignar las notas.

En el NS, la Opción E (Astrofísica) es la opción más popular, seguida de cerca por la G (Ondas electromagnéticas), I (Física médica) y H (Relatividad), mientras que pocos colegios intentaron la F (Comunicaciones) o la J (Física de partículas).

En el NM, las opciones A (Visión y fenómenos ondulatorios), E (Astrofísica), B (Física cuántica) y G (Ondas electromagnéticas) continúan siendo las más populares, mientras que las opciones C (Tecnología digital), D (Relatividad y física de partículas) y F (Comunicaciones) son elegidas por muchos menos alumnos.

Comentarios al G2 para el Nivel Superior

26 colegios estimaron apropiado el nivel de dificultad de las pruebas. 3 colegios consideraron que era demasiado difícil. Uno lo consideró demasiado fácil. 20 colegios opinaron que la prueba era del mismo nivel que la del año pasado. 8 centros la estimaron más difícil. Un colegio la consideró más fácil que la del año pasado. De los 30 colegios que respondieron, uno consideró deficiente la claridad de la redacción mientras que ninguno consideró deficiente la presentación de la prueba. Los colegios restantes consideraron ambos aspectos entre satisfactorios y excelentes.

Comentarios al G2 para el Nivel Medio

Todos los 32 colegios que respondieron consideraron apropiado el nivel de dificultad. 21 colegios consideraron que la prueba era del mismo nivel que la del año pasado. 9 colegios la encontraron más difícil. 2 la estimaron más fácil que la del año pasado. Todos los colegios consideraron que la claridad de la redacción y la presentación de la prueba fueron entre satisfactorias y excelentes. Un colegio estimó que la presentación de la prueba fue deficiente. Esto se debió al Nuevo Sistema de numeración. 31 colegios estimaron que la presentación fue entre satisfactoria y excelente.

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

Dificultades generales (NS y NM)

- Identificar las frases clave o los datos de la pregunta.
- Tachar trabajo correcto y no reemplazarlo por una respuesta alternativa.
- Saber qué representan los símbolos en las fórmulas y ecuaciones del Cuadernillo de datos.
- Las potencias de 10 y los prefijos de unidades.
- Errores y despistes aritméticos y algebraicos. Los errores con la calculadora son demasiado habituales.
- No saber seleccionar puntos muy separados para las medidas de gradiente.
- Demostrar el trabajo en las preguntas de tipo “muestre que”. Expresar siempre más cifras significativas que las dadas.
- Presentación general de los desarrollos en las preguntas numéricas; debe mostrarse planificación y método.
- Ordenar la presentación de los hechos para elaborar una explicación o descripción.
- Uso de regla al dibujar diagramas. Puede ser muy útil incluso para los esquemas.
- Prestar atención a los términos de instrucción específicos, como “determinar”, “explicar”, “estimar”, “resumir”, etc.
- Prestar atención al número de puntos concedido por cada apartado. Con frecuencia los alumnos mencionan menos hechos clave de los requeridos.
- Enunciar las definiciones en el formato estándar.
- Malinterpretar la pregunta respondiendo una pregunta “supuesta” o “imaginada”.

Dificultades de nivel más alto

- El conocimiento de la dirección de la rotación de la Tierra.
- Magnitudes aparente y absoluta de las estrellas y, en particular, la escala inversa.
- La diferencia entre el paralaje estelar y el espectroscópico.
- Estimación de la luminosidad estelar relativa a partir de datos de magnitud absoluta.
- Omisión de las galaxias al describir el corrimiento hacia el rojo astrofísico.
- Errores con las potencias de diez en las preguntas que involucran a la constante de Hubble.
- Ancho de banda FM
- Explicación de la multiplexación por división de tiempo.
- El disparador de Schmitt.
- Los diferentes papeles de la estación base y el intercambio celular en las comunicaciones móviles.
- Los cálculos de interferencia en película delgada.
- La cinemática relativista, especialmente la simultaneidad y la dilatación temporal.
- La mecánica relativista, especialmente el uso de las unidades MeV, MeVc^{-1} and MeVc^{-2} .
- El uso de la ley del cuadrado inverso.
- La comprensión de la radioterapia y el radiodiagnóstico y las diferencias entre ambos.
- Los cambios de eV a J en los cálculos de dosimetría.
- El funcionamiento de los sincrotrones y los cambios requeridos en los campos E y B.
- La explicación de la nucleosíntesis y de las condiciones para que se diera en el universo primitivo.

Dificultades en el Nivel Medio

- Cálculos de efecto Doppler.

- Resolución – dibujo de patrones de difracción.
- Efecto fotoeléctrico (teoría ondulatoria y modelo de Einstein)
- Dispositivos acoplados por carga.
- El disparador de Schmitt.
- La cinemática relativista, especialmente la simultaneidad y la dilatación temporal.
- El conocimiento de la dirección de la rotación de la Tierra.
- Las magnitudes aparente y absoluta de las estrellas y, en particular, la escala inversa.
- La diferencia entre el paralaje estelar y el espectroscópico.
- Ancho de banda FM.
- La explicación de la multiplexación por división de tiempo.

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

Los mejores alumnos han seguido el programa de estudios completo, muestran una buena comprensión, saben manejar ecuaciones, tienen cuidado con las unidades, indican todos sus desarrollos de forma metódica y explican los conceptos con claridad. Los alumnos más flojos con frecuencia no llegan a leer la pregunta completa, muestran un conocimiento pobre de los conceptos, carecen de concisión y claridad en sus respuestas, tienen descuidos con las unidades, no indican todos los desarrollos o utilizan la ecuación inapropiada. Está claro que muchos alumnos han estudiado pruebas pasadas y saben demostrar un buen conocimiento de las partes del programa que se preguntan habitualmente. Los alumnos rinden a menudo mucho mejor en las preguntas de cálculos que en las preguntas que requieren recordar leyes, definiciones, experimentos y conceptos. Los alumnos más flojos suelen conseguir todos los puntos en cálculos, lo que parece indicar que es el tipo de pregunta es el que les resulta más familiar. Las opciones A, B, E y G del NM y E, G, I y H del NS son muy populares y la mayoría de alumnos se esfuerzan por abordar estas preguntas

Mejoras observadas en el NS

- Muy pocos alumnos responden menos o más de dos opciones.
- Se escriben las respuestas dentro de la casilla de respuesta provista.
- Se menciona el uso de hojas suplementarias dentro de la casilla de respuesta.

Se han visto mejoras en los conocimientos y la comprensión de las siguientes partes del programa de estudios:

áreas:

- Interpretación de los diagramas HR
- Conocimiento del límite de Chandrasekhar.
- Dispersión en las fibras ópticas.
- Explicación de la aberración cromática.\
- Explicaciones de los espectros de rayos X.
- Cálculos de coeficientes de atenuación.
- Cálculos en decibelios
- Cálculos de dosimetría (véanse, no obstante, las dificultades anteriores)
- Interpretación de los diagramas de Feynman.

Mejoras observadas en el NM

- Acomodación del ojo.
- Descripción del efecto Doppler.
- La constante de Planck y los cálculos de la función de trabajo.
- Completar las ecuaciones nucleares.
- Cálculos de semividas.
- Cálculos de dispositivos acoplados por carga (CCD).
- Discos compactos.
- Interpretación de los diagramas de Feynman.
- Cálculos con la luminosidad estelar.

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

Nivel Superior (las preguntas marcadas * estaban también en la prueba del NM)

Opción E - Astrofísica

Es la opción más popular.

***1. Estrellas** - En (a), muy pocos alumnos expresaron que la Tierra rota de oeste a este. (b) es una pregunta típica fácil. En (c)(i), fueron muchos los que no entendieron la pregunta, pero otros supieron calcular la distancia a la estrella de Luyten o explicar por qué ha de estar a menos de 10pc de la Tierra. En (c)(ii), se dio la mayoría de las veces el rango para el paralaje **estelar** (en lugar del paralaje espectroscópico pedido). Los cálculos sobre estrellas de (d)(i), (d)(ii) y (d)(iii) fueron resueltos bastante bien por la mayoría de los alumnos. Un número considerable de alumnos utilizaron datos de la estrella que no era o confundieron las magnitudes aparente y absoluta. Fueron evidentes algunos despistes aritméticos y hubo muchos que no demostraron haber desarrollado la respuesta hasta dos o tres cifras significativas en la pregunta de tipo “muestre que” de (d)(ii). Ha habido, como de costumbre, alumnos que no supieron que la A de la fórmula S-B corresponde al área superficial de la esfera, aunque en esta ocasión no importó. El valor del límite de Chandrasekhar se enunció en muchos casos correctamente en (d)(iv). En (e), la mayoría supo situar correctamente a la Estrella G, pero mostró inseguridad respecto a la estrella L. Debería utilizarse un punto y no una letra grande para indicar las posiciones de las estrellas en el diagrama HR.

***2. El universo de Newton**- En (b), los alumnos frecuentemente omitieron las **galaxias** al discutir los corrimientos hacia el rojo o no supieron aludir al desplazamiento hacia el rojo de la luz. Una respuesta habitual inválida fue la de que “las estrellas están desplazadas hacia el rojo”.

3. Corrimiento hacia el rojo - No hubo grandes problemas con la gráfica de (a) (¡no siempre se utilizó regla!), pero en (b) hubo errores frecuentes en el uso de la constante de Hubble. Se penalizan los errores en potencias de diez – algunos alumnos piensan claramente que no es así.

Opción F – Comunicaciones

***4. Modulación en frecuencia**- En (a), Los alumnos no supieron muchas veces mencionar y diferenciar la onda portadora y la onda de la señal. Fueron muy pocos los que intentaron el cálculo que se esperaba en (b)(ii). Se trataba de una pregunta de “determinar”, pero la mayoría simplemente discutió la variación en frecuencia con razonamientos no numéricos. En (c), fueron muy pocos los alumnos que supieron utilizar la tabla de datos para calcular el ancho de banda; el esquema de calificaciones permitía 36 o 48 MHz. La mayoría respondió incorrectamente con el doble de la frecuencia de señal, que únicamente es correcto para AM.

***5. Transmisión de señales** - En (a)(i), la mayoría de los alumnos aludió correctamente a la dispersión, aunque no necesariamente a la dispersión modal o material. Fue muy habitual no saber referirse a la gráfica potencia-tiempo en (a)(ii). En (b), los detalles de la multiplexación por división de tiempo fueron frecuentemente desordenados y a menudo lo único que realmente se afirmó fue que se enviaban muchas señales juntas. Se trata de un buen ejemplo de pregunta en que se puede utilizar una enumeración de aspectos en la respuesta. La parte (c) fue bien respondida por casi todos; la mayoría optó por mencionar la dilatación temporal, la energía necesaria para entrar en órbita o las regiones de la Tierra que serían accesibles. Algunos alumnos del NM hicieron comentarios vagos sobre la huella eficaz de los satélites geostacionarios y de órbita polar.

***6. El disparador de Schmitt** – Todas las partes de esta pregunta se respondieron muy mal y muy pocos alumnos aludieron al comportamiento del circuito para un rango de valores de V_{in} . Aun cuando el esquema de calificación era generoso, en el sentido de permitir planteamientos alternativos para el cálculo de voltajes, apenas se dieron respuestas correctas.

***7. Teléfonos móviles** – Como es habitual, pocos alumnos respondieron a la pregunta específica que se planteaba. Sigue habiendo confusión respecto a la expresión “intercambio celular”. Muchos lo interpretan como un proceso en lugar de un intercambiador telefónico (centralita móvil) que controla las estaciones base. Véase la sección F6.2 del programa.

Opción G – Ondas electromagnéticas

Esta opción es casi tan popular como astrofísica.

***8. El Microscopio** – La inmensa mayoría de los alumnos del NS dibujó correctamente el diagrama de rayos de la parte (a); algunos indicaron una refracción innecesaria en la lente objetiva. No todos los alumnos utilizaron reglas. En el NM, bastantes alumnos no supieron qué rayos dibujar para ubicar correctamente la imagen. Los dos cálculos de imágenes de (b) se resolvieron bien, aunque unos pocos alumnos utilizaron el aumento del telescopio para (b)(ii). Los alumnos resolvieron el apartado (c) bastante bien, en general.

***9. Propiedades de las ondas** - En (a), se esperaba que los alumnos aludieran a la suma de desplazamientos, no de amplitudes. (b)(i) supuso tres puntos fáciles por explicar la interferencia de dos rendijas, aunque fueron pocos los que emplearon anotaciones sobre el diagrama. En (b)(ii), la mayoría supo enunciar el efecto de duplicar la longitud de onda, pero sin saber explicarlo con mucha coherencia. Muchos de los que enunciaron la fórmula de la rendija doble omitieron mencionar las variables que se mantenían constantes, por lo que no obtuvieron la puntuación completa. La parte (c), sobre el incremento en el número de aperturas, se pregunta habitualmente y se respondió bien. Sorprendentemente, varios alumnos mencionaron “amplitudes” en lugar de “máximos”.

10. Rayos X – (a)(i) se respondió casi siempre correctamente. El espectro de rayos X se dibujó por lo general bien, pero con bastante frecuencia se olvidó el corte no nulo de la longitud de onda. Como se esperaba, hubo alumnos que no hicieron ninguna anotación. En (b), se describieron bien los orígenes del espectro característico, aunque fueron demasiados los alumnos que hablaron de excitación, en lugar de expulsión, de los electrones de la capa interior.

11. Franjas de cuña – Se resolvió moderadamente bien el cálculo en (a) del diámetro de un pelo. No obstante, muchos alumnos trataron de usar la fórmula de la interferencia de rendija doble o pasaron por alto la trayectoria de retorno de la onda, obteniendo así como respuesta un valor doble del correcto. Casi nadie supo calcular cómo cambiarían las franjas en (b). Muchos supusieron de forma incorrecta que se producirían franjas curvadas en lugar de una variación en el espaciado.

Opción H. Relatividad

***12. Dilatación temporal y masa relativista** - En (a), la mayoría de los alumnos sabía lo que se entiende por sistema de referencia, aun cuando muchos lo describieron como un “punto” en el espacio. Los cálculos del tiempo transcurrido en los dos sistemas de referencia en (b) fueron correctos por lo general; pero hubo como otras veces bastantes alumnos que los tomaron al revés. La mayoría entendió que S mide el tiempo propio para el viaje entre X e Y. Fueron muchos menos los que entendieron que esto se debe a que el reloj de S se encuentra en ambos sucesos. Muchos afirmaron que se debía a que el reloj de S estaba en reposo, lo cual refleja un error conceptual básico del propio concepto de movimiento relativo. En (b)(iv), fueron muy pocos los alumnos que supieron explicar que la falta de simultaneidad se debía a las distancias diferentes y a los tiempos que tardaban las dos señales en alcanzar X e Y, medido desde el sistema S. Como otras veces, la mayoría aludió incorrectamente a que las señales **alcanzaban S**.

Solo NS La masa de la nave espacial supuso dos puntos fáciles en (c)(i), al igual que la gráfica de masa frente a velocidad en (c)(ii). La parte (d), sobre los muones, raramente dio los tres puntos a los alumnos. La mayoría no se refirió a la situación en (b) o afirmó que el “tiempo transcurre despacio **para** los muones”; un error común, ya que la manera correcta de interpretarlo consiste en decir que “el tiempo en los muones transcurre despacio **para** el observador de la Tierra”. (Nota para profesores: A los alumnos les resulta más fácil comprender esto si se usan datos numéricos. Este ejemplo está basado en $\gamma=5$ y una diferencia de elevación de 3000m. Supongamos que, en términos no relativistas, la semivida del muon es de $2\mu\text{s}$ y el tiempo (impropio) del recorrido es de $10\mu\text{s}$. Entonces sobreviviría el 3% de los muones. Pero en términos relativistas la semivida se dilata hasta $10\mu\text{s}$ en el sistema de la Tierra y el tiempo propio del recorrido es solamente $2\mu\text{s}$ en el sistema de los muones. De modo que, con la dilatación temporal, en cualquiera de los sistemas, sobrevive el 50% de los muones. Los datos pueden presentarse en forma de tabla o utilizarse como base de una pregunta).

13. Energía y momento relativistas - (a) resultó difícil para muchos alumnos que intentaron trabajar en kg. Para aquellos que trabajaron en MeV los tres puntos fueron fáciles de lograr. Los cálculos de la velocidad y el momento del protón en (b) fueron habitualmente correctos, pero una vez más con problemas ocasionales con las unidades.

14. Espacio-tiempo. En (a), muchos alumnos describieron las propiedades del espacio-tiempo y no lo que significa para las coordenadas x, y, z, t. (b)(i) y (b)(ii), acerca del efecto que tienen el sol o los agujeros negros sobre el espacio-tiempo, fueron respondidas correctamente por la mayoría.

Opción I – Física médica

15. Audición - (a) y (b)(i) se respondieron bien, si bien muchos alumnos olvidaron mencionar que la pérdida de audición está relacionada con la edad. Algunos, aun sabiendo esto, optaron por la gráfica errónea. En (b)(ii) casi todos los alumnos utilizaron la diferencia de 15dB en nivel de intensidad, pero hubo muchas oportunidades para los errores aritméticos en el desarrollo. Un número alentador de alumnos obtuvo la puntuación total.

16. Toma de imágenes médicas - Al definir el coeficiente de atenuación, se espera que se expliquen todos los símbolos utilizados. La parte (b)(i), cálculo del cociente de intensidades para dos rayos X, se resolvió llamativamente bien. Casi todos los alumnos se percataron de que el efecto del esmalte de los dientes podía no tenerse en cuenta al ser igual para los dos rayos. Se trataba de una pregunta de tipo “mostrar que” y algunos alumnos no consiguieron obtener el punto final porque no **mostraron** más cifras significativas que las que ya se daban en la pregunta. (b)(ii) fue más difícil al no saber explicar la mayoría que el contraste en A sería deficiente debido a la infraexposición o debido a que la atenuación del empaste es tan sumamente mayor que la del esmalte que no serían visibles los detalles finos del esmalte. En (c), los alumnos observaron que el procedimiento sería más seguro, obteniendo un punto. El segundo punto, por decir que sería más rápido, se falló por lo general. (d), acerca de las imágenes por ultrasonidos, se resolvió muy bien. La mayoría de los alumnos parecen conscientes de que el reflejo de ultrasonidos se incrementa con la diferencia creciente entre las impedancias acústicas en una separación.

17. Oximetría – Pregunta bien respondida, aun cuando algunos alumnos pasaron por alto que se utilizaban dos frecuencias diferentes y se comparaban las absorciones.

18. La radiación en la medicina - (a)(i) resultó más difícil de lo esperado. Muchos no consiguieron darse cuenta de que la desintegración física estaría casi completa en cinco días. En (a)(ii), muchos lograron obtener dos puntos al mencionar la eficacia biológica relativa (RBE) de las partículas alfa, o su alcance corto o su semivida corta. La parte (b), acerca de la dosimetría, se respondió en general bien. El principal obstáculo fue el de saber expresar la energía de la partícula alfa en julios (joules). Habitualmente se consiguieron dos de los tres puntos para la dosis equivalente gracias al criterio de no considerar los errores arrastrados

Opción J. Física de partículas

Relativamente pocos alumnos eligieron esta opción.

***19. Partículas** - En (a), las partículas X e Y se identificaron por lo general correctamente, al igual que el mesón pi. Para obtener el segundo punto de (a)(iii), los alumnos necesitaban aludir a características del mesón tales como que se trata de un bosón, que es inestable, que es su propia antipartícula, etc. Hallar la masa de X en $\text{MeV}c^{-2}$ resultó ser difícil y generalmente solo se obtuvo un punto por cálculos incompletos. La mayoría resolvió bien el sencillo diagrama de Feynman de (c), al igual que las dos partes de (d) acerca de la conservación de la extrañeza (*strangeness*). (NM: En general, los alumnos del NM no se refirieron a la variación en la extrañeza, aunque un pequeño número sí hizo referencia a la interacción débil).

20. El sincrotrón - En (a)(i), la mayoría de los alumnos supo explicar el papel de los campos eléctrico y magnético. No obstante, en (a)(ii) muy pocos supieron explicar por qué aumentan la frecuencia del campo eléctrico y la magnitud del campo magnético. (b) era una pregunta exigente pero un buen número de alumnos obtuvo tres puntos por calcular correctamente el valor de B. La parte (c), sobre la cooperación internacional, supuso dos puntos fáciles para muchos.

21. Dispersión – La generosidad del esquema de calificaciones concedió bastantes más puntos de los cuatro disponibles. No obstante, pocos alumnos mencionaron la dispersión inelástica profunda (o siquiera la dispersión protón-protón que permitía el esquema de calificaciones).

22. Nucleosíntesis – Se respondió mal a toda la pregunta. Muy pocos supieron explicar la nucleosíntesis o la necesidad de un rango concreto de temperaturas para sostenerla.

Prueba 3 del Nivel Medio

Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios

Esta fue la opción más popular en NM.

1. Acomodación – las dos partes se respondieron bastante bien, pero frecuentemente sin ninguna alusión al enfoque en (a) o a la longitud focal en (b), lo que dejaba la respuesta incompleta. En ocasiones se aludió erróneamente a la variación en tamaño de la pupila. Se confundieron a veces la contracción y la relajación del músculo ciliar; a menudo se omitió mencionar los músculos ciliares.

2. Efecto Doppler - (a) se respondió por lo general correctamente, aunque los alumnos han de tener claro que se trata de un cambio percibido u observado en la frecuencia y no de un cambio real. En (b), hubo muchas respuestas correctas, pero a veces se utilizó la ecuación de Doppler equivocada o se eligió una convención incorrecta de signos. Un pequeño número de alumnos supo rellenar los valores en la ecuación, pero con dificultades para hallar v.

3. Dispersión y polarización – Se observó una cierta mejora en las respuestas a (a), acerca de las condiciones para la resolución de imágenes. Muchos alumnos lograron 2/3 o 3/3. Con todo, hubo aún bastantes diagramas mal dibujados para mostrar el caso en que las dos imágenes se encuentran apenas resueltas. en (b), fueron menos que otras veces los alumnos que no usaron el factor de 1,22 y a menudo se obtuvieron todos los puntos. Un error común fue la confusión entre radianes y grados. La parte (c), acerca del significado de la polarización, fue fácil aunque muchos no aludieron al campo eléctrico/magnético. (d) fue sencilla, aunque muchos olvidaron dar el complemento del ángulo de Brewster.

Opción B – Física cuántica y física nuclear

4. Fotoemisión - En (a), como en convocatorias anteriores, pocos alumnos supieron organizar sus respuestas de forma sistemática. A menudo se pasó por alto el efecto del aumento de la intensidad de la luz, al igual que la existencia de una frecuencia umbral. Muchos alumnos afirmaron que la energía depende de la frecuencia, pero sin indicar que son proporcionales. Hubo muchos alumnos que resolvieron muy bien los dos cálculos de (b) y se notó la experiencia de haber practicado con pruebas pasadas. Hubo unos pocos errores con las potencias de diez por parte de alumnos que creen que, al no penalizarse los errores de unidades finales, no necesitarían preocuparse por las potencias de diez. Algunos no consiguieron leer la escala de la gráfica correctamente o eligieron dos puntos próximos entre

sí, lo que condujo a respuestas fuera del rango permitido. En la parte (c) se dieron menos respuestas correctas, pero varios alumnos supieron dar la fórmula que relaciona la longitud de onda de De Broglie y la energía de la partícula y supieron calcular la energía cinética de los electrones. Se ha de recordar a los alumnos que las preguntas de tipo “mostrar que” exigen que la respuesta dada contenga al menos una cifra significativa más que las dadas en la pregunta.

5. Radiactividad - (a) fue muy fácil y la mayoría de los alumnos logró ambos puntos. Muy pocos alumnos supieron determinar en (b) el número original de átomos de K-40. Los puntos logrados en la determinación de la constante de desintegración se debieron por lo general al criterio de no tener en cuenta los errores arrastrados. Algunos alumnos intentaron obtener una estimación del número de semividas, pero por lo general sin éxito.

Opción C. Tecnología digital

Esta opción fue elegida por pocos alumnos.

6. Dispositivos acoplados por carga (CCD) y discos compactos (CD). En (a) se pasó por alto a menudo el hecho de que los píxeles actúan como condensadores. Casi todos los alumnos supieron determinar en (b) que se podían guardar 293 fotos. La pregunta (c) se ha planteado frecuentemente y se respondió bien.

Las preguntas de la 7 en adelante estaban también en la prueba 3 del NS. Están marcadas con * en esa sección. Pero había 2 partes exclusivas del NM entre las preguntas 7 y 16:

Opción F, P14. (a)(ii) La mayoría de las pocas respuestas que hubo mencionaron correctamente el solapamiento de pulsos.

Opción G, P16. (b)(i) Fueron muy pocos los que mencionaron que las dos ondas tenían su origen en un mismo frente de onda y no se entendió bien el sentido de la pregunta.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos (NM y NS)

Los temas de las opciones permiten a los alumnos experimentar algunas de las áreas más estimulantes e interesantes de la física. No obstante, no se debe subestimar la importancia de los principios fundamentales de la materia. Las definiciones y los enunciados de las leyes se expresan a veces de forma deficiente o improvisada. En general, los alumnos tienden a rendir peor en las partes descriptivas de las preguntas, en las que suele radicar la diferencia entre el alumno mediocre y el bueno. Al asignar ejercicios para el estudio en solitario, resulta útil para los alumnos que se les den no solo preguntas numéricas, sino también muchas preguntas de respuesta elaborada que estén calificadas con rigor.

Un error conceptual común es el de que las unidades no importan porque no se suele penalizar el error o ausencia de unidades en la respuesta final. Esta es una suposición peligrosa, pues los errores en las unidades conducen de manera evidente en los cálculos a valores numéricos incorrectos o a errores en las potencias de diez. Tales errores **sí** se

penalizan. El tratamiento riguroso de las unidades en una parte fundamental de cualquier curso de física.

Las pruebas pasadas proporcionan la oportunidad para la práctica fundamental con el estilo de preguntas que se encontrarán los alumnos. Dar a los alumnos respuestas modelo (así como esquemas de calificación pasados) les permite comprender el nivel de respuestas que se espera. Estas están muchas veces disponibles en los libros de texto de física del IB. Se debería alentar la identificación de las expresiones clave de las preguntas, dada la frecuencia con la que se pasan por alto instrucciones o datos. La puntuación de cada pregunta, indicada en el margen de la hoja, es un indicio útil del nivel de detalle exigido en la respuesta.

A todos los alumnos se les debería dar la Guía de Física y el Cuadernillo de datos del IB. Ambos son materiales de aprendizaje imprescindibles y muy útiles como lista de comprobación durante el repaso. La guía de la asignatura y el Cuadernillo de datos están disponibles en una versión anotada por profesores, con referencias a las páginas de los libros de texto, direcciones de sitios web y referencias a preguntas de pruebas pasadas. Aunque su uso requiere tiempo, es muy cómodo ya que ambos documentos están en formato digital. Si no se pueden proporcionar en este formato al principio del curso, las anotaciones pueden ser añadidas por los alumnos durante el transcurso del curso. Se aconseja a los profesores que dediquen sesiones, durante el repaso, a explicar el uso de todas las ecuaciones y datos del Cuadernillo de datos.

Los comentarios G2 de los colegios a menudo incluyen quejas de que las preguntas piden información que no se encuentra en la Guía. Por ejemplo, la relación entre la luminosidad estelar y la magnitud absoluta o la función de los músculos ciliares (en el NM). Es importante recordar que la guía de la asignatura proporciona un marco, una lista de metas, objetivos y criterios de evaluación y no pretende ser un listado definitivo de hechos. Hay varios libros de texto excelentes que interpretan los diversos objetivos. Los planes de trabajo de los departamentos de física recurrirán normalmente a muchas fuentes de información adicionales en línea. El CPEL de IBO; Wikipedia, Hyperphysics, CERN, NASA, Physics.org, outreach.atnf.csiro.au, phys.unsw.edu.au, etc. proporcionan abundante material relevante e inspirador. Estas pueden ser organizadas por los profesores como una herramienta de aprendizaje muy valiosa para complementar los libros de texto, al enseñar cada una de las opciones (así como la parte troncal).