

FÍSICA

Bandas de calificación de la asignatura

Nivel superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 15	16 – 30	31 - 43	44 - 53	54 - 63	64 - 72	73 - 100

Nivel medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 14	15 – 26	27 - 38	39 - 47	48 - 58	59 - 67	68 - 100

Evaluación interna

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

Procedimientos del IB para la sesión de exámenes de noviembre de 2011

Por lo general, los profesores conocían los requisitos de evaluación interna (EI), utilizaron los formularios apropiados y se siguieron los procedimientos de muestreo. Los formularios 4/PSOW hechos a mano fueron en su mayor parte aceptables, pero algunos centros olvidaron incluir las casillas para las calificaciones del moderador y el moderador principal. Se respetaron los plazos y hubo muy pocas dificultades de procedimiento. La moderación de EI de la sesión de exámenes de noviembre de 2011 transcurrió con mucha normalidad.

Comentarios específicos de la sesión de exámenes de noviembre de 2011

Varios centros demostraron un uso excelente de las tecnologías de la información y la comunicación. La mayor parte de los centros emitió informes electrónicos y la mayoría construyó las gráficas con software adecuado. En un centro concreto, el profesor añadió comentarios al informe de laboratorio del alumno, comentarios que indicaban criterios, aspectos y razonamientos además de indicar los hechos exactos por los que se reconocía el nivel de acierto. Esto hizo que la moderación transcurriera con fluidez, ya que el moderador sabía exactamente qué aspecto correspondía a qué calificación y cuál era la evidencia. En el extremo opuesto, hay aún algunos centros que emiten informes escritos a mano y que

representan las gráficas a mano alzada (sin papel milimétrico). Hubo una gran disparidad en la calidad de los trabajos.

Muchos centros demostraron puntuar de manera detallada y coherente y no necesitaron de la moderación. En unos pocos centros se vieron puntuaciones incoherentes y sin justificación, que con frecuencia tuvieron que ser moderadas a la baja (aunque también al alza en algunos casos).

Muchos centros están ahora asignando solo dos investigaciones, cada una evaluada por los tres criterios totales. Esto es injusto para los alumnos, al privarles de la oportunidad de mejorar su trabajo.

En la actualidad existe un conjunto de ideas de Diseño establecidas para los profesores que la mayoría de los centros utilizan repetidamente. El Centro pedagógico en línea (CPEL) y los talleres de formación de profesorado son posiblemente la causa de esta evolución positiva.

Son cada vez más los profesores que dan a los alumnos una lista de comprobaciones de EI, y esto tiene consecuencias positivas en los niveles de acierto de los alumnos. Se trata de una buena práctica que alentamos. La lista de comprobaciones es simplemente una reelaboración de los criterios esperados.

La gama de programas prácticos es más extensa que nunca, mientras que los centros típicos tienen un programa de EI adecuado y apropiado. Sin duda, se está contemplando el aspecto práctico de la física del IB.

Ámbito y adecuación del trabajo entregado

Se ha comprobado ampliamente que la mayoría de las escuelas imparten programas prácticos muy completos que abarcan una amplia gama de investigaciones. El uso de tecnologías de la información y la comunicación se ha generalizado; la mayor parte de informes de los estudiantes están elaborados con medios informáticos y las gráficas se presentan con ayuda de software especializado. Las horas establecidas de trabajo práctico parecen no plantear problemas y se ha comprobado la cobertura adecuada del programa de estudios. Se recuerda a los profesores que las investigaciones pueden tratar temas ajenos al programa de estudios.

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

Los profesores han de ser cuidadosos cuando den la variable dependiente en la idea de diseño, ya que hubo algunos casos en que a los alumnos se les dio también la variable independiente. Se dieron varios casos en que los alumnos dispusieron de dos variables independientes; por ejemplo, al poder modificar la masa modificando el tamaño de una pelota. Los profesores deberían haber detectado este error básico y haber orientado al candidato hacia un planteamiento más productivo. Las orientaciones generales están permitidas.

El Proyecto del Grupo 4 parece estar bien integrado en los programas prácticos. Una vez más, algunas escuelas proporcionaron evidencia de esto, aunque no es necesario (basta con una indicación de la fecha y las horas en el formulario 4/PSOW).

Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

Diseño

Los profesores han dominado el arte de proporcionar ideas de diseño. No obstante, en algunos casos las ideas no fueron las apropiadas, por ejemplo al pedir a los alumnos que diseñaran investigaciones para medir la gravedad o para confirmar la ley de Ohm. Las buenas ideas de diseño son aquellas que hacen que los estudiantes busquen una función entre dos variables, y no un valor concreto. Debe recordarse a los alumnos que para obtener la calificación completa en Diseño, las variables deben ser definidas (y que afirmaciones imprecisas como “voy a medir el tiempo” han de ser explicadas diciendo cómo se va a hacer). Las definiciones operativas contribuyen también al diseño de un método, algo que forma parte de la habilidad para controlar variables.

Obtención y procesamiento de datos

Los alumnos tienden a obtener los mejores resultados en la obtención y procesamiento de datos (OPD). Los datos en bruto siempre tienen incertidumbre y los moderadores valoran una explicación breve de por qué el alumno da un determinado valor de incertidumbre, tanto para los datos en bruto como para los datos procesados. Para esto son relevantes las cifras significativas y la lectura mínima de los dispositivos de medida. Al evaluar la OPD se espera que los alumnos hayan elaborado gráficas.

Ha habido algunos casos en los que las gráficas habrían sido relevantes pero los alumnos se conformaron con realizar cálculos. Tales casos no pueden obtener una calificación completa en el aspecto 3 de la OPD. Los profesores han de ser conscientes de este requisito. Además, es importante que el alumno (no el profesor) decida qué cantidades representar gráficamente y cómo procesar los datos.

Conclusión y evaluación

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

Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos

- Los alumnos precisan de una comprensión clara de los criterios de EI. Como ayuda, el profesor puede dar a los alumnos un ejemplar de una EI muy buena, que haya obtenido calificaciones completas en todos los puntos.
- Los alumnos necesitan recibir la formación relevante para dominar los aspectos de la EI. El trabajo en grupo, la orientación del profesor e incluso las revisiones entre pares

pueden contribuir a esto, pero naturalmente en tales casos el profesor no puntuaría la EI para una calificación IB en el 4/PSOW.

- Es importante que el candidato trabaje en solitario cuando se evalúa el trabajo práctico. Esto no significa, sin embargo, que no pueda ayudar otro candidato, por ejemplo, a soltar una pelota desde una cierta altura mientras el candidato mide el tiempo. Todas las medidas deben haber sido tomadas por el candidato al que se evalúa. En ocasiones, los moderadores se encuentran con datos idénticos, lo cual despierta suspicacias. Además, no es apropiado recurrir a la investigación en Internet o en bibliotecas.
- Los informes de laboratorio han de tener títulos descriptivos, del tipo “Cómo afecta la longitud de un péndulo a su período”, y no simplemente “El péndulo”.
- Aquellos profesores que añadieron comentarios en el informe del alumno o en una hoja adjunta explicando en detalle el nivel de acierto y el porqué de la calificación evitaron normalmente la moderación a la baja o al alza, al entenderse que un nivel de atención tan detallado en la evaluación permite una calificación apropiada y aporta una justificación por parte del profesor. Se recomienda esta práctica.

Comentarios adicionales

Una cuestión que surgió varias veces en la sesión de mayo de 2011 fue la evaluación del aspecto 3 del Diseño y el problema de los datos insuficientes. Aunque los profesores esperan una referencia explícita a esto en los aspectos preliminares del informe del candidato, ha habido casos en los que la evidencia de esto aparecía en lo que se considera la parte de obtención y procesamiento de datos del informe del candidato. Normalmente, los alumnos mencionan las mediciones repetidas, pero cuando omiten esta mención y está claro que han tomado medidas repetidas y que están utilizando el valor medio, entonces reconocemos el mérito al candidato (de manera análoga, para el rango y número de puntos de dato). Si la tabla de datos revela un número suficiente y un rango adecuado, se considera cumplida la expectativa de Diseño. En esto los moderadores conceden al candidato el beneficio de la duda, y no penalizan a los alumnos por no hacer exactamente lo que el moderador querría ver. En su lugar, el moderador busca la evidencia que permita recompensar al candidato.

Los profesores, en su mayoría, evaluaron el trabajo y concedieron calificaciones de manera apropiada. Es más, la mayoría de los alumnos trabajaron con diligencia produciendo buenos informes de laboratorio de física. No obstante, se ha de recordar a los profesores que no se pretende que las investigaciones de diseño sean proyectos de investigación. Y las búsquedas en Internet no son apropiadas.

Los moderadores mantuvieron por lo general las calificaciones de los profesores, pero en ocasiones las aumentaron o redujeron. Si intentamos identificar una tendencia, parece que los profesores suelen puntuar en exceso el criterio de Conclusión y Evaluación. Cuando los profesores aplican los criterios de manera apropiada, el sistema de moderación debería respaldar sus decisiones. El papel de los moderadores no es aplicar sus propias manías y hábitos como profesores, sino garantizar que los centros aplican los criterios dentro de unos límites aceptables de acuerdo con las descripciones oficiales. En otras palabras, los moderadores buscan el error sistemático más allá del error aleatorio en la aplicación de los aspectos de los criterios.

Prueba 1

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 10	11 - 18	19 - 26	27 - 29	30 - 32	33 - 35	36 - 40

Nivel medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 7	8 - 10	11 - 14	15 - 16	17 - 19	20 - 21	22 - 30

Comentarios generales

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

Solo un pequeño porcentaje del número total de profesores o del número total de centros en que se celebró el examen devolvió los G2. Para el NM hubo 35 respuestas de 214 centros y para el NS hubo 32 respuestas de 174 centros. Por consiguiente, resulta difícil evaluar las opiniones generales, ya que quienes envían los G2 podrían ser solo aquellos que tienen objeciones importantes respecto a las pruebas. Las respuestas han indicado que las pruebas de noviembre de 2011 han gozado de una buena recepción. La mayoría de los profesores que hicieron comentarios sobre las pruebas consideraban que estas contenían preguntas de un nivel apropiado y que se mantenían en la línea de las pruebas del año anterior, aunque un 22% consideró que la prueba de NS era un poco más fácil que la anterior. Esta opinión fue de hecho confirmada por la impresión de los examinadores más veteranos y es respaldada por las estadísticas. Estos cambios en el nivel de dificultad pueden ser corregidos al establecer las bandas de calificación.

Con una excepción, los profesores percibieron la presentación de las pruebas y la claridad de la redacción como satisfactoria o correcta.

Análisis estadístico

El rendimiento general de los alumnos y los resultados en las preguntas concretas se ilustran en el análisis estadístico de las respuestas. Estos datos vienen dados en las tablas siguientes. Los números de las columnas A a D y "en blanco" son los números de los alumnos que eligieron la opción indicada o que dejaron la respuesta en blanco.

La clave de la pregunta (opción correcta) se indica mediante una celda gris. El *índice de dificultad* (quizá sería mejor llamarlo índice de facilidad) es el porcentaje de alumnos que dieron la respuesta correcta (la clave).

Un índice alto indica pues una pregunta fácil. El *índice de discernimiento* es una medida de lo bien que la pregunta ha diferenciado a alumnos de habilidades diferentes. En general, un índice de discernimiento mayor indica una mayor proporción de alumnos mejor preparados

que identificaron correctamente la clave en comparación con los alumnos menos preparados. Esto puede no cumplirse cuando el índice de dificultad es alto o bajo.

Análisis de las preguntas de la prueba 1 del NS

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discernimiento
1	63	138	692	48	3	73.31	0.48
2	9	21	20	893	1	94.60	0.11
3	596	191	109	43	5	63.14	0.65
4	107	108	236	491	2	52.01	0.42
5	121	53	57	712	1	75.42	0.34
6	42	795	35	70	2	84.22	0.29
7	725	139	32	45	3	76.80	0.45
8	84	90	132	636	2	67.37	0.39
9	3	9	880	50	2	93.22	0.10
10	738	63	82	59	2	78.18	0.46
11	21	94	738	89	2	78.18	0.31
12	13	805	30	94	2	85.28	0.29
13	41	652	92	156	3	69.07	0.39
14	207	45	647	42	3	68.54	0.46
15	100	215	607	19	3	64.30	0.36
16	795	22	9	116	2	84.22	0.28
17	10	56	15	861	2	91.21	0.18
18	914	10	3	14	3	96.82	0.06
19	47	240	78	575	4	60.91	0.58
20	269	205	136	327	7	28.50	0.23
21	60	36	35	809	4	85.70	0.34
22	89	733	35	85	2	77.65	0.42
23	410	202	181	148	3	43.43	0.46
24	114	716	70	38	6	75.85	0.53
25	316	437	67	120	4	79.77	0.30
26	40	26	796	80	2	84.32	0.35
27	754	24	157	7	2	79.87	0.32
28	632	129	87	85	11	66.95	0.49
29	99	526	76	241	2	81.25	0.32
30	100	242	144	451	7	47.78	0.41
31	542	196	68	133	5	57.42	0.51
32	358	21	10	552	3	58.47	0.52
33	60	780	40	61	3	82.63	0.22
34	14	740	78	104	8	78.39	0.37
35	111	156	521	154	2	55.19	0.68
36	507	85	67	274	11	53.71	0.72
37	113	588	156	86	1	62.29	0.30
38	19	826	65	28	6	87.50	0.28
39	749	111	39	35	10	79.34	0.47
40	189	22	62	662	9	70.13	0.53

Análisis de las preguntas de la prueba 1 del NM

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discernimiento
1	34	113	506	264	3	55	0.16
2	102	192	572	50	4	62.17	0.51
3	186	191	464	77	2	50.43	0.46
4	168	671	42	37	2	72.93	0.32
5	423	228	201	62	6	45.98	0.59
6	75	53	273	517	2	56.20	0.45
7	27	28	58	804	3	87.39	0.15
8	124	96	274	425	1	46.20	0.43
9	249	62	234	373	2	27.07	0.37
10	395	429	76	17	3	46.63	0.64
11	12	17	814	73	4	88.48	0.17
12	35	110	56	715	4	77.72	0.25
13	865	19	10	23	3	94.02	0.10
14	85	511	155	168	1	55.54	0.44
15	227	93	530	67	3	57.61	0.45
16	208	305	96	308	3	22.61	0.25
17	198	217	181	322	2	35	0.60
18	40	448	366	60	6	48.70	0.47
19	86	57	526	247	4	57.17	0.45
20	98	646	34	139	3	70.22	0.42
21	253	209	211	242	5	27.50	0.31
22	672	155	54	37	2	73.04	0.50
23	72	66	677	102	3	73.59	0.47
24	458	220	76	160	6	49.78	0.31
25	43	642	106	126	3	69.78	0.42
26	120	533	205	61	1	57.93	0.57
27	87	236	399	189	9	43.37	0.56
28	179	384	297	57	3	32.28	0.32
29	305	120	92	395	8	33.15	0.47
30	68	684	92	70	6	74.35	0.28

Comentarios sobre el análisis

Dificultad

El índice de dificultad varía desde alrededor de un 28% en el NS y de un 22% en el NM (preguntas relativamente “difíciles”) hasta alrededor de un 97% en el NS y de un 94% en el NM (preguntas relativamente “fáciles”). La mayoría de las preguntas estuvieron en un rango entre el 45% y el 75%. Estas estadísticas indican que los alumnos encontraron estas pruebas algo más fáciles que en años anteriores. No obstante, las pruebas resultaron en una

dispersión adecuada de las calificaciones y permitieron el reconocimiento de los méritos de los alumnos.

Discernimiento

Todas las preguntas obtuvieron un valor positivo en el índice de discernimiento. Idealmente, el índice debería ser mayor de 0,2. Esto se logró en la gran mayoría de las preguntas. Sin embargo, un índice de discernimiento bajo puede no ser debido a una pregunta poco fiable. Puede también indicar un error conceptual común entre los alumnos o una pregunta con un índice de dificultad alto (se verá en las estadísticas que las preguntas más fáciles suelen tener un índice de discernimiento menor).

Respuestas “en blanco”

En las dos pruebas, el número de respuestas en blanco se distribuyó aleatoriamente a lo largo de la prueba. Esto puede indicar que los alumnos dispusieron de tiempo suficiente para completar sus respuestas y simplemente dejaron en blanco las preguntas sobre las que no se sentían seguros. Debe recordarse a los alumnos que no hay penalización alguna por una respuesta incorrecta. Por lo tanto, si no se conoce la respuesta correcta, deberían aventurar una respuesta razonada. En general, los alumnos deberían ser capaces de eliminar algunas de las preguntas “de distracción”, lo cual reduce el elemento aleatorio de la respuesta.

Comentarios sobre preguntas seleccionadas

El rendimiento de los alumnos en las preguntas individuales se muestra en las tablas estadísticas anteriores, junto a los valores de los índices. Para la mayoría de las preguntas, esto proporciona de por sí suficiente información. Se comentará solo una selección de preguntas, en concreto aquellas que ilustran una cuestión específica o que dieron lugar a comentarios en los G2.

Preguntas comunes del NM y el NS

Pregunta 5 del NM y pregunta 3 del NS

Los numerosos alumnos que optaron por B no tuvieron en cuenta la masa del objeto.

Pregunta 15 del NM y pregunta 14 del NS

La popularidad de la respuesta incorrecta A revela tal vez que muchos estudiantes conocían la física del problema, pero no leyeron con cuidado la pregunta.

Pregunta 16 del NM y pregunta 20 del NS

Las respuestas a esta pregunta se distribuyeron con mucha uniformidad, siendo D la respuesta más habitual, que es incorrecta. Esto apunta a una comprensión pobre en general de la resistencia interna, incluso entre muchos de los mejores alumnos.

Dado que 8,0 V dan lugar a una corriente a través de la resistencia externa cuando se cierra el interruptor, la corriente será de 4,0 A. Esta corriente pasa también a través de la resistencia interna, que presenta una diferencia de potencial de 4,0 V, por lo que su resistencia ha de ser de 1,0 Ω .

Pregunta 21 del NM y pregunta 23 del NS

Esta pregunta presentó toda la gama de respuestas en proporciones casi iguales, lo cual indica una posible confusión. La pregunta pide claramente la *fuerza* experimentada por Y, pero muchos alumnos respondieron como si se estuviera pidiendo la dirección del campo magnético en Y.

Es posible responder a esta pregunta utilizando primero la regla de “agarre” de la mano derecha seguida por la regla de la mano izquierda de Fleming, pero los alumnos deberían haberse percatado de que la corriente paralela provoca atracción y haber recordado esta observación.

Pregunta 25 del NM y pregunta 34 del NS

Esta pregunta fue bien respondida aunque bastantes alumnos vincularon de inmediato la *densidad* a kg m^{-3} sin haber leído con atención la pregunta.

Pregunta 29 del NM y pregunta 36 del NS

Esta es claramente una pregunta de “orden de magnitud”. Los alumnos deberían poder razonar que el orden de magnitud del área afectada es 23 y que el orden de magnitud de la potencia es 26. Esto lleva claramente a A como mejor respuesta.

Preguntas del NS**Pregunta 7**

La masa del cohete no afecta a la velocidad de escape, aunque sí afectará, evidentemente, a la *energía* necesaria para escapar del campo gravitatorio de la Tierra.

Pregunta 15

B es una respuesta de distracción que fue popular, lo cual indica que algunos alumnos pensaron que estar “en fase” representaba una diferencia de fase de π en lugar de 2π .

Pregunta 24

Demasiados alumnos pensaron que el valor de la media cuadrática era la mitad del máximo.

Pregunta 25

Aunque podría ser discutible, había dos respuestas plausibles a esta pregunta, A y B. Ambas se dieron por válidas.

Cuando el ala metálica se desplaza a través del campo magnético de la Tierra, se induce una f.e.m. entre R y P en una dirección tal que la carga (positiva) se desplaza de R a P. Esto indicaría que B es la respuesta correcta.

Pero como resultado de que P pase a ser más positivo que R, puede argumentarse que se establece un campo eléctrico de P a R. Esto llevaría a elegir la respuesta A.

Es imposible saber si la confusión se debió al carácter levemente ambiguo de la pregunta o si los alumnos no fueron capaces de utilizar la mano correcta para analizar la situación. Pero los pobres resultados de la P 23 parecen sugerir que haya sido lo segundo. En tal caso, esta sería un área del programa de estudios que requeriría más atención.

Pregunta 29

Había dos respuestas correctas a esta pregunta, B y D. Ambas se dieron por válidas. La *intensidad* de la luz no afecta a la distribución de las energías cinéticas de los fotoelectrones, solo la longitud de onda.

Pregunta 32

Demasiados alumnos eligieron la respuesta A, lo cual indica que no leyeron con atención la pregunta.

Pregunta 37

Siempre hay margen para la discusión con este tipo de preguntas, pero resultó agradable comprobar que la mayoría de los alumnos identificaron claramente B como la mejor respuesta.

Pregunta 40

Esta pregunta consistía en un cálculo de un paso basado en $Q = CV$. Decepcionó ver cuántos alumnos eligieron A.

Preguntas del NM**Pregunta 1**

Este es uno de esos hechos que han de ser memorizados.

Pregunta 4

Muchos alumnos marcaron A como respuesta, lo cual indica que no leyeron la pregunta con atención.

Pregunta 6

Si C fuera correcta, entonces B sería correcta, lo cual implicaría a su vez que A también sería correcta. Por lo tanto, la respuesta pedida ha de ser D.

Debe entenderse también que la fuerza gravitatoria actúa sobre una piedra a lo largo de toda su trayectoria de vuelo, por lo que hay una aceleración correspondiente.

Pregunta 9

Puesto que el *impulso* es la *variación del momento*, tanto C como D son equivalentes y ha de asumirse que son falsos. Los resultados de esta pregunta fueron malos, lo cual indica que muchos alumnos no entendieron la constancia del impulso cuando un cuerpo se detiene.

Pregunta 10

Aquí aparece un error conceptual recurrente entre los alumnos. Cuando una sustancia cambia de estado, la energía cinética media de sus partículas no puede cambiar, ya que su temperatura no varía.

Pregunta 17

A muchos alumnos les confundió esta pregunta. Con todo, su índice de discernimiento fue alto, lo que revela que los mejores alumnos eligieron la respuesta correcta.

A los alumnos se les pide muchas veces que den el valor de un cociente. Y es frecuente que elijan la inversa de la respuesta correcta. En este caso, Y tiene un radio menor que X, por lo que claramente tendrá mayor resistencia y solo hay que decidir entre C y D. Dado que la resistencia es proporcional al *área de la sección transversal* de un cable, la respuesta correcta ha de ser D.

Pregunta 18

Los alumnos tienen habitualmente dificultades para convertir entre julios (joules) y electronvoltios (electronvolts) aunque saben que existe un factor de $1,6 \times 10^{-19}$ entre ellos. Los julios son útiles en las medidas de energía cotidianas de los laboratorios, mientras que los electronvoltios se utilizan con cantidades de energía muy pequeñas asociadas a transiciones atómicas. Es claro, por tanto, que B es la única respuesta correcta posible.

Pregunta 22

Una cantidad preocupante de alumnos eligió la respuesta B. Quizá se les había enseñado que 238 es un número *másico* y no se les había advertido de que se le puede llamar también número de nucleones.

Pregunta 24

La desintegración radiactiva destaca por el hecho de que su ritmo no se ve afectado por parámetros físicos (como sugieren las respuestas B, C y D). Responde únicamente al factor probabilidad. Las lecciones introductorias sobre este tema eluden a menudo el carácter enigmático de las causas de la radiactividad y pasan directamente a las consecuencias. Del mismo modo que cuantas más veces se lance un dado, más veces saldrá el seis, la única respuesta posible es la A.

Pregunta 28

Muchos alumnos eligieron B como respuesta preferida y una cantidad preocupante eligió A o D. Podemos suponer que entendieron erróneamente *albedo* como “capacidad para absorber radiación” o que no leyeron con cuidado el enunciado de la pregunta.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Los alumnos deberían intentar responder a todas las preguntas. Cuando no sean capaces de dar la respuesta correcta, entonces deberían elegir siempre la opción que les parezca más probable. Debe insistirse en que una respuesta incorrecta no implica una reducción de nota. A menudo se pueden eliminar respuestas, bien porque una es claramente absurda, o bien porque dos respuestas son lógicamente equivalentes.

Al preparar a los alumnos para la Prueba 1 puede ser una buena estrategia invitarles a explicar por qué las respuestas de distracción son erróneas (en lugar de por qué la respuesta correcta es válida). Esto funciona mejor con unas preguntas que con otras, pero en cualquier caso el estímulo para refutar una teoría o idea constituye una buena formación científica.

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

Los alumnos deberían consultar la Guía de Física actual durante la preparación del examen, con el fin de tener claros los requisitos para el éxito en el examen.

La Guía alienta a los estudiantes a retener ciertos hechos sencillos, aun cuando la mayor parte de la física está orientada a los procesos. Esos hechos se prestan bien a las preguntas de elección múltiple, por lo que los profesores no deberían dudar en exigir que los estudiantes en ocasiones memoricen información.

Los alumnos pueden esperarse que la proporción de preguntas sobre un tema concreto se corresponda con la proporción de tiempo asignada a la docencia de ese tema, tal como se especifica en la Guía. Debería dedicarse tiempo abundante a la docencia de temas tales como el calentamiento global y el efecto invernadero. La cultura general que la mayoría de la gente tiene sobre estos temas de la Guía no suele bastar para responder a las preguntas sobre estas cuestiones, que no son triviales.

Prueba 2

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

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

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 6	7 - 12	13 - 17	18 - 22	23 - 27	28 - 32	33 - 50

Poco más de 30 centros devolvieron los formularios G2 y los comentarios para cada una de las pruebas del NS y el NM. La información proporcionada por estos formularios a los examinadores es de gran importancia y los examinadores animan a los centros a proporcionar esta información.

En los dos niveles se manifestó una satisfacción considerable con las pruebas, con un 94% (83% en el NM) estimando apropiado el nivel de dificultad y un 62% (57% en el NM) considerando que la prueba tenía un nivel similar a la del año anterior. Todas las respuestas confirmaron que la claridad de la redacción y la presentación de las pruebas fue buena (70%) o satisfactoria.

Las estadísticas del examen concuerdan en general con esas percepciones. La nota media en cada uno de los componentes subió muy ligeramente en comparación con noviembre de 2010 (con desviaciones típicas muy similares).

Comentarios generales

Muchas partes típicas de libros de texto y demostraciones a menudo se recuerdan mal y se expresan con negligencia. Pueden reducirse las calificaciones de forma muy significativa por errores en este sentido.

Los alumnos han de dejar claro a los examinadores cuándo se presentan resultados fuera de la casilla normal proporcionada para la respuesta. El trabajo añadido en hojas complementarias o en otras partes del cuaderno de respuestas puede ser visualizado por el examinador en pantalla, pero este podría no ver esos resultados si no se da una indicación clara de su presencia.

Los alumnos continúan malinterpretando las distinciones entre los términos de examen. En particular, incluso los buenos alumnos no aportan explicaciones suficientes en el caso de preguntas en las que se pide una determinación o que invitan a los alumnos a “mostrar que” se puede obtener un cierto valor.

Los alumnos continúan cometiendo numerosos errores de unidades y de cifras significativas a lo largo de la prueba. Esto es un fallo en una de las áreas técnicas importantes de la asignatura.

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

El equipo de examinadores identificó las siguientes áreas:

- Diagramas de cuerpo libre
- Movimiento de la carga en conductores y aislantes
- Movimiento orbital, en particular la velocidad de escape
- Explicaciones del modelo del electrón en una caja
- Teoría del divisor de tensión
- Efecto invernadero intensificado o antropogénico

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

Se demostraron de forma satisfactoria las siguientes habilidades:

- Cálculos de física nuclear
- Cálculos de mecánica
- Cálculos de electricidad

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

Hubo muchas preguntas comunes al NM y al NS. Los comentarios siguientes están dispuestos en el orden en que aparecían las preguntas en el NS.

Sección A

A1 [NS y NM] Pregunta de análisis de datos

El contexto de esta pregunta era la variación con la profundidad del agua de las ondas de superficie en el agua.

- (i) y (ii) Muchos resolvieron y explicaron bien el cálculo de la incertidumbre absoluta. Es evidente que esta es una parte del programa de estudios que actualmente se entiende bien. No obstante, una pequeña minoría acabó estropeando la respuesta al trazar las barras de error de manera descuidada e incorrecta sobre la gráfica impresa.
- (i) Las líneas estaban a menudo mal trazadas con un nivel muy bajo de ejecución. Un número elevado de alumnos trazó una recta incapaz de incorporar todas las barras de error. Deberían saber que una “línea de ajuste óptimo” no es lo mismo que una “línea recta de ajuste óptimo”.

- (ii) Los comentarios se centraron con frecuencia en la cuestión del origen. Había dos puntos disponibles y los alumnos a veces lograron solo uno debido a la incapacidad de dar una respuesta completa.
- c) Esto se resolvió bien en general, pero una minoría escribió simplemente $c \propto d^{0.5}$, repitiendo así la pregunta y sin obtener puntuación alguna. No quedaba claro si esos eran los ejes propuestos.
- d) (i) El significado del término “error sistemático” fue sin duda bien entendido, pero los alumnos utilizaron a veces maneras rebuscadas de expresarlo. Los examinadores tuvieron a menudo que deducir la idea del candidato.
- (ii) La calificación fue aquí generosa. Se dio por válida cualquier afirmación que se dedujera o pudiera deducirse de la respuesta anterior.

A2 [NS] y B1 Parte 2 [NM] Energía interna

- a) La distinción entre los conceptos de energía interna y de temperatura se expresó a menudo de manera incompleta. Fue habitual omitir cualquier referencia clara a las moléculas o a las partículas, etc. Los razonamientos sobre el significado de la temperatura fueron endebles y con muchos malentendidos.
- b) Los examinadores buscaron razonamientos claros sobre la variación en la energía cinética media de las moléculas cuando se han retirado los constituyentes de mayor energía, pero aquí se apreció una falta de claridad tanto en las ideas como en la redacción.

A3 [NS y NM] Radiactividad y fusión nuclear

- a) **[Solamente NS]** (i) Había dos puntos disponibles pero los alumnos obtuvieron por lo general un punto por abordar solamente un aspecto o porque se tocaron los dos aspectos, pero uno de ellos de manera deficiente. Se identificó habitualmente la naturaleza inestable del material radiactivo, pero fue infrecuente la descripción de las emisiones.
- (ii) Las descripciones de la fusión fueron a menudo imprecisas y no contemplaron la cuestión de que son los núcleos los que se fusionan, y no los átomos o las moléculas.
- b) **[NS]** Muchos alumnos dieron descripciones buenas y claras de su trabajo y se esforzaron con competencia para llegar a la respuesta correcta. Entre las soluciones fallidas se vieron esfuerzos por intentar una solución utilizando valores enteros de la semivida seguidos de una interpolación final para determinar la respuesta; esto no puntúa.
- [NM]** Esto se resolvió bien. Los cálculos del NM solo pueden involucrar números enteros de las semividas y los alumnos están bien preparados para manejarlos.
- c) **[Solamente NS]** (i) Esto se resolvió bien de forma casi universal, excepto por unos pocos alumnos muy flojos.
- [NS y NM]** (ii) Muchos obtuvieron los tres puntos con un trabajo claro y conciso. Una minoría significativa no fue capaz de llegar más allá que a una evaluación del número de fusiones por segundo (lo cual daba algo de puntuación).
- [NS y NM]** (iii) La mayoría de los alumnos no supieron leer la pregunta y no indicaron problemas asociados con el *sostenimiento* de la reacción, sino que dieron respuestas

que trataban de los problemas iniciales del suministro de combustible o, con demasiada frecuencia, con el tratamiento de supuestos productos radiactivos. Estos últimos alumnos confundieron la fusión con la fisión.

A4 [NS] Gravitación

- a) Pocos se dieron cuenta de que se trataba de una pregunta de “explique” y pasaron por alto los aspectos de la pregunta que atañen a la posición inicial de la nave espacial o a la final. Un número considerable de alumnos describió el concepto simplemente en términos de una masa que se aleja de otra (independientemente del tamaño o de la naturaleza planetaria).
- b) (i) Muchos alumnos obtuvieron la puntuación total por esta sustitución y evaluación sencilla.

(ii) Aquellos que empezaron igualando la energía cinética por unidad de masa al potencial gravitatorio fueron capaces por lo general de alcanzar la solución completa. Los alumnos que se equivocaron y que igualaron la fuerza centrípeta o la aceleración no consiguieron puntuación.
- c) La mayoría fue capaz de desarrollar este problema comparativamente sencillo hasta llegar a una solución correcta. Hubo algo de puntuación disponible para aquellos que no supieron determinar correctamente el tiempo de caída hasta el suelo (algunos alumnos utilizaron un valor de 10 N kg^{-1} para g).

A5 [NS] Dispositivos acoplados por carga

- a) Demasiados alumnos se muestran aún incapaces de definir con exactitud el rendimiento cuántico.
- b) Los alumnos están ya bien preparados para llevar a cabo cálculos que implican la ampliación y el rendimiento de un dispositivo acoplado por carga. Los errores principales en esta ocasión afectaron a la confusión del área y la distancia en la definición de la ampliación.
- c) Las ventajas de la *cámara* digital se enunciaron bien por lo general, pero hubo muchos alumnos que no supieron leer la pregunta y se centraron en las ventajas de cualquier sistema digital sobre otro analógico. Eso no era lo que se pedía.

Sección B

B1

B1 Parte 1 [NS] y B3 Parte 1 [NM] Efecto invernadero

En esta pregunta se comprobó que los alumnos confunden los efectos invernadero e invernadero intensificado.

- a) Los alumnos no supieron dar una buena explicación de los mecanismos en acción. Mostraron solo una idea vaga de cómo los gases invernadero (que muchas veces no mencionan) actúan para atrapar la energía. Con frecuencia pasaron por alto el desplazamiento de la longitud de onda y las razones de esto.
- b) (i) – (iv) Si bien la pregunta estaba planteada de una manera secuencial, los alumnos no se aprovecharon de esto y dieron respuestas fragmentadas con las que no

consiguieron mostrar la progresión desde la frecuencia de absorción observada, pasando por el efecto de resonancia en las moléculas de agua, hasta el propio efecto invernadero. Los examinadores tuvieron la sensación de que los alumnos habrían debido aprovechar la oportunidad de leer y comprender la totalidad de la pregunta y sus implicaciones antes de lanzarse a la respuesta.

- c) Muchos alumnos resolvieron bien esta pregunta. No obstante, un número significativo estropeó la respuesta en su totalidad al no ser capaces de dejar clara la similitud en magnitud final. Esta era una pregunta de “muestre que” y los alumnos habrían de intentar dejar claro a los examinadores hasta qué punto la respuesta concuerda con los datos. Había un error desafortunado en uno de los datos de la pregunta, pero, como los datos eran aun así consistentes, no se perjudicó a ningún candidato (de hecho, ningún candidato ni centro señaló el problema).

B1 Parte 2 [solamente NS] Inducción electromagnética

- a) (i) Se dio un margen considerable a los alumnos, pero esto no evitó que algunos poco cuidadosos trazaran ondas sinusoidales o gráficas muy burdas de las que los examinadores podían deducir muy poco.
- (ii) Muchos supieron reconocer que la fase de su gráfica de (ii) debería ser la misma que la de la gráfica trazada en (i) o con una diferencia de fase π .
- b) La determinación fue razonablemente directa, pero algunos alumnos se confundieron con los datos y no parecieron ser capaces de combinar las ideas del movimiento armónico simple y las de la f.e.m. inducida al mismo tiempo.
- c) Aquí se vieron soluciones confusas por parte de muchos. Fue habitual encontrarse con que el candidato se centraba bien en la variación en la amplitud o bien en la variación en la frecuencia, pero rara vez en ambas.

B2

B2 Parte 1 [NS solamente] y B1 Parte 1 [NM solamente] Mecánica

- a) Al igual que en el examen de mayo de 2011, los diagramas de fuerzas fueron muy deficientes. Los alumnos han de ser conscientes de que los examinadores se fijan en la dirección de las líneas (que deberían trazarse con precisión), las etiquetas que indican el significado de las líneas (que no deberían, en la medida de lo posible, ser solamente símbolos) y la longitud de las líneas (que deberían reflejar el tamaño relativo de las fuerzas). En las tres áreas de esta pregunta, los alumnos mostraron mucha negligencia y se encontraron solo unos pocos diagramas totalmente correctos en toda la corrección.
- b) Aquí las explicaciones fueron muy confusas. A menudo los alumnos se expresaron aludiendo a los diagramas deficientes de (a). Fueron raros los argumentos convincentes que mencionaron las fuerzas horizontales en acción (que se cancelan) y que llevan a aceleración cero y por tanto, velocidad constante. Los argumentos que admitían interpretaciones equivalentes para las fuerzas horizontales y verticales puntuaron poco.
- c) Resuelto correctamente por muchos.
- d) Los alumnos demostraron un buen nivel de competencia en esta parte, pero fue bastante infrecuente encontrar soluciones totalmente correctas. Muchos supieron

desarrollar la primera o la segunda mitad del problema, pero no pudieron completar con éxito el problema entero.

- e) (i) y (ii) Resueltos correctamente por muchos.
- f) Las explicaciones fueron de nuevo confusas, mostrando falta de claridad en las respuestas. Los alumnos deberían esforzarse por dar una respuesta lógica. Con frecuencia faltó, o se expresó mal, la idea de que la velocidad es un vector y que es el cambio en dirección el que conduce a la aceleración.

B2 Parte 2 [NS] Resolución

- a) (i) Hubo muchas respuestas erróneas a esta pregunta sencilla. La respuesta incorrecta más habitual fue “interferencia”. También se vieron “refracción” y “reflexión”.

(ii) Algunos alumnos describieron el criterio de Rayleigh con palabras, otros con un diagrama. La puntuación total podía obtenerse de ambas maneras, bien expresadas, y fueron muchos los alumnos que alcanzaron las dos calificaciones.
- b) (i) El contexto de una señal de neón de dos fuentes era extraño para una pregunta de resolución y resultó imposible para los alumnos más flojos, que supieron hallar el ángulo de resolución apropiado pero no supieron determinar qué estaba ocurriendo en este caso.

(ii) Este problema de difracción típico fue resuelto con mayor éxito por muchos.

B2 Parte 2 [NM] Energía renovable

- a) (i) Las interpretaciones de la potencia hidroeléctrica parecen ser muy variadas y los examinadores concedieron un cierto margen aceptando incluso la energía de olas como método hidroeléctrico.

(ii) Tras haber elegido un método de generación de potencia, la mayoría de los alumnos supieron describirlo, pero tuvieron dificultades para indicar los cambios de energía que se observan. En este aspecto, fueron particularmente pobres las descripciones de técnicas de olas.
- b) (i) Inevitablemente, muchos alumnos omitieron el factor de 2 aun cuando se explicitaba claramente en la pregunta.

(ii) Aquí el error típico consistió en olvidar que el cambio relevante en altura es la mitad de la diferencia entre las mareas alta y baja.
- c) Hubo muchas respuestas buenas para las desventajas de la energía eólica. Los alumnos estaban evidentemente bien preparados en esto.

B3

B3 Parte 1 [NS] y A2 [NM] Electricidad

- a) (i) Alrededor de la mitad de los alumnos trazaron una flecha que apuntaba hacia el núcleo, olvidando que la dirección del campo eléctrico es la dirección en que se mueve una carga positiva.

(ii) El cálculo típico fue bien resuelto, con solo algunos casos de ambigüedad respecto a la unidad final.

- b) Si bien muchos aquí obtuvieron el máximo de dos puntos, solo unos pocos lograron todos los puntos y se centraron en la presencia o ausencia de electrones libres en los materiales.
- c) (i) Bien resuelto por muchos.
(ii) Casi todos supieron calcular el área de la sección transversal del conductor en esta pregunta trivial.
- d) (i) Los diagramas fueron flojos y pocos supieron dibujar un circuito divisor de potencial con los dos contadores en las posiciones apropiadas. Numerosos alumnos idearon circuitos que no permitirían la variación de la corriente en la lámpara, y un número similar no sabía cómo tenían que situarse los contadores. Un número considerable dibujó circuitos en los que la lámpara no podría siquiera encenderse.
(ii) Hubo demasiadas gráficas I - V para la lámpara que mostraban una línea recta, aunque casi todas pasaban por el origen.
- e) Esta pregunta se resolvió mal y muchos no supieron por dónde empezar. En definitiva, los alumnos tenían que mostrar que el rango de diferencias de potencial en la lámpara iría desde 1,9 V hasta 6,0 V basándose en el uso de $V=IR$. Esto resultó, sin embargo, demasiado difícil para muchos.

B3 Parte 2 [NS] Propiedades de los gases

- a) La instrucción de “utilizar datos de la gráfica...” fue en gran medida ignorada y los alumnos intentaron justificar su elección con argumentos físicos. Esto puntuó poco, dado que la elección en tales casos fue por lo general incorrecta. Los examinadores esperaban lecturas de la gráfica y una evaluación de pV (valían dos veces, pero mejor tres veces).
- b) Las calificaciones fueron aquí bajas. Los alumnos parecieron perdidos, mientras que si la pregunta se hubiera referido simplemente al trabajo efectuado en un proceso (como en pruebas anteriores) las puntuaciones habrían sido más altas. Incluso en el caso de aquellos que fueron capaces de progresar, las respuestas fueron a menudo erróneas porque los alumnos no lograron darse cuenta de que se estaba utilizando un falso origen (aunque esto no habría importado si se hubieran contado los cuadrados del área encerrada).
- c) Los alumnos parecen entender ya los requisitos de una pregunta como esta. Hubo muchas respuestas competentes y completas con una determinación correcta de la variación de temperatura.
- d) Los alumnos describieron a menudo qué es la longitud de onda de De Broglie, o bien expresaron una ecuación para esta, pero rara vez ambas (que es lo que exigía el esquema de calificación y la asignación de calificaciones).

B3 Parte 2 [NM] Motor eléctrico

- a) (i) El dibujo de cuerpo libre fue deficiente. Se dieron aquí también problemas similares a los encontrados en B2 Parte 1 [NS].
(ii) Alrededor de la mitad de los alumnos hicieron un intento de cálculo razonable.
- b) (i) y (ii) Se resolvieron aceptablemente el cálculo de potencia y la determinación del rendimiento.

B4**B4 Parte 1 [NS] y B2 Parte 1 [NM] Movimiento ondulatorio**

- a) (i) Apenas un poco más de la mitad de los alumnos entendieron la dirección de movimiento de la partícula.
- (ii) Es difícil imaginar una pregunta más fácil en este nivel de examen; y, con todo, hubo alumnos que dibujaron la longitud de onda de forma deficiente y ambigua.
- b) (i) Bien resuelta por muchos.
- (ii) Como en (a)(ii) los dibujos fueron deficientes y desordenados. Los examinadores tuvieron que ser muy flexibles en la posición y la longitud de onda.
- c) (i) Si bien alrededor de un 25% de los alumnos no fue capaz de avanzar más allá del cálculo de ω , el resto supo hacer las sustituciones en la ecuación y evaluarla correctamente.
- (ii) Se vieron varios errores conceptuales: Hubo alumnos que no usaron el valor de la energía cinética (k_e) que habían calculado unos momentos antes, ni reconocieron que k_e es siempre positivo, ni identificaron la relación entre el tiempo periódico de la oscilación y el tiempo periódico de la variación en k_e .
- d) (i) Los dibujos mostraron muchas veces un cambio en la amplitud o en la longitud de onda, pero rara vez ambos.
- (ii) Las explicaciones fueron flojas en general. Fue muy habitual en la respuesta escrita aquí considerar un cambio en amplitud o en longitud de onda que no se había dibujado en (i).

B4 Parte 2 [NS solamente] Espectros atómicos

- a) (i) Aproximadamente la mitad de todos los alumnos supieron calcular correctamente la energía.
- (ii) Las flechas identificaron muchas veces la variación de energía correcta, pero dibujadas en dirección errónea.
- b) Los alumnos que intentaron resolver esta pregunta dejaron con frecuencia en blanco las últimas dos partes, sin hacer el esfuerzo de responder a las preguntas.
- (i) Los alumnos pasaron por alto el significado de los enteros en las ecuaciones relevantes y no supieron demostrar cómo estos números dan lugar a niveles de energía que están cuantificados en la teoría. Con excesiva frecuencia, los examinadores se encontraron con afirmaciones confusas sobre los electrones (y no sobre sus niveles de energía).
- (ii) Los examinadores muy rara vez encontraron intentos lógicos y sistemáticos de relacionar la función de onda con el modelo del electrón en la caja. Como en la parte anterior, los alumnos repitieron hechos que conocían sobre la teoría en lugar de dar una respuesta clara a la pregunta.

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Los alumnos deberían ser animados a leer las preguntas con cuidado y a meditar las consecuencias de la pregunta y la manera en que se enuncia. Existe una necesidad persistente de mejorar la presentación del trabajo.

Una vez más, hubo muchos casos de alumnos que escribieron respuestas en lugares inesperados. Se recomienda encarecidamente a los alumnos que informen a los examinadores claramente cuando una respuesta esté escrita en un lugar diferente de la casilla disponible o en una hoja complementaria.

Prueba 3

Bandas de calificación del componente

Nivel superior

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 6	7 - 13	14 - 20	21 - 25	26 - 31	32 - 36	37 - 60

Nivel medio

Calificación final:	1	2	3	4	5	6	7
Puntuaciones:	0 - 3	4 - 6	7 - 11	12 - 15	16 - 19	20 - 23	24 - 40

Comentarios generales

La mayoría de los alumnos parecieron encontrar la prueba accesible y hubo muchos ejemplos de una buena comprensión de la materia. No hay indicios de que los alumnos tuvieran poco tiempo para completar el trabajo.

Los comentarios de los profesores en los formularios G2 para el NM y el NS se resumen a continuación. (No obstante, ha de tenerse presente que menos del 20% de los centros presentaron los formularios G2.)

Nivel medio

- El 70% consideró que la prueba tenía un nivel similar a la del año anterior, y el 30% que era un poco más difícil. En total, un 90% consideró que la prueba tenía el nivel adecuado y un 10% la halló demasiado difícil.
- Alrededor del 60% encontró satisfactoria la claridad de la redacción y el 40% buena.
- Alrededor del 70% encontró satisfactoria la presentación y el 30% buena.
- Las opciones más populares fueron A (Visión y fenómenos ondulatorios), G (Ondas electromagnéticas), B (Física cuántica y física nuclear) y E (Astrofísica). Los estudiantes eligieron estas cuatro opciones en proporciones aproximadamente iguales.

Nivel superior

- El 90% consideró que la prueba tenía un nivel similar a la del año anterior, y el 10% que era un poco más difícil. En total, con la excepción de un centro que lo encontró demasiado difícil, todos consideraron adecuado el nivel de dificultad.
- Alrededor del 70% encontró satisfactoria la claridad de la redacción y el 30% buena.
- Alrededor del 75% encontró satisfactoria la presentación y el 25% buena.
- Las opciones más populares fueron G (Ondas electromagnéticas), E (Astrofísica) y H (Relatividad) en proporciones aproximadamente iguales. Hubo una notable escasez de respuestas en las opciones F (Comunicaciones) y J (Física de partículas). La opción I (Física médica) estuvo también poco representada.

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

- El papel de los bastoncillos y los conos en condiciones de baja iluminación
- Cálculos de difracción y resolución
- Aspectos del efecto fotoeléctrico
- Dispersión alfa
- Medición de la semivida
- Definición de pársec
- Cálculos con cocientes
- Cálculos de fibra óptica
- Amplificadores operacionales
- Películas en cuña
- La simultaneidad en la relatividad
- La física de partículas en general y los aceleradores de partículas en particular
- Desarrollar en suficiente profundidad y detalle las preguntas con una puntuación de más de un punto. Esto fue particularmente cierto de aquellas preguntas que contenían los verbos de acción “explicar”, “discutir” y “describir”.

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

Los cálculos matemáticos sencillos fueron por lo general bien resueltos por la mayoría de los alumnos. De hecho, agradó ver que los alumnos eran capaces de elegir la fórmula acertada y hacer las sustituciones correctamente. Muchos alumnos demostraron estar bien preparados y supieron dar respuestas excelentes que revelaban una buena comprensión de los conceptos, sobre todo en las opciones A, E y G.

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

NM solamente

Opción A – Visión y fenómenos ondulatorios

A1 Visión fotópica y escotópica

En (a) muchos alumnos confundieron la visión en color con condiciones de baja luminosidad y en (b) no supieron establecer el vínculo entre ambas; no repararon en que los bastoncillos responden mejor a la luz baja y a la luz verde que a la luz roja.

A2 Tubo de órgano

Hubo cierta confusión acerca de la pregunta en lo que respecta al desplazamiento mínimo y a los antinodos. Por ello, los examinadores dieron por válidas las posiciones marcadas tanto en el centro como en los extremos del tubo.

Muchos alumnos se atascaron en el cálculo de (b).

A3 Difracción y polarización

Las distribuciones de intensidad se representaron por lo general bien, pero muchos olvidaron el factor de 2 en el cálculo de la anchura del máximo central.

En (b) el cálculo de resolución resultó difícil para muchos alumnos, con mucha confusión sobre qué ángulos y qué distancias utilizar.

Muchos alumnos respondieron bien a la parte (c) sobre polarización.

Opción B – Física cuántica y física nuclear

B1 El efecto fotoeléctrico

Muchos alumnos malinterpretaron la pregunta de (a)(i) o no apreciaron que la pregunta pedía detalles experimentales.

En (b), las gráficas fueron a menudo correctas, pero muchos alumnos olvidaron transformar la ecuación de (ii) o no llegaron a mencionar la frecuencia umbral / función de trabajo. Muchos se olvidaron de la carga del electrón en (iii).

Los cálculos de la longitud de onda de De Broglie en (c) fueron con frecuencia correctos.

B2 Partículas alfa

Muchos alumnos parecían no estar familiarizados con los cálculos que implican la distancia más cercana de aproximación de las partículas alfa en los experimentos de dispersión.

Aun menos alumnos tuvieron idea de cómo se mide una semivida de varios miles de años. La mayoría pensó que se trataba de representar ¡una gráfica de actividad frente al tiempo!

Opción C – Tecnología digital

Esta opción no fue popular y las puntuaciones fueron por lo general bajas. Los examinadores se llevaron muchas veces la impresión de que la opción había sido elegida como último recurso.

C1 El disco compacto (CD)

Esta pregunta fue en general la única que se respondió con seguridad.

C2 El dispositivo acoplado por carga (CCD)

Casi siempre se respondió mal.

C2 El amplificador operacional

Esta pregunta es idéntica a la pregunta F3 de la opción F. Véanse los comentarios para esa pregunta.

Opción D – Relatividad y física de partículas**D1 Simultaneidad y contracción de la longitud**

Esta pregunta es idéntica a partes de la pregunta H1 de la opción H. Véanse los comentarios para esa pregunta.

D2 Electrones e interacción débil

Esta pregunta es idéntica a la pregunta J1 de la opción J. Véanse los comentarios para esa pregunta.

NM y NS conjuntamente**Opción E – Astrofísica****E1 Distancias estelares y propiedades estelares**

En (a), las líneas que representan la secuencia principal a menudo se prolongaron demasiado en los extremos. La definición del pársec de (b)(i) se expresó muchas veces como igual a 3,26 años-luz; apenas se mencionó una UA y en (ii) las unidades fueron muchas veces incorrectas.

Faltó detalle muchas veces en (c) en la descripción del método del paralaje para medir las distancias estelares y muchos alumnos pensaron que bastaba con un diagrama para responder a la pregunta.

Los cálculos de (d) se resolvieron bien muchas veces, al igual que el dibujo de la trayectoria evolutiva en (e) [NS solamente].

E2 Desarrollo del universo

En (a) muchos alumnos fueron capaces de establecer el vínculo entre el desplazamiento hacia el rojo a la expansión del universo, pero no muchos supieron dar una definición

correcta de la densidad crítica en (b)(i). De esta manera, muchos alumnos se atascaron en (ii), discusión sobre el desarrollo futuro del universo. No obstante, la mayoría de los alumnos reconocieron que la existencia de material oscura hace difícil obtener un valor preciso para la densidad del universo.

E3 [NS solamente] Ley de Hubble

Todas las partes de esta pregunta se respondieron en general bien, excepto en el caso de los alumnos que tuvieron dificultades con las unidades de la constante de Hubble o aquellos que no se percataron de que la ley de Hubble se refiere a las galaxias.

Opción F – Comunicaciones

F1 Modulación y ancho de banda

La mayoría de los alumnos supieron distinguir correctamente entre una onda portadora y una onda de señal pero hubo pocos que tuvieran una idea clara de la modulación de frecuencia. El cálculo de ancho de banda también se les resistió a muchos alumnos.

F2 Transmisión digital de información

Las partes (a) y (b) se respondieron en general razonablemente bien, pero el cálculo que afectaba a la fibra óptica se les resistió a la mayoría de alumnos.

F4 [NS solamente] El amplificador operacional

Esta pregunta fue contestada de forma muy mediocre y hubo estudiantes que no pudieron obtener apenas puntuación más que por derivar la expresión para la ganancia. El concepto de tierra virtual apenas se entendió y aun menos el uso de un amp. op. como comparador.

Opción G – Ondas electromagnéticas

G1 El espectro electromagnético

Las dos partes de esta pregunta se respondieron en general bien.

G2 El microscopio compuesto

Poquísimos alumnos conocían la deducción de libro de texto en (a) de la expresión del aumento angular en el punto próximo. No obstante, el diagrama de rayos y el cálculo en (b) se resolvieron habitualmente bien y la mayoría de los alumnos mostraron una buena comprensión de la aberración esférica y cromática.

G3 Interferencia de dos fuentes

El equipo de examinadores experimentados reconoció que los efectos de difracción en interferencia de doble rendija no forman parte del programa de estudios actual. En vista de esto, se valoraron con mucha flexibilidad las respuestas de los alumnos en la parte (a) de esta pregunta. De esa manera, se consideró que no se había perjudicado a ningún candidato.

G4 [NS solamente] Películas en cuña

Los alumnos obtuvieron puntos en la parte (a) al indicar cómo se producen las películas en cuña, pero pocos supieron explicar en (b) el efecto de aumentar el ángulo de cuña sobre la separación de franjas.

G5 [NS solamente] Rayos X

Hubo con frecuencia confusión entre la formación de la región continua del espectro y el espectro característico de (a). El cálculo de la longitud de onda mínima en (b) se resolvió a menudo correctamente.

NS solamente**Opción H – Relatividad****H1 Relatividad especial, simultaneidad y contracción de la longitud**

Muchos alumnos sabían qué era un sistema de referencia inercial e identificaron correctamente el otro postulado de la relatividad especial en (a). Sin embargo, las respuestas a (b) fueron muy variadas. Un error conceptual habitual consistió en suponer que las diferencias entre los puntos de vista de Vladimir y Natasha se debían al tiempo que lleva a la luz de las lámparas alcanzarlos, mientras que es el tiempo invertido por la señal en alcanzar las lámparas el que es clave.

En (c)(i), fue habitual encontrarse con la inversa de la longitud propia como respuesta y en (ii) muchos alumnos creyeron que Natasha medía la longitud propia porque ella y la mesa se encuentran en el mismo sistema de referencia en vez de porque Natasha se encuentra en reposo con respecto a la mesa. Vale la pena advertir a los alumnos de que la mesa ¡está en todos los sistemas de referencia!

En (d), muchos alumnos entendieron la paradoja de los gemelos y su resolución. No obstante, en las partes finales de esta pregunta, no se puede decir lo mismo de la desintegración de los muones como evidencia de la dilatación temporal y de la contracción de la longitud. Las respuestas muchas veces fueron desordenadas y confusas y con demasiada frecuencia no se mencionó a qué sistema de referencia se referían los tiempos y longitudes concretos incluso cuando se habían resuelto con acierto los cálculos de (e)(i) y (ii).

H2 Energía y momento relativistas

Muchos alumnos tuvieron dificultades con esta pregunta o ni tan solo la intentaron. La razón principal de las dificultades, como en exámenes anteriores, fue la dificultad de los alumnos para manejar unidades tales como el MeV c^{-2} , por lo que con frecuencia se perdieron en conversiones de unidades absurdas.

H3 El principio de equivalencia y el desplazamiento hacia el rojo

Hubo muchas buenas respuestas a la parte (a) de esta pregunta, pero no a la parte (b), en donde los alumnos muchas veces no supieron establecer el vínculo entre el desplazamiento hacia el rojo y el tiempo.

Opción I – Física médica**I1 Niveles de intensidad acústica**

Las definiciones de intensidad y de nivel de intensidad fueron muchas veces correctas. No obstante, la parte (b) en que se ponía a prueba la relación entre sonoridad e intensidad se resolvió de manera muy pobre. Claramente se trata de un tema poco conocido para muchos alumnos. El problema de (c) se resolvió muchas veces bien.

I2 Imágenes de ultrasonidos

Pocos alumnos demostraron entender bien en (a) cómo se producen los ultrasonidos; y en (b) muchas respuestas aludieron al carácter nocivo de los rayos X en vez de al hecho de que no permiten hacer diagnóstico por imagen de los tejidos y de los músculos.

Las partes (c) y (d) se resolvieron habitualmente bien. Sin embargo, esto no ocurrió con (e), en la que pocos alumnos supieron relacionar de forma razonable la elección de frecuencia con la profundidad del órgano bajo la piel, aludiendo a la atenuación y a la resolución.

I3 Dosis equivalente

La mayoría de los alumnos sabían la definición correcta de dosis absorbida, pero en (b) pocos entendieron de verdad el significado del factor de calidad.

Resultó agradable encontrar soluciones completas al problema razonablemente complicado de (c).

Opción J – Física de partículas

Hubo muchas respuestas flojas en esta opción.

J1 Electrones e interacción débil

En general, esta fue la pregunta mejor respondida de la opción. Las partes que provocaron dificultades fueron (e)(ii) en la que las unidades plantearon problemas y (e)(iii) en las que fue la comprensión de los conceptos la que planteó problemas.

J2 Aceleradores de partículas

Hubo pocas respuestas de valor a esta pregunta. Es evidente que muchos alumnos no entienden los principios del funcionamiento del ciclotrón.

J3 El modelo estándar

La mayoría de los alumnos supieron hacer un intento razonado en (a) y en (b), pero el concepto de la dispersión inelástica profunda provocó dificultades en (c).

Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

Entre las recomendaciones del equipo de exámenes se encuentran las siguientes ideas:

- Los alumnos deberían aprender a dar definiciones precisas e inequívocas de las cantidades físicas.
- A los alumnos se les deberían dar más oportunidades durante el curso de practicar problemas del estilo de los exámenes, consultando pruebas anteriores y esquemas de calificación.
- A los alumnos se les debería facilitar la lista de términos de examen que se especifica en el programa de estudios y se les debería dar ayuda al respecto. Está claro que muchos alumnos no reconocen la diferencia entre, por ejemplo, “indique” y “explique”.
- Al utilizar un diagrama como ayuda para responder a una pregunta, debería alentarse a los alumnos a prestar atención a la precisión del diagrama. Esto es especialmente cierto para los diagramas de rayos, ya que muchos alumnos no supieron utilizar siquiera un lápiz afilado o una regla.
- Debería dedicarse suficiente tiempo a cubrir en profundidad las opciones elegidas.
- A los alumnos se les debería disuadir de estudiar opciones en solitario. Se comprobó que esto se hizo para este examen con las opciones D y J. Leer libros de divulgación sobre relatividad, partículas y cuerdas es encomiable y se debe alentar siempre que sea posible. No obstante, esto no proporciona de por sí suficiente preparación para el examen.