

## FÍSICA

### Bandas de calificación de la asignatura

#### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-17	18-31	32-42	43-53	54-63	64-74	75-100

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-17	18-30	31-41	42-52	53-63	64-73	74-100

### Prueba 1 Nivel medio

#### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-7	8-10	11-13	14-16	17-18	19-21	22-30

Las pruebas de física de opción múltiple del BI se han diseñado para plantear preguntas conceptuales con preferencia a las de tipo cálculo. Este enfoque, que enfatiza lo cualitativo frente a lo cuantitativo, está basado en la opinión de que el formato POM (MCQ) es el adecuado para comprobar los conocimientos conceptuales, mientras que los cálculos pueden evaluarse mejor por medio de preguntas, en las Pruebas 2 y 3. Las calculadoras resultan así innecesarias y no está permitido su uso en la Prueba 1. Las pruebas se diseñan para que las preguntas presenten toda una gama de grados de dificultad y cubran razonablemente los temas. Algunas preguntas son comunes para los niveles medio y superior, y las preguntas adicionales en el NS tienden a ser algo más difíciles.

Las pruebas de noviembre de 2003 tuvieron muy buena acogida y los comentarios fueron sobremano positivos. El 63% de los profesores que comentaron la Prueba 1 consideraron que fue similar a la del año 2002 y el 37% pensaron que había sido algo, o mucho, más difícil que la anterior. El 75% consideró que el nivel de dificultad era el apropiado, mientras que el 25% pensó que la prueba era un poco más difícil. La mayoría consideró que la cobertura del programa fue buena (58%) o satisfactoria (32%), y que la claridad y la redacción de la prueba fueron buenas (53%) o satisfactorias (37%). La presentación de la prueba se consideró buena (80%) o satisfactoria (20%).

El impreso G2, que está disponible en el Vade Mecum, se utiliza para comentar las pruebas de examen, animándose a los profesores a que presenten esos impresos puesto que son valiosos elementos de realimentación para el equipo de examinadores y juegan un importante papel al fijar las bandas de calificación. Agradecemos la colaboración de los colegios y profesores que hayan opinado sobre preguntas concretas en los impresos G2. Todas las opiniones se discuten durante la reunión de evaluación final.

## Análisis estadístico

El rendimiento global de los candidatos y el modo en que responden a las diferentes preguntas se ilustra normalmente por medio del análisis estadístico de las respuestas. Estos resultados se presentan en la tabla siguiente: Prueba 1 de NM Análisis de los ítems. Los números que figuran en las columnas A-D y en blanco representan el número de candidatos que han elegido la opción correspondiente o que han dejado la pregunta sin responder. La clave (opción correcta) se indica por medio de un asterisco (\*). El *Índice de Dificultad* (quizás mejor llamarlo índice de facilidad) es el porcentaje de candidatos que responden correctamente a la pregunta. Un alto índice indica que una pregunta es fácil, presentándose la tabla en orden de dificultad creciente, de las preguntas más fáciles a las más difíciles. El *Índice de Discriminación* es una medida de lo bien que discrimina la pregunta entre los candidatos mejores y peores. Un valor alto para el índice de discriminación indica que una gran proporción de los candidatos mejores responden bien a la pregunta, en comparación con los candidatos peores.

### Prueba 1 de NM Análisis de los ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	192	154	124*	64	4	23.04	.18
2	69	129*	266	73	1	23.97	.18
3	297*	168	66	7		55.20	.62
4	33	188*	81	236		34.94	.40
5	327*	61	16	132	2	60.78	.23
6	129	211	158*	40		29.36	.33
7	70	241*	159	68		44.79	.45
8	103	314*	60	61		58.36	.29
9	252	162*	72	51	1	30.11	.35
10	11	27	430*	70		79.92	.30
11	72	330*	76	58	2	61.33	.26
12	101	17	3	416*	1	77.32	.24
13	58	349*	43	87	1	64.86	.57
14	28	71	354*	85		65.79	.43
15	306*	126	37	67	2	56.87	.55
16	86	155	133	163	1	24.72	.14
17	25	336*	49	123	5	62.45	.31
18	23	449*	44	22		83.45	.29
19	382*	8	106	38	4	71.00	.34
20	362*	75	50	49	2	67.28	.40
21	180	46	257*	52	3	47.76	.42
22	222*	175	78	60	3	41.26	.31
23	30	75	140	289*	4	53.71	.46
24	143	78	49	267*	1	49.62	.07-
25	115	213*	57	149	4	39.59	.32
26	107	274*	100	55	2	50.92	.49
27	73	136	254*	69	6	47.21	.27
28	76	214*	123	123	2	39.77	.47
29	156	87	57	234*	4	43.49	.32
30	113	92	269*	52	12	50.00	.53

## Comentarios sobre el análisis

*Rango de dificultad.* Se advertirá que el índice de dificultad presenta un rango muy amplio. El índice varía desde 23 (una pregunta difícil a la que únicamente el 23% de los candidatos respondió correctamente), hasta alrededor de 83 (una pregunta fácil a la que el 83% de los candidatos dio respuesta correcta).

*Discriminación.* Globalmente, el índice de discriminación es satisfactoriamente alto. Dicho índice alcanza valores tan altos como 0,62. En el caso particular del ítem número 24, el índice resulta tan bajo como - 0,07. Este es un resultado satisfactorio que indica que, globalmente, la prueba ha discriminado razonablemente bien.

## Comentarios sobre algunas preguntas seleccionadas

La mayoría consideró que las preguntas eran conceptualmente buenas, bien formuladas y que se adaptaban al formato POM (MCQ). El desempeño de los candidatos en las distintas preguntas ha quedado reflejado en la tabla estadística anterior, junto con los valores de los índices. En la mayor parte de los casos, esta información proporciona suficiente realimentación cuando se considera una pregunta determinada. Por lo tanto, únicamente se harán comentarios sobre preguntas seleccionadas, i.e. aquellas que ilustran un tema particular o en las que se haya identificado un problema. Obsérvese que, en general, no se discutirán las preguntas que hayan sido bien respondidas por los estudiantes, aunque éstas pueden identificarse a partir del análisis anterior. Las discusiones detalladas se reservan para las preguntas que los estudiantes han encontrado difíciles, o para aquellas en las que se han identificado errores conceptuales motivados por la popularidad de los distractores. Así pues, la mayoría de los comentarios que siguen identifican dificultades conceptuales que tienen los estudiantes en relación con ciertas situaciones físicas y, por lo tanto, debieran servir como realimentación para el profesor. Cada uno de dichos comentarios fue el resultado de las discusiones habidas en la Reunión de Evaluación Final.

Debería advertirse que el uso de las negritas es intencionado y tiene el propósito de que al estudiante le resulte más fácil comprender la pregunta. Por tanto, se usa con moderación. Los candidatos deben darse cuenta de que todas las palabras de todos los ítems tienen importancia.

### **Pregunta 1**

Esta pregunta resultó difícil para los candidatos. Las opciones A y B se entendieron como valores aproximados para el diámetro del núcleo y del átomo, respectivamente (si la unidad fuera el metro). Estas opciones resultaron muy populares y fueron poderosos distractores.

### **Pregunta 2**

Con un índice de dificultad del 24 %, aproximadamente, esta pregunta merece un comentario. Un error común entre los candidatos es que el culombio es una unidad fundamental. En consecuencia, la opción más respondida fue la C. Es necesario enfatizar el hecho de que la unidad fundamental es el amperio y no el culombio.

### **Pregunta 4**

Hubiera sido mejor indicar en el enunciado de la pregunta que la fuerza resultante actúa sobre el objeto. Sin embargo, la respuesta más habitual (Opción D) indica que los candidatos piensan que una partícula que realiza un movimiento circular ¡está en equilibrio! Se trata claramente de una importante cuestión didáctica.

### **Pregunta 9**

Una buena pregunta con alta discriminación, aunque el índice de dificultad es sólo del 30%. Con excesiva frecuencia, los candidatos no apreciaron la naturaleza vectorial del momento.

### **Pregunta 18**

La mayor parte de los candidatos encontraron fácil esta pregunta, con un 83% de respuestas correctas. No es tarea fácil que los candidatos se den cuenta del análisis gráfico, debiendo reconocerse el mérito de los profesores por su labor en esta área.

### **Pregunta 21**

Esta pregunta tiene un índice de dificultad del 48% y una alta discriminación de 0,42. Ello indicaría que los candidatos más capaces respondieron la pregunta correctamente. Los candidatos más flojos optaron, frecuentemente, por la Opción A, poniendo de manifiesto el frecuente error conceptual de que la carga positiva es la que puede moverse desde la varilla al paño. Se esperaba que los candidatos se dieran cuenta de que son los electrones quienes se mueven.

### **Pregunta 24**

El índice de discriminación para esta pregunta es del  $-0,7$ . Bajo ciertas circunstancias, este bajo valor del índice indicaría una pregunta insatisfactoria. No es aquí el caso. Muchos candidatos optaron por una respuesta basada en el gradiente de la gráfica. Ello es completamente falso. La resistencia de un componente se define como la razón entre el voltaje y la corriente, para ese valor particular del voltaje.

### **Pregunta 26**

Podría haber resultado conveniente plantear, en el enunciado de la pregunta, que la cinta de aluminio estaba colocada horizontalmente. Sin embargo, a juzgar por las respuestas de los candidatos, no hubo aparentemente problema en el modo de considerar la orientación del diagrama.

### **Pregunta 30**

Esta pregunta tuvo el mayor número de candidatos que fallaron en dar una respuesta. Los índices de discriminación y de dificultad eran completamente satisfactorios. Es probable que a los candidatos les faltara tiempo para terminar la Prueba.

## **Áreas donde los estudiantes tuvieron dificultades y áreas en las que estaban bien preparados**

En una prueba de amplia base tal como la Prueba 1, es difícil generalizar sobre áreas de dificultad o sobre qué están bien preparados los estudiantes. Los comentarios sobre preguntas concretas y los porcentajes de elección de los estudiantes para cada pregunta deberían proporcionar una gran información sobre las dificultades de los estudiantes y las áreas en las que estaban bien preparados. Algunos candidatos forcejearon con la naturaleza conceptual de las preguntas de elección múltiple, pero resulta esperanzador el hecho de que, según las estadísticas, muchos candidatos lo hicieran sorprendentemente bien.

## **Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos**

La naturaleza de las preguntas pone de manifiesto la necesidad de enfatizar la comprensión conceptual de lo que es esencial. Debería enseñarse a razonar cualitativamente sobre sistemas físicos, además de resolver problemas basados en fórmulas.

Aún cuando pueda parecer redundante indicarlo en este informe, para que los estudiantes lean cuidadosamente las preguntas necesitan que se insista en ello y se les recuerde. A menudo se dan respuestas incorrectas porque los estudiantes han abordado la pregunta con excesiva rapidez, omitiendo una palabra clave que les previene para elegir la respuesta correcta. Los examinadores intentan proponer las preguntas tan claras y concisas como sea posible. Esto implica que todo lo redactado es importante.

## Prueba 1 Nivel superior

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-10	11-15	16-20	21-23	24-27	28-30	31-39

Las pruebas de física de opción múltiple del BI se han diseñado para plantear preguntas conceptuales con preferencia a las de tipo cálculo. Este enfoque, que enfatiza lo cualitativo frente a lo cuantitativo, está basado en la opinión de que el formato POM (MCQ) es el adecuado para comprobar los conocimientos conceptuales, mientras que los cálculos pueden evaluarse mejor por medio de preguntas, en las Pruebas 2 y 3. Las calculadoras resultan así innecesarias y no está permitido su uso en la Prueba 1. Las pruebas se diseñan para que las preguntas presenten toda una gama de grados de dificultad y cubran razonablemente los temas. Algunas preguntas son comunes para los niveles medio y superior, y las preguntas adicionales en el NS tienden a ser algo más difíciles.

Las pruebas de noviembre de 2003 tuvieron muy buena acogida y los comentarios fueron sobremanera positivos. El 73% de los profesores que comentaron la Prueba 1 consideraron que fue similar a la del año anterior, mientras que el 13% pensaron que había sido más difícil. El 84% de los que respondieron consideraron que el nivel de dificultad era el apropiado, mientras que el 11% pensó que el nivel había sido más alto. Todos consideraron la prueba como buena (63%) o satisfactoria (27%), en lo que a la cobertura del programa se refiere. Todos consideraron, también, que la presentación de la prueba fue buena (78%) o satisfactoria (22%).

El impreso G2, que está disponible en el Vade Mecum, se utiliza para comentar las pruebas de examen, animándose a los profesores a que presenten esos impresos puesto que son valiosos elementos de realimentación para el equipo de examinadores y juegan un importante papel al fijar las bandas de calificación. Agradecemos la colaboración de los colegios y profesores que hayan opinado sobre preguntas concretas en los impresos G2.

### Análisis estadístico

El rendimiento global de los candidatos y el modo en que responden a las diferentes preguntas se ilustra normalmente por medio del análisis estadístico de las respuestas. Estos resultados se presentan en la tabla siguiente: Prueba 1 de NS Análisis de los ítems. Los números que figuran en las columnas *A-D* y *en blanco* representan el número de candidatos que han elegido la opción correspondiente o que han dejado la pregunta sin responder. La clave (opción correcta) se indica por medio de un asterisco (\*). El *Índice de Dificultad* (quizás mejor llamarlo índice de facilidad) es el porcentaje de candidatos que responden correctamente a la pregunta. Un alto índice indica que una pregunta es fácil, presentándose la tabla en orden de dificultad creciente, de las preguntas más fáciles a las más difíciles. El *Índice de Discriminación* es una medida de lo bien que discrimina la pregunta entre los candidatos mejores y peores. Un valor alto para el índice de discriminación indica que una gran proporción de los candidatos mejores responden bien a la pregunta, en comparación con los candidatos peores.

### Prueba 1 de NS Análisis de los ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	136	135	97*	39	3	23.65	.21
2	1	7	378*	24		92.19	.11
3	13	80	60	257*		62.68	.56
4	259*	37	14	98	2	63.17	.30
5	30	201*	35	143	1	49.02	.37
6	106	228*	18	57	1	55.60	.44
7	37	220*	107	45	1	53.65	.57
8	25	335*	33	16	1	81.70	.23
9	12	31	16	351*		85.60	.33
10	15	16	240	136	3		.00
11	55	241*	62	51	1	58.78	.48
12		7	70	333*		81.21	.32
13	81	69	214*	43	3	52.19	.58
14	58	8	1	343*		83.65	.24
15	45	13	346*	5	1	84.39	.16
16	13	327*	13	56	1	79.75	.29
17	18	24	318*	50		77.56	.39
18	296*	35	47	32		72.19	.36
19	22	76	148	162*	2	39.51	.55
20	66	106	29	208*	1	50.73	.62
21	24	301*	24	58	3	73.41	.37
22	35	42	268*	65		65.36	.41
23	183*	31	166	30		44.63	.27
24	33	23	50	303*	1	73.90	.44
25	232*	100	41	37		56.58	.23
26	313*	44	26	27		76.34	.38
27	74	35	277*	22	2	67.56	.44
28	43	166	169*	29	3	41.21	.28
29	155	42	29	183*	1	44.63	.01-
30	64	194*	34	118		47.31	.39
31	81	269*	34	24	2	65.60	.39
32	15	35	55	303*	2	73.90	.40
33	26	252*	84	46	2	61.46	.47
34	67	38	183*	121	1	44.63	.34
35	40	210*	85	72	3	51.21	.61
36	175*	97	71	66	1	42.68	.27
37	82	46	50	231*	1	56.34	.51
38	151	163*	48	44	4	39.75	.26
39	53	19	305*	32	1	74.9	.28
40	202*	35	130	41	2	49.26	.33

## Comentarios sobre el análisis

*Rango de dificultad.* Debe advertirse que el índice de dificultad presenta un amplio rango. Varía desde alrededor de 23 (una pregunta difícil, a la que respondieron bien únicamente el 23% de los candidatos), hasta alrededor de 92 (una pregunta fácil, a la que respondieron bien el 92% de los candidatos).

*Discriminación.* El índice de discriminación es satisfactoriamente alto en general. Alcanza valores hasta de 0,63 y presenta un mínimo de  $-0,01$ . Este es un resultado satisfactorio, que indica que la prueba ha discriminado razonablemente bien. Aquellas preguntas que con un bajo índice tienen a veces un índice de dificultad alto, aunque no excesivo, indican que no siempre ocurre que las preguntas “difíciles” discriminan mejor entre buenos y malos estudiantes.

## Comentarios sobre preguntas seleccionadas

Tanto el equipo de examinadores como los colegios consideraron que la mayor parte de las preguntas eran conceptualmente buenas, estaban bien formuladas y se adaptaban al formato POM (MCQ). El desempeño de los candidatos en las distintas preguntas ha quedado reflejado en la tabla estadística de más arriba, junto con los valores de los índices. En la mayor parte de los casos, esta información proporciona suficiente realimentación cuando se considera una pregunta determinada. Por lo tanto, únicamente se harán comentarios sobre cuestiones seleccionadas, i.e. aquellas que ilustran un tema particular o en las que se haya identificado un problema. Obsérvese que, en general, no se discutirán las preguntas que hayan sido bien respondidas por los estudiantes o hayan discriminado bien, aunque pueden identificarse a partir del análisis anterior. Las discusiones detalladas se reservan para las preguntas que los estudiantes han encontrado difíciles, o para aquellas en las que se han identificado preconcepciones a causa de la popularidad de los distractores. Así pues, la mayoría de los comentarios que siguen identifican dificultades conceptuales que tienen los estudiantes en relación con ciertas situaciones físicas y, por lo tanto, debieran servir como realimentación para el profesor. Cada uno de dichos comentarios fue el resultado de las discusiones habidas en la Reunión de Evaluación Final.

Debe advertirse que el uso de las negritas es intencionado y tiene el propósito de que al estudiante le resulte más fácil comprender la pregunta. Por tanto, se usa con moderación. Los candidatos deben darse cuenta de que todas las palabras de todos los ítems tienen importancia.

### **Pregunta 1**

Esta pregunta era común con el Nivel Medio (pregunta 1) y fue respondida correctamente por el 24% de los candidatos (en contraste con el 23% del NM). Las opciones A y B se entendieron como valores aproximados para el diámetro del núcleo y del átomo, respectivamente (si la unidad fuera el metro). Estas opciones resultaron muy populares y fueron poderosos distractores.

### **Pregunta 5**

Esta pregunta era común con el Nivel Medio (pregunta 4) y fue respondida correctamente por el 49% de los candidatos (en contraste con el 35% del NM).

Hubiera sido mejor indicar en el enunciado de la pregunta que la fuerza resultante actúa sobre el objeto. Sin embargo, la respuesta incorrecta más habitual (Opción D) indica que los candidatos piensan que una partícula que realiza un movimiento circular *está en equilibrio!* Se trata claramente de una importante cuestión didáctica.

### **Pregunta 6**

Esta pregunta no involucra el cálculo de un vector resultante y, por lo tanto, está dentro de los contenidos del programa. El índice de discriminación es alto, con un índice de dificultad del 56%, lo que indica que el ítem resultó satisfactorio.

### **Pregunta 10**

Esta pregunta se excluyó de la Prueba como resultado de una confusión en el signo de  $v_2$ . El tema de la pregunta indica que  $v_2$  es un módulo. Por tanto, debería haberse indicado como  $-v_2$  en el gráfico. Además, la fuerza es la fuerza neta sobre la bola, y no la fuerza media ejercida por la placa sobre la bola.

### **Pregunta 13**

El índice de discriminación para esta pregunta fue alto. No se buscaba que los candidatos intentaran responder llevando a cabo cálculos, sino que trabajaran intuitivamente. Evidentemente, la respuesta no es ni A ni D. Tampoco puede ser B porque el área de los dos “brazos” verticales es mayor que la mitad del área de la sección horizontal. La respuesta es C.

### **Pregunta 22**

Algunos profesores eran de la opinión de que esta fue una pregunta difícil para los candidatos de segunda lengua. El índice de dificultad fue del 65%, con una discriminación de 0,41. En consecuencia, la pregunta resultó satisfactoria desde un punto de vista estadístico. En la práctica, todo lo que tenían que hacer los candidatos para encontrar la respuesta correcta era examinar en cada Opción qué era lo que se movía.

### **Pregunta 27**

Esta pregunta era común con el Nivel Medio (pregunta 21) y fue respondida correctamente por el 68% de los candidatos (en contraste con el 48% del NM). La respuesta incorrecta más frecuente fue la Opción A, poniendo de manifiesto el frecuente error conceptual de que la carga positiva es la que puede moverse desde la varilla al paño. Se esperaba que los candidatos se dieran cuenta de que son los electrones quienes se mueven.

### **Pregunta 31**

Esta pregunta era común con el Nivel Medio (pregunta 26) y fue respondida correctamente por el 66% de los candidatos (en contraste con el 51% del NM). Podría haber resultado conveniente plantear en el enunciado de la pregunta que la cinta de aluminio estaba colocada horizontalmente. Sin embargo, a juzgar por las respuestas de los candidatos, no hubo aparentemente problema en el modo de considerar la orientación del diagrama.

### **Pregunta 36**

Esta pregunta tuvo un índice de dificultad del 43%. La estadística indica que los candidatos más débiles utilizaron conjeturas, a la vista de sus respuestas. Se esperaba de los candidatos que se dieran cuenta de que el alcance de una radiación ionizante depende de la energía inicial de la radiación. Por lo tanto, si todas las partículas tenían aproximadamente el mismo alcance, deberían tener aproximadamente la misma energía inicial.

### Pregunta 39

El hecho de plantear la captura K era simplemente para situar la pregunta en un contexto y resultaba superfluo tener conocimiento alguno de ese tema. Se esperaba de los candidatos que comprendieran las ecuaciones nucleares y la notación para un electrón. La pregunta tuvo un alto índice de dificultad (74%) y no pareció confundir a los candidatos más capaces.

## Áreas donde los estudiantes tuvieron dificultades y áreas en las que estaban bien preparados

En una prueba de amplia base tal como la Prueba 1, es difícil generalizar sobre áreas de dificultad o sobre qué están bien preparados los estudiantes. Los comentarios sobre preguntas concretas y los porcentajes de elección de los estudiantes para cada pregunta deberían proporcionar una gran información sobre las dificultades de los estudiantes y las áreas en las que estaban bien preparados. Algunos candidatos forcejearon con la naturaleza conceptual de las preguntas de elección múltiple, pero resulta esperanzador el hecho de que, según las estadísticas, muchos candidatos lo hicieron sorprendentemente bien.

## Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos

La naturaleza de las preguntas pone de manifiesto la necesidad de enfatizar la comprensión conceptual de lo que es esencial. Debería enseñarse a razonar cualitativamente sobre sistemas físicos, además de resolver problemas basándose en fórmulas.

Aún cuando pueda parecer redundante indicarlo en este informe, para que los estudiantes lean cuidadosamente las preguntas necesitan que se insista en ello y se les recuerde. A menudo dan respuestas incorrectas porque han abordado la pregunta con excesiva rapidez, omitiendo una palabra clave que les previene para elegir la respuesta correcta. Los examinadores intentan proponer las preguntas tan claras y concisas como sea posible. Esto implica que todo lo redactado es importante.

## Prueba 2 Nivel medio

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-6	7-13	14-20	21-26	27-33	34-37	38-50

### Generalidades

Las opiniones expresadas por los profesores fueron, en general, muy positivas. El 90% pensó que la prueba tenía un nivel de dificultad apropiado y el mismo porcentaje consideró que la cobertura del programa era satisfactoria o buena. Todas las respuestas consideraron que la claridad de la redacción de la prueba y su presentación eran satisfactorias o buenas. Una clara mayoría opinó que la prueba había sido buena en todos los aspectos.

En general, los candidatos parecieron distribuir su tiempo apropiadamente y no hubo evidencia de que se vieran perjudicados por falta de tiempo. Sin embargo, algunos candidatos, como en años anteriores, no prestaron atención al espacio disponible para responder una subcuestión concreta, o a la puntuación que podía obtenerse de ella, y dieron respuestas largas y pesadas, sin necesidad alguna.

Menos candidatos que en sesiones anteriores cometieron errores del tipo cifras significativas u omitieron unidades.

La mayor parte de los candidatos presentaron los pasos seguidos en los cálculos, aunque a veces un tanto descuidadamente, y así les fue posible aprovechar los puntos de “error arrastrado hacia adelante”. Sin embargo, merece la pena mencionar que un número significativo no lo hizo, o lo hizo pero de una manera tan confusa y “codificada” que no pudo ser descifrada por los examinadores, o interpretada de modo que pudiera favorecer la calificación del candidato.

La Sección A era obligatoria mientras que en la Sección B los candidatos podían elegir preguntas. La inmensa mayoría de los candidatos siguió las instrucciones y respondió el número de preguntas requerido.

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

- Uso de gráficas para obtener información
- La aplicación a aspectos prácticos –como opuesta a la sustitución en fórmulas
- La diferencia entre masa gravitatoria y masa inercial
- Trazado de gráficos “realistas”
- Explicación de los cambios energéticos – como opuestas a listado de cambios energéticos
- Circuitos divisores de potencial
- La diferencia entre energía térmica y temperatura
- El cálculo del rendimiento

### **Niveles demostrados de conocimiento, comprensión y destreza**

- Sustitución en fórmulas, en general
- Mecanismos de transferencia de calor
- Buena explicación del efecto de la refrigeración en la evaporación
- Aplicación de la fórmula de la potencia en circuitos eléctricos
- Recordar el experimento de Rutherford
- Comprensión de cómo tratar las barras de error en las gráficas

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

#### **Sección A**

#### **Pregunta 1 *Investigación experimental sobre la segunda ley de Newton***

Los candidatos respondieron bien a esta pregunta. Unos pocos tuvieron dificultades para darse cuenta de que una relación de proporcionalidad entre dos variables implica una gráfica que es una línea recta que *pasa por el origen*. Muchos candidatos pensaron equivocadamente que las barras de error en el gráfico proporcionaban el error sistemático. Al calcular las masa del carrito, muchos emplearon un punto dato para sustituir en la fórmula  $F = ma$  y despejar  $m$ . Aún cuando no puede aceptarse, es invariablemente la situación que se da cuando la

información ha de obtenerse a partir de una gráfica, pidiéndose el gradiente y, en general, la intersección

**Pregunta 2 Estructura atómica y nuclear**

La Parte (a) se respondió bien con pocas excepciones, en las que los candidatos buscaron explicaciones en otros experimentos tales como el experimento e/m de Thomson, o la existencia de los espectros atómicos. Sin embargo, aún en el caso de identificar y describir correctamente el experimento de dispersión de partículas alfa de Rutherford-Geiger-Mardsen, pocos candidatos pudieron *explicar* correctamente por qué los sucesos de dispersión a ángulos grandes eran una prueba de la existencia de un núcleo.

Se respondió bien a la Parte (b) y la mayoría de los candidatos constató la existencia de la fuerza nuclear fuerte (la cuál, curiosamente, fue citada mayoritariamente como una fuerza grande pero no igual a la fuerza de repulsión eléctrica).

La Parte (c) no fue bien respondida. Muchos candidatos utilizaron una fórmula equivocada para la fuerza y, a veces, tuvieron dificultades con los cálculos. En (ii) fue triste ver que muchos candidatos utilizaban argumentos tales como que la fuerza era muy pequeña, aún cuando en (i) habían calculado una fuerza de alrededor de  $10^{26}$  N.

**Pregunta 3 Ondas sonoras**

Esta pregunta fue bien respondida por la gran mayoría de los candidatos, con la notable excepción de la parte (a), en la que muchos pensaron que la onda era transversal. Debe enfatizarse el hecho de que, tanto para ondas transversales como para longitudinales se puede trazar una gráfica que muestre la variación del desplazamiento con la distancia.

**Sección B**

**Pregunta 1 Propiedades eléctricas de dos lámparas de filamento de 12 V.**

Esta no fue una pregunta muy respondida. Las Partes (a) y (b) de la pregunta se hicieron muy bien. En la Parte (c), la mayoría de los candidatos se dio cuenta de que la resistencia interna de la batería, o la de los cables, o la del amperímetro, tenía algo que ver con la respuesta, pero pocos pudieron presentar un argumento claro. Muchos recurrieron a “si el voltaje se reduce a cero, la lámpara no funciona”.

La Parte (d) involucraba un divisor de potencial (potenciómetro). Debiera advertirse que el divisor de potencial forma parte del programa, y se anima a los profesores para utilizarlo tanto en el trabajo práctico de laboratorio, como en resolución de problemas que involucren circuitos.

En la parte (f), muchos candidatos respondieron que la corriente en las lámparas A y B debería ser la misma, pero se contradijeron posteriormente en la parte (iii) al calcular la potencia de cada lámpara, utilizando corrientes diferentes para cada una. La Parte (ii) de esta pregunta no fue tan bien respondida. Muy pocos candidatos se dieron cuenta de que tenían que utilizar la gráfica para determinar dos voltajes cuya suma fuera 12 V.

**Pregunta 2 Cinemática de un ascensor**

Fue un de las preguntas más respondida de la prueba y, en general, satisfactoriamente. En la parte (a), muy pocos candidatos fueron capaces de explicar la diferencia entre masa gravitatoria y masa inercial –muchos tan sólo explicaron la diferencia entre masa y peso. Los candidatos lo hicieron bastante mejor en la parte (b). Algunos candidatos utilizaron  $P = Fv$  y

así encontraron la fuerza en  $F = ma$ , sin darse cuenta de que en la mayor parte del movimiento la aceleración era nula. En la parte (c), bastantes candidatos se dieron cuenta de que un gráfico realista significaba (en este caso) una curva suave sin picos en 0,5 s y en 11,5 s, pero olvidaron el hecho de que la curva tampoco debía tener picos en 0 s y 12 s.

En la parte (d) la mayoría de los candidatos se dieron cuenta del tamaño relativo de las flechas representativas de las fuerzas, pero no siempre fueron cuidadosos en dibujar flechas de igual longitud para las fuerzas que representaban el (mismo) peso en los dos diagramas.

La parte (f) de esta pregunta se mostró difícil para la gran mayoría de los candidatos. Muchos pensaron, incorrectamente, que el problema era similar al de una bola botando arriba y abajo, sometida a la gravedad, con las energías potencial y cinética transformándose la una en la otra. La mayoría quedó satisfecha contestando a la pregunta con afirmaciones tales como “la energía potencial aumenta en la subida porque la altura del ascensor aumenta” y otras similares. Uno de los verbos de acción contenidos en el enunciado era “explicar” y, por tanto, las respuestas a esta pregunta tenían que haber sido algo más detalladas y sofisticadas que las dadas por la mayoría. Sólo un número decepcionantemente pequeño de candidatos se dio cuenta de que la energía eléctrica estaba involucrada en este apartado e incluso menos constataron que al final del trayecto de subida y bajada toda la energía eléctrica proporcionada por el motor debería haberse transformado en energía térmica y sonido.

### **Pregunta 3** *Procesos térmicos en una persona que corre*

Fue una pregunta muy elegida y hubo algún candidato que, en verdad, puntuó muy alto. Una vez dicho esto, el comienzo fue muy pobre y la mayoría de los candidatos confundió los conceptos.

Fue muy raro encontrar una buena respuesta y muchos definieron la energía térmica como simplemente “calor”.

Frecuentemente se citaban los mecanismos de transferencia de calor, pero a menudo los candidatos omitían detalles adecuados para obtener la puntuación completa.

En (d) (i) fue satisfactorio encontrar muchas respuestas completas, con excelentes explicaciones en cuanto al porqué tiene lugar un enfriamiento en la evaporación.

El área superficial era una respuesta obvia a (d) (iii), que frecuentemente se omitió.

Raramente se explicó bien el papel de la temperatura y muchos confundieron la temperatura del aire con la de la piel.

## **Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos**

Los comentarios sobre cuestiones específicas que siguen a continuación muestran las áreas del programa incluido en el examen con las que los candidatos tienen, a menudo, dificultad.

En general, cuando se preparen candidatos para los exámenes, debiera animárseles a:

- Tomar nota de las distribuciones de puntos para las preguntas completas y los diferentes apartados – son indicadores del “peso” que tiene la pregunta en la distribución global de puntos y dan una idea de la extensión y/o de la complejidad de la respuesta requerida.
- Leer las preguntas atentamente e intentar focalizar la respuesta hacia lo que ha sido preguntado. Puede ayudar a ello la práctica frecuente con preguntas de exámenes anteriores, calificadas por los profesores a través de los esquemas de corrección publicados.

- Cuando una situación involucra la aplicación de varias fuerzas, puede ser de mucha ayuda un diagrama de cuerpo libre. El trazado de diagramas de cuerpo libre, y los conceptos que hay tras ellos, necesitan ser enfatizados continuamente en el aula. Debe ponerse atención en presentar flechas cuya longitud sea proporcional al módulo de las fuerzas que representan.
- Al responder a las preguntas, debiera animarse a los estudiantes a realizar comentarios que indiquen lo que están haciendo, o dónde pretenden llegar. De modo similar a los comentarios REM en un programa de ordenador, ello ayuda al lector, en una etapa posterior, a seguir la lógica de lo que piensa quien lo escribe y hace más sencillo conceder puntos por intentos parcialmente exitosos en la respuesta. Muchos estudiantes se embarcan en una demostración, por ejemplo, relleno de la página de fórmulas y ecuaciones, para fallar en obtener la respuesta. Si dijeran, desde el principio, dónde pretenden llegar, sería más sencillo seguir su trabajo y puntuarles donde fuese debido.
- Debería practicarse más en el aula con gráficas que representen ondas para hacer comprender a los estudiantes que pueden representarse tanto las ondas transversales como las longitudinales.
- Los verbos de acción que aparecen en una pregunta deberían ser conocidos por los candidatos y considerados cuidadosamente cuando se responda a la pregunta.
- A la hora de responder al examen, los candidatos deberían realizar cuidadosas consideraciones para seleccionar la pregunta de la sección B. Debiera animárseles a leer las preguntas cuidadosamente antes de elegir.
- La utilización de preguntas de exámenes anteriores debiera adoptarse al principio del curso. En cuanto que sea posible, se deberían utilizar preguntas completas, o partes de preguntas, para reforzar el aprendizaje y comprender cuando está terminado cada tema o subtema del programa.

## Prueba 2 Nivel superior

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-13	14-26	27-37	38-48	49-58	59-69	70-95

### Generalidades

Las opiniones expresadas por los profesores fueron, en general, muy positivas. Cerca del 90% de los profesores que respondieron pensó que la prueba tenía un nivel de dificultad apropiado. El mismo alto porcentaje de profesores consideró satisfactoria o buena la cobertura del programa y la claridad de la redacción. Todas las respuestas constataron que la presentación de la prueba era satisfactoria o buena. La mayoría opinó que la prueba había sido buena tanto en la claridad de la redacción como en la presentación.

La mayoría de los candidatos cometieron errores de cifras significativas o de unidades, perdiendo un punto.

La mayoría de los candidatos presentaron los pasos seguidos en los cálculos. Es importante dar una explicación en el sentido de que permite a los candidatos aprovecharse de los puntos de “error arrastrado hacia adelante”, allí donde su trabajo no es completamente correcto.

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

- La aplicación a aspectos prácticos –como opuesta a la sustitución en fórmulas
- La diferencia entre masa gravitatoria y masa inercial
- Explicación de los cambios energéticos – como opuestas a listado de cambios energéticos
- Resúmenes de los modelos de Bohr y Schrödinger
- Los pormenores de la desintegración beta
- Circuitos divisores de potencial
- La diferencia entre energía térmica y temperatura
- El cálculo del rendimiento

## Niveles demostrados de conocimiento, comprensión y destreza

- Sustitución en fórmulas, en general
- Recordar el ciclo de Carnot
- Trabajo desarrollado por una máquina a partir del diagrama p-V
- Mecanismos de transferencia de calor
- Aplicación de la fórmula de la potencia en circuitos eléctricos
- Recordar el experimento de Rutherford
- Comprensión de cómo tratar las barras de error en las gráficas

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

### Sección A

#### **Pregunta 1** *Investigación experimental sobre la segunda ley de Newton*

Los candidatos respondieron bien a esta pregunta. Unos pocos tuvieron dificultades para darse cuenta de que una relación de proporcionalidad entre dos variables implica una gráfica que es una línea recta que *pasa por el origen*. Muchos candidatos pensaron equivocadamente que las barras de error en el gráfico proporcionaban el error sistemático. Al calcular las masa del carrito, muchos emplearon un punto dato para sustituir en la fórmula  $F = ma$  y despejar  $m$ . Aún cuando no puede aceptarse, es invariablemente la situación que se da cuando la información ha de obtenerse a partir de una gráfica, pidiéndose el gradiente y, en general, la intersección

#### **Pregunta 2** *Cinemática de un ascensor*

Muy pocos candidatos fueron capaces de explicar la diferencia entre masa gravitatoria y masa inercial –muchos tan sólo explicaron la diferencia entre masa y peso. Con frecuencia, los candidatos trazaron bien los diagramas de cuerpo libre, pero muchos de tales diagramas implicaban un valor cambiante para la atracción gravitatoria sobre el ascensor. Los gráficos eran, a menudo, muy confusos y fue raro leer una explicación completa de los cambios en la energía. La mayoría de los candidatos hizo simplemente una relación de los cambios de

energía que tuvieron lugar. Muchas de esas descripciones eran también equivocadas, implicando, a menudo, que el ascensor estaba ¡en caída libre!

**Pregunta 3** *Estructura atómica y fuerzas fundamentales*

La Parte (a) se respondió bien con pocas excepciones, en las que los candidatos buscaron explicaciones en otros experimentos tales como el experimento e/m de Thomson, o la existencia de los espectros atómicos. Sin embargo, aún en el caso de identificar y describir correctamente el experimento de dispersión de partículas alfa de Rutherford-Geiger-Mardsen, pocos candidatos pudieron *explicar* correctamente por qué los sucesos de dispersión a ángulos grandes eran una prueba de la existencia de un núcleo.

Se respondió bien a la Parte (b) y la mayoría de los candidatos constató la existencia de la fuerza nuclear fuerte (la cuál, curiosamente, fue citada mayoritariamente como una fuerza grande pero no igual a la fuerza de repulsión eléctrica).

La Parte (c) no fue bien respondida. Muchos candidatos utilizaron una fórmula equivocada para la fuerza  $y$ , a veces, tuvieron dificultades con los cálculos. Un número sorprendentemente alto de candidatos utilizó la constante de Boltzmann en lugar de la constante de Coulomb, en la ecuación de la fuerza entre dos cargas. Muchos respondieron bien al apartado (d) pero un número significativo de ellos utilizó únicamente la masa del electrón para calcular la fuerza. En la parte (e) fue triste ver como muchos candidatos utilizaban argumentos tales como que la fuerza era muy pequeña, aún cuando en (c) habían calculado una fuerza de alrededor de  $10^{26}$  N.

**Sección B**

La pregunta más respondida de esta sección fue la B4 y la menos respondida la B1.

**Pregunta 1** *Aspectos atómicos y nucleares de los isótopos del helio.*

En el primer apartado de esta pregunta, los candidatos tendieron a perder puntos por ausencia de detalles más que por comprensión. Un número satisfactorio pudo identificar correctamente los niveles de energía involucrados pero otro número significativo consideró el salto en el sentido erróneo. El resumen de los diferentes modelos atómicos se realizó pobremente; muchos candidatos indicaron porqué los niveles de energía explicaban el espectro del átomo de hidrógeno, en vez de resumir el modelo. En general, los aspectos nucleares se hicieron bien, aunque pocos fueron capaces de aplicar correctamente algún conocimiento de antineutrinos o quarks a la desintegración beta.

**Pregunta 2**

**Parte 1** *Fuerzas sobre una carretilla*

Esta pregunta se respondió bien, aún cuando algunos candidatos malinterpretaron claramente el contenido físico de la pregunta. La redacción de la pregunta no la presentó tan absolutamente clara como los candidatos hubieran deseado para considerar las patas soporte de la carretilla justamente levantadas del suelo en la parte (a)(ii), o que la carretilla mantuviera un ángulo con la horizontal mientras era empujada en la parte (b). Esta decisión se tomó para mejorar la legibilidad de la pregunta y ningún candidato habría salido perjudicado si hubiera hecho una suposición diferente. Una vez aclarado este punto, fue corriente ver respuestas que nunca intentaron utilizar el concepto de momento, en el primer apartado, y no comprendieron de su necesidad para resolver la segunda parte de la pregunta. Finalmente, muchos intentaron equivocadamente utilizar un coeficiente de rozamiento

estimado para determinar la fuerza de rozamiento, con preferencia a la utilización de las leyes de Newton.

**Parte 2** *Propiedades eléctricas de dos lámparas de filamento de 12 V*

Los candidatos tendieron a hacer pobremente esta pregunta. Pocos fueron capaces de comprender los límites de la técnica experimental descrita y, claramente, la inmensa mayoría nunca había enfrentado el potenciómetro como un dispositivo con tres terminales. Resulta sorprendente lo bueno que es utilizar un tal circuito en situaciones prácticas. Debiera advertirse que el divisor de potencial forma parte del programa, y se anima a los profesores para utilizarlo tanto en el trabajo práctico de laboratorio, como en resolución de problemas que involucren circuitos. Dicho esto, muchos fueron capaces de calcular cuál de las bombillas tenía la mayor disipación de potencia a 12 V. Como era esperable, pocos fueron capaces de utilizar correctamente la información contenida en el gráfico para identificar la corriente total extraída, cuando las dos bombillas estaban conectadas en serie. Algunos candidatos calcularon la resistencia a 12 V y supusieron que permanecía constante. Fue, sin embargo, satisfactorio comprobar que un número significativo podía utilizar el gráfico correctamente.

**Pregunta 3**

**Parte 1** *La física de la caída de un rayo*

En los apartados iniciales de esta pregunta hubo tendencia a perder puntos por ausencia de detalles. A menudo, los candidatos más flojos tendían a repetir los términos utilizados en el enunciado – e.g. “Cuando las cargas están separadas” no es explicación suficiente del término *separación de carga*. Sin embargo, los cálculos tendieron a hacerse bien y fue satisfactorio comprobar que una mayoría de los candidatos fue capaz de sustituir correctamente valores en una ecuación desconocida. Casi ningún candidato se dio cuenta de que la diferencia de potencial media era más apropiada para calcular la energía del rayo.

**Parte 2** *Ondas sonoras*

Los candidatos tendieron una de dos, o a hacer bien todos los aspectos de esta sección, o a puntuar, en verdad, muy pobremente. Típicamente, un candidato que forcejeara con la pregunta recurría a sustituir en una fórmula incorrecta. La ecuación del efecto Doppler fue muy frecuente. Muchos se dieron cuenta de que la situación final era un ejemplo de batidos, pero sólo un pequeño número fue capaz de deducir los valores correctos para las frecuencias.

**Pregunta 4**

**Parte 1** *Procesos térmicos en una persona que corre*

Hubo muchos candidatos que, en verdad, puntuaron muy alto en esta pregunta. Una vez dicho esto, el comienzo fue muy pobre y la mayoría de los candidatos confundió los conceptos. Fue muy raro encontrarse con una buena respuesta y muchos definieron la energía térmica como simplemente “calor”. Frecuentemente se citaban los mecanismos de transferencia de calor, pero a menudo los candidatos omitían detalles adecuados para obtener la puntuación completa.

El área superficial era una respuesta obvia a (d) (ii), que frecuentemente se omitió. Raramente se explicó bien el papel de la temperatura y muchos confundieron la temperatura del aire con la de la piel.

## **Parte 2 Termodinámica de una máquina térmica**

Algunos fueron capaces de obtener la totalidad de los puntos en esta pregunta, pero era corriente ver los cálculos del rendimiento totalmente equivocados. Resultó bastante frecuente ver como, al intentar calcular el rendimiento, los candidatos dividían el trabajo realizado entre la energía térmica expulsada. En el resto de la pregunta se perdieron puntos por ausencia de precisión y de detalles en la descripción del ciclo de Carnot.

## **Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos**

Los comentarios sobre cuestiones específicas que siguen a continuación muestran las áreas del programa incluido en el examen con las que los candidatos tienen, a menudo, dificultad.

En general, cuando se preparen candidatos para los exámenes, debiera animárseles a:

- Tomar nota de las distribuciones de puntos para las preguntas completas y los diferentes apartados – son indicadores del “peso” que tiene la pregunta en la distribución global de puntos y dan una idea de la extensión y/o de la complejidad de la respuesta requerida.
- Leer las preguntas atentamente e intentar focalizar la respuesta hacia lo que ha sido preguntado. Puede ayudar a ello la práctica frecuente con preguntas de exámenes anteriores, calificadas por los profesores a través de los esquemas de corrección publicados.
- Cuando una situación involucra la aplicación de varias fuerzas, puede ser de mucha ayuda un diagrama de cuerpo libre. El trazado de diagramas de cuerpo libre, y los conceptos que hay tras ellos, necesitan ser enfatizados continuamente en el aula. Debe ponerse atención en presentar flechas cuya longitud sea proporcional al módulo de las fuerzas que representan.
- Al responder a las preguntas, debiera animarse a los estudiantes a realizar comentarios que indiquen lo que están haciendo, o dónde pretenden llegar. De modo similar a los comentarios REM en un programa de ordenador, ello ayuda al lector, en una etapa posterior, a seguir la lógica de lo que piensa quien lo escribe y hace más sencillo conceder puntos por intentos parcialmente exitosos en la respuesta. Muchos estudiantes se embarcan en una demostración, por ejemplo, rellenando la página de fórmulas y ecuaciones, para fallar en obtener la respuesta. Si dijeran, desde el principio, dónde pretenden llegar, sería más sencillo seguir su trabajo y puntuarles donde fuese debido.
- Los verbos de acción que aparecen en una pregunta deberían ser conocidos por los candidatos y considerados cuidadosamente cuando se responda a la pregunta.
- A la hora de responder al examen, los candidatos deberían realizar cuidadosas consideraciones para seleccionar la pregunta de la sección B. Debiera animárseles a leer las preguntas cuidadosamente antes de elegir.
- La utilización de preguntas de exámenes anteriores debiera adoptarse al principio del curso. En cuanto que sea posible, se deberían utilizar preguntas completas, o partes de preguntas, para reforzar el aprendizaje y comprender cuando está terminado cada tema o subtema del programa.

## Prueba 3 Nivel medio

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-6	7-12	13-15	16-19	20-24	25-28	29-40

### Generalidades

El número de comentarios recibidos de los profesores fue limitado, pero gratamente apreciado por el equipo de examinadores. La mayoría de ellos consideraron que la prueba fue de un estándar similar en comparación con la del año anterior, aunque a algunos les pareció un poco más difícil. La inmensa mayoría consideró que la prueba tuvo el nivel de dificultad apropiado y tanto la claridad de la redacción como la cobertura del programa, le mereció el calificativo de “satisfactoria” o “buena”. Todos consideraron satisfactoria o buena la presentación de la prueba.

Las Opciones A y H fueron, como en años anteriores, las más respondidas. La Opción F fue también muy respondida y la Opción D la que menos. Posiblemente como consecuencia de la nueva redacción completa de la Opción E, pudiera ser que esta Opción fuese abordada por más candidatos que anteriormente.

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

Como en años anteriores, no hubo demasiadas tentativas hacia las Opciones B (Física cuántica y física nuclear), C (Ampliación de Energía) y D (Física Biomédica). Esto puede sugerir que los profesores perciben que estas Opciones abarcan contenidos difíciles de explicar. En la sesión de Noviembre, para la que el número de candidatos es pequeño, es difícil generalizar el porqué no se abordan ciertas Opciones.

Otras áreas de dificultad identificados por el equipo de examinadores incluyen:

- Manipulación algebraica
- Equilibrio de fuerzas
- Gravitación
- Difracción de electrones
- Principios de escalamiento.
- Verificación de la ley de Coulomb
- Manipulación con proporciones o cocientes (Astrofísica)
- Dilatación del tiempo y contracción de longitud
- Diagrama de rayos

### Niveles demostrados de conocimiento, comprensión y destreza

La mayor parte de los candidatos pudieron hacer frente de manera conveniente a definiciones, sustitución de valores numéricos en fórmulas estándar y representaciones gráficas. Los niveles de conocimiento y comprensión variaron justamente como cabría esperar, mostrando algunos candidatos una excelente comprensión de los conceptos puestos a prueba en este examen. En el otro extremo de la escala, algunos candidatos mostraron una pequeña o nula comprensión de los conceptos tratados en las preguntas. En las preguntas que pedían explicaciones, resúmenes, sugerencias o descripciones, los

candidatos a menudo recurrieron en sus respuestas a anécdotas más que a principios de la física. Los niveles de conocimiento y comprensión se tratan con más detalle en la siguiente sección.

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

Debiera tenerse presente que hubo un número satisfactorio de candidatos que mostraron una sólida captación y una comprensión de los temas tratados en las diferentes preguntas opcionales. Los comentarios que siguen se refieren a las principales áreas de debilidad mostradas por los candidatos que no lograron ese nivel de resultados.

### **A Ampliación de mecánica**

#### **Pregunta 1** *Movimiento de proyectiles*

La mayoría de los candidatos dibujó correctamente flechas que mostraban las direcciones de la aceleración y de la velocidad de la piedra. Resultó frecuente que los candidatos calcularan correctamente la energía cinética de la piedra, pero un número significativo de ellos consideró que dicha energía cinética era nula en el punto Q.

Aunque en la introducción a la pregunta se establecía específicamente que debían emplearse argumentos energéticos para determinar la velocidad final, muchos candidatos utilizaron incorrectamente una ecuación del movimiento uniforme para calcular dicha velocidad.

#### **Pregunta 2** *Equilibrio estático*

Muy pocos candidatos se dieron cuenta de que cuando tres fuerzas están en equilibrio sus líneas de acción deben pasar por un mismo punto.

Un número significativo de candidatos utilizó  $T \sin \theta$  para calcular la componente horizontal de la fuerza.

#### **Pregunta 3** *Satélite*

Muchos candidatos se dieron cuenta de que sólo actúa sobre el satélite una única fuerza y la mayoría fueron capaces de deducir la expresión de la velocidad. Sin embargo, los intentos de deducir la expresión para  $T^2$  fueron frecuentemente confusos. Parecía existir optimismo entre los candidatos, en el sentido de que si escribían suficientes expresiones algebraicas al azar, aparecería eventualmente el resultado deseado.

Esto es cierto no sólo aquí, sino también en la prueba donde se pide una demostración. Muchos candidatos no utilizaron la información proporcionada para mostrar que el periodo orbital era de 24 horas, aproximadamente, sino que utilizaron un valor de G para calcular la masa de la Tierra y, a continuación, el periodo.

### **B Física cuántica y física nuclear**

#### **Pregunta 1** *Naturaleza ondulatoria de los electrones*

Habitualmente se entendió la hipótesis de de Broglie y muchos de los candidatos calcularon la longitud de onda correctamente. Sin embargo, hubo mucha confusión con la fórmula de Planck para los fotones.

El concepto de difracción de electrones y sus relaciones con la verificación de la hipótesis de de Broglie se malentendió.

**Pregunta 2** *Espectros atómicos y niveles energéticos*

Esta fue, probablemente, la pregunta mejor respondida de esta Opción, aunque en los diagramas energéticos algunos candidatos dibujaron las flechas con el sentido opuesto.

**Pregunta 3** *Desintegración radiactiva*

Muchos candidatos reconocieron la desintegración como un ejemplo de desintegración beta más, pero el cálculo de la constante de desintegración resultó muy frustrante.

**C Ampliación de energía**

**Pregunta 1** *Paneles solares y turbinas eólicas*

Esta Opción no resultó muy respondida, pero esta pregunta se respondió mejor que la pregunta 2. Sin embargo, muchos candidatos parecían tener poca idea de las dimensiones y pensaban que una superficie del valor correctamente calculado, de 26 m<sup>2</sup>, se acomodaría holgadamente sobre el tejado de una casa promedio.

A menudo los cálculos sobre la turbina eólica se hicieron bien.

**Pregunta 2** *El ciclo de Carnot*

Hubo algunos intentos burdos de abordar esta pregunta por parte de un conjunto de candidatos que tenía, tan sólo, una idea vaga de la forma del ciclo de Carnot. Esto, a su vez, condujo a rotular incorrectamente muchos diagramas. En general, el rendimiento de la máquina se calculó correctamente, pero muchos candidatos fracasaron al calcular la potencia térmica.

**D Física Biomédica**

**Pregunta 1** *Escalamiento*

Muchos candidatos no analizaron la pregunta en lo que se refiere a la dependencia con  $L$  de la pérdida de potencia y de la masa. En consecuencia, no fueron capaces de obtener la dependencia con  $L$  de la potencia perdida por unidad de masa. Hubo muchas conjeturas en cuanto a la relación, indicando a menudo una carencia de comprensión de la situación. Aquellos candidatos que reconocieron la situación, normalmente fueron capaces de hacer una suposición sensata al realizar la estimación.

Hubo una diferencia clara entre los candidatos que habían estudiado el tema y aquellos que no se dieron cuenta de la física involucrada en la explicación de la variedad de tamaños de los animales que se encuentran en la naturaleza.

**Pregunta 2** *Comparación de las capacidades auditivas*

Hubo muy pocas respuestas correctas a la determinación del cociente. Muchas de las respuestas no incluían la relación entre la intensidad y la amplitud. De los candidatos que proporcionaron la expresión, la mayoría no logró gestionar la matemática posterior.

La expresión para la pérdida en dB se aplicó correctamente en muchos exámenes.

Los candidatos deberían darse cuenta de que, cuando lo que se pide que consideren es “indique y explique”, son necesarias algunas palabras de explicación para lograr la

puntuación completa. Demasiado frecuentemente faltaba la explicación para la frecuencia a la que Carmen es más sensible.

Con pocas excepciones, los candidatos que calcularon bien el valor para la pérdida en (b), rotularon correctamente el gráfico. Se aceptaron puntos tanto a 60 dB, como a 70 dB.

### **Pregunta 3 Rayos X**

Hubo algunos esquemas dibujados cuidadosamente. Sin embargo, muchos candidatos perdieron puntos por falta de atención. Debiera advertirse a los candidatos de que, cuando se trata de esquematizar un gráfico, sus rasgos principales deben trazarse claramente. En este sentido, una curva trazada a mano alzada era aceptable pero debía quedar clara la naturaleza exponencial de la desintegración.

Las respuestas indicaron una gran cantidad de ensayos para explicar qué energía sería la más conveniente para el fotón. No se consideró que los rayos X debían ser capaces de penetrar en el músculo pero, al mismo tiempo y para tener un buen contraste, la penetración en el hueso debía ser mucho menor. Los rayos X de 30 kV serían los más apropiados.

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

### **Pregunta 1 Newton**

Sorprendentemente, hubo pocas respuestas correctas al estimar la aceleración de la Luna.

Muchos sustituyeron directamente la aceleración por  $F$ . Se esperaba que en el método alternativo del cálculo de la aceleración consideraran la aceleración centrípeta. En general, ese fue el caso, pero se presentaron numerosas expresiones sin dar una explicación de cómo fueron deducidas. Resultó desafortunado que muy pocos candidatos dedujeran correctamente la aceleración por ambos métodos. Sin embargo, muchos se dieron cuenta de que los dos valores debían ser aproximadamente iguales.

En consecuencia, se hicieron afirmaciones en este sentido, aún cuando los valores diferían en un factor de  $10^{10}$ . Los candidatos debieran ser advertidos de que la petición a que hace referencia el término *explica* requiere de algo más que una afirmación sobre la igualdad entre ambas. El concepto de *universal* no fue percibido por los candidatos, que lo confundieron con *mundial*.

### **Pregunta 2 Ley de Coulomb**

Los candidatos parecieron darse cuenta del concepto de compartición de carga y, en consecuencia, proporcionaron una expresión correcta para la fuerza sobre cualquiera de las dos esferas. En partes posteriores, resultó desafortunado que muchos candidatos intentaran responder en términos de una expresión detallada de la ley de Coulomb, en vez de en términos de la fuerza  $F$  –la fuerza antes citada. Resultó muy raro que se hiciera referencia al concepto de carga puntual, exponiendo el hecho de que la separación entre las esferas es mucho mayor que sus diámetros. A pesar de algunas respuestas correctas en (a) y (b), muchos candidatos fueron incapaces de expresar el concepto de compartición de carga y el efecto sobre las fuerzas entre las esferas. En general, las descripciones de las mediciones de Coulomb de la fuerza fueron pobres. Normalmente se mostraba un dispositivo de suspensión, pero frecuentemente se omitían las esferas fijas cargadas. Fue más rara una mención al papel del par recuperador proporcionado por la suspensión. Se debería animar a los candidatos para que dibujaran diagramas donde fuera apropiado. Muchas respuestas no incluían un esquema, a pesar de estar previsto un espacio en el cuadernillo de preguntas.

## F Astrofísica

### **Pregunta 1** *Planetas del Sistema Solar*

Con pocas excepciones, los órdenes eran correctos y los candidatos obtuvieron puntuación máxima.

### **Pregunta 2** *Estrella de Barnard*

En general, se dibujó un diagrama para explicar el ángulo de paralaje y su medición. Sin embargo, muchos definieron el parsec, en vez del ángulo de paralaje. Aquellos candidatos que definieron el ángulo de paralaje, frecuentemente no se dieron cuenta de que las observaciones de la estrella, con un intervalo de seis meses, proporcionan un ángulo de paralaje doble. La gran mayoría de los candidatos realizaron correctamente el cálculo de la distancia de la estrella a la Tierra, pero pocos definieron correctamente el brillo aparente. Muchos indicaron que es el brillo observado desde la Tierra o se refirieron a la energía recibida por la Tierra, en vez de a la potencia por unidad de área. La determinación del cociente se mostró difícil. La mayoría de las respuestas incluyeron una expresión correcta. Sin embargo, hubo pocas respuestas correctas. Muchos candidatos encontraron dificultades bien con las sustituciones, bien con la aritmética posterior. Hubo algunas respuestas muy buenas a propósito de por qué la estrella no puede ser ni una enana blanca, ni una gigante roja.

## G Relatividad

En el Nivel Superior es, siempre, una opción muy respondida, y su popularidad va en aumento en el Nivel Medio. En esta sesión fue una opción muy popular en ambos niveles.

### **Pregunta 1** *Movimiento relativista de muones*

La mayoría de los candidatos se dio cuenta de que al definir la longitud propia, el observador debe estar en reposo con respecto al objeto. Sin embargo, muchas respuestas para el tiempo propio involucraban el estar “en reposo para medir el tiempo”, en vez de un intervalo de tiempo en un sistema de referencia en el que los dos sucesos que definen el intervalo ocurran en el mismo lugar. Muchos candidatos pensaron que un observador inercial debe estar en reposo, en vez de en un sistema de referencia que se mueva con velocidad constante.

En general, la semivida se calculó exitosamente y la mayoría de los candidatos proporcionó una expresión correcta para ella. Sin embargo, hubo errores aritméticos muy diversos, en particular al calcular  $\gamma$ . En un número significativo de respuestas, la longitud calculada era superior a 1370 m. Las respuestas para explicar la dilatación del tiempo y la contracción de longitud fueron decepcionantes. Estaba claro que la mayoría de los candidatos no comprendía los conceptos involucrados e hicieron afirmaciones inconexas y frecuentemente inapropiadas, que ignoraban cualquier idea de movimiento relativo. Los candidatos más capaces proporcionaron argumentos en cuanto al significado, pero fueron incapaces de elaborarlos satisfactoriamente en su exposición. Hubo algunas buenas respuestas que explicaban por qué un muón no puede alcanzar la velocidad de la luz, involucrando la aproximación a cero del cociente  $v/c$  y su efecto sobre la masa. Los problemas más serios fueron al leer los valores en los ejes. Sin embargo, la mayoría de las respuestas estuvo dentro de límites aceptables. En general, los candidatos que respondieron a (e)(ii) también presentaron una respuesta correcta a la energía total del muón. Sin embargo, muchos fallaron en completar su trabajo con una expresión correcta de la energía total y, por tanto, no calcularon la masa-energía en reposo. Se constató que la masa en reposo del muón es en realidad 106 MeV, ¡pero eso no afectaba de ninguna manera a la pregunta!

## H Óptica

### **Pregunta 1** *Dispersión óptica*

Con pocas excepciones, el gráfico fue trazado correctamente. Sin embargo, la mayoría dio el resultado para el índice de refracción con dos o tres cifras significativas. Se animaba a los candidatos para que esquematizaran un diagrama y, en verdad, los más capaces sacaron provecho de él. Frecuentemente, los candidatos más flojos mostraron la dispersión que tiene lugar cuando la luz sale de un prisma, pero no cómo entra y sale.

### **Pregunta 2** *Profundidad real y aparente*

Resultó sorprendente ver la gran proporción de diagramas de rayos que eran irreconocibles. Debiera animarse a los candidatos a practicar el trazado de diagramas de rayos. En general, se indicó correctamente la naturaleza de la imagen y se dio una explicación adecuada de ella.

En la mayoría de los casos, los cálculos se completaron satisfactoriamente. El error más común fue dar la posición relativa de la superficie libre de la piscina, en vez de la del fondo.

### **Pregunta 3** *La lupa*

Se trazaron buenos diagramas, dibujando los rayos con reglas. Sin embargo, hubo un número significativo de intentos de mostrar la imagen a la derecha de la lente. Para aquellos candidatos que habían realizado una correcta construcción de rayos, el posicionamiento de la imagen no supuso ningún problema y, con pocas excepciones, el ojo se dibujó en el lado derecho del diagrama. Los candidatos deberían aprender a distinguir entre *punto próximo* y *mínima distancia de resolución*. Un número significativo de respuestas no incluyeron el hecho de que el ojo puede enfocar un objeto situado en ese punto. Con pocas excepciones, se citó la fórmula de las lentes. La mayoría calculó correctamente la distancia imagen. Sin embargo, la inmensa mayoría asumió que la imagen debería ser real. Hubo muchas respuestas correctas acerca de la idea de punto remoto. Sin embargo, un error muy común fue pensar que el objeto debería estar situado en el infinito.

## **Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos**

Al igual que en años anteriores, en este examen se puso claramente de manifiesto que muchos candidatos son capaces de abordar razonablemente los cálculos matemáticos, pero que a menudo fracasan a la hora de explicar las ideas y conceptos con suficiente detalle. De nuevo debe insistirse en que los candidatos debieran ser animados a ejercitarse en sintetizar explicaciones físicas, identificando la clave o los elementos esenciales de manera lógica y organizada. Obviamente, muchos candidatos habían tenido la oportunidad de ejercitarse por medio de pruebas anteriores del BI, pero parecía que eran pocos los que lo habían hecho y revisado sus respuestas a la luz de anteriores esquemas de corrección. Una particular debilidad se encuentra en la longitud de las respuestas proporcionadas; debería animarse a los candidatos para que escriban sucintamente. El material extra que sea correcto no se penaliza nunca, pero es un hecho general que las respuestas largas acaban conteniendo, a menudo, algunas contradicciones o errores de concepto, y no puntúan tan alto como las descripciones cortas y concisas. Igualmente importante, pero a menudo olvidado por los candidatos, bajo la presión del examen, es que las respuestas deberían proporcionar algo más que sólo un reagrupamiento de la información contenida en el enunciado.

Sugerencias del equipo de examinadores:

- Practicar con la manipulación e interpretación de datos no familiares – particularmente si se presentan en forma gráfica.

- Los estudiantes podrían ganar en confianza y soltura revisando en detalle el programa para probar su comprensión – demasiado a menudo un buen examen contiene una sección respondida pobremente.
- Más práctica en respuestas descriptivas. A menudo, los cálculos se realizan bien en comparación con las descripciones, que tienden a ser torpes y confusas.

En general

- Las opciones no debieran dejarse para el final del curso.
- Los profesores debieran utilizar todas las ocasiones para integrar las opciones elegidas en el resto del curso. Esto es particularmente aplicable a la Historia y desarrollo de la física.
- Las opciones deben enseñarse o, al menos, ser contrastadas activamente. Existe evidencia de que algunos colegios están dejando que los candidatos estudien una opción por sí mismos.
- La escritura debe resultar legible.
- El orden en el trabajo matemático debería resultar claro al examinador. Algunos candidatos prefieren trabajar en columnas, otros a lo largo de la página. Ambas opciones son válidas, pero resulta inaceptable mezclar todo en la página.
- Es necesario realizar conexiones lógicas entre las proposiciones matemáticas. Los candidatos debieran usar como un contenido del curso:  $\Leftrightarrow$ , así; (dado); por tanto ... etc.
- Debe quedar claro para el examinador la procedencia de los números. No es suficiente copiar un número de una calculadora sin indicar en el escrito los números que se han introducido en ella.
- Los candidatos necesitan práctica en la manipulación de proporcionalidades, sin considerar la constante de proporcionalidad.
- Las preguntas del tipo “demostrar que...” requieren ser justificadas estricta y rigurosamente en cada paso. Las soluciones tipo ensayo y error no son aceptables.
- Es necesario definir los términos algebraicos introducidos por los candidatos.
- La capacidad de los candidatos en dar explicaciones cortas debería probarse frecuentemente. Idealmente estas deberían ser calificadas por los estudiantes de acuerdo con un esquema de calificación estricto. Normalmente, tales actividades se hacen al comenzar una lección y no necesitan más que cinco minutos.
- Los candidatos deberían evitar añadir a la respuesta más de lo pedido por la pregunta. Las imprecisiones superfluas podrían llevar consigo la pérdida de puntos.
- El número de puntos de cada pregunta es una indicación del número de puntos que necesitan obtener los estudiantes. No se lograrán dos puntos por una sola afirmación.
- Las preguntas que invitan a los candidatos a “Explicar con respecto a...” están buscando una respuesta específica. Una explicación académica no es suficiente.

## Prueba 3 Nivel superior

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-8	9-17	18-22	23-28	29-35	36-41	42-60

### Generalidades

El número de comentarios recibidos de los profesores fue limitado, pero gratamente apreciado por el equipo de examinadores. La mayoría de ellos consideraron que la prueba fue de un estándar similar en comparación con la del año anterior, aunque a algunos les pareció un poco más difícil. La inmensa mayoría consideró que la prueba tuvo el nivel de dificultad apropiado y, tanto la claridad de la redacción como la cobertura del programa, les mereció el calificativo de “satisfactoria” o “buena”. Todos consideraron satisfactoria o buena la presentación de la prueba.

### Áreas del programa que parecen haber resultado difíciles para los alumnos

Como en años anteriores, pocos intentaron las Opciones D (Física Biomédica) y E (Historia y desarrollo de la Física), aunque las preguntas eran sencillas. Esto puede sugerir que estas Opciones se perciben como difíciles de enseñar o que las preguntas no eran demasiado accesibles. En la sesión de Noviembre, para la que el número de candidatos es pequeño, es difícil generalizar el porqué no son abordadas ciertas Opciones.

Otras áreas de dificultad identificados por el equipo de examinadores incluyen:

- Manipulación algebraica
- Equilibrio de fuerzas
- Gravitación
- Difracción de electrones
- Principios de escalamiento
- Verificación de la ley de Coulomb
- Manipulación con proporciones o cocientes (Astrofísica)
- Dilatación del tiempo y contracción de longitud
- Principio de equivalencia
- Diagrama de rayos
- Interferencia en películas delgadas
- Criterio de Rayleigh

### Niveles demostrados de conocimiento, comprensión y destreza

La mayor parte de los candidatos pudieron hacer frente de manera conveniente a definiciones, sustitución de valores numéricos en fórmulas estándar y representaciones gráficas. Los niveles de conocimiento y comprensión variaron justamente como cabría esperar, mostrando algunos candidatos una excelente comprensión de los conceptos puestos a prueba en este examen. En el otro extremo de la escala, algunos candidatos mostraron una pequeña o nula comprensión de los conceptos tratados en las preguntas. En las preguntas que pedían explicaciones, resúmenes, sugerencias o descripciones, los candidatos a menudo recurrieron en sus respuestas a anécdotas más que a principios de la física. Los niveles de conocimiento y comprensión se tratan con más detalle en la siguiente sección.

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

Debiera tenerse presente que hubo un número satisfactorio de candidatos que mostraron una sólida captación y una comprensión de los temas tratados en las diferentes preguntas opcionales. Los comentarios que siguen se refieren a las principales áreas de debilidad mostradas por los candidatos que no lograron ese nivel de resultados.

### **D Física Biomédica**

#### **Pregunta 1** *Escalamiento*

Muchos candidatos no analizaron la pregunta en lo que se refiere a la dependencia con  $L$  de la pérdida de potencia y de la masa. En consecuencia, no fueron capaces de obtener la dependencia con  $L$  de la potencia perdida por unidad de masa. Hubo muchas conjeturas en cuanto a la relación, indicando a menudo una carencia de comprensión de la situación. Aquellos candidatos que reconocieron la situación, normalmente fueron capaces de hacer una suposición sensata al realizar la estimación.

Hubo una diferencia clara entre los candidatos que habían estudiado el tema y aquellos que no se dieron cuenta de la física involucrada en la explicación de la variedad de tamaños de los animales que se encuentran en la naturaleza.

#### **Pregunta 2** *Comparación de las capacidades auditivas*

Hubo muy pocas respuestas correctas a la determinación del cociente. Muchas de las respuestas no incluían la relación entre la intensidad y la amplitud. De los candidatos que proporcionaron la expresión, la mayoría no logró gestionar la matemática posterior.

La expresión para la pérdida en dB se aplicó correctamente en muchos exámenes.

Los candidatos deberían darse cuenta de que, cuando lo que se pide que consideren es “indique y explique”, son necesarias algunas palabras de explicación para lograr la puntuación completa. Demasiado frecuentemente faltaba la explicación para la frecuencia a la que Carmen es más sensible.

Con pocas excepciones, los candidatos que calcularon bien el valor para la pérdida en (b), rotularon correctamente el gráfico. Se aceptaron puntos tanto a 60 dB, como a 70 dB.

#### **Pregunta 3** *Rayos X*

Hubo algunos esquemas dibujados cuidadosamente. Sin embargo, muchos candidatos perdieron puntos por falta de atención. Debiera advertirse a los candidatos de que, cuando se trata de esquematizar un gráfico, sus rasgos principales deben trazarse claramente. En este sentido, una curva trazada a mano alzada era aceptable pero debía quedar clara la naturaleza exponencial de la desintegración.

Las respuestas indicaron una gran cantidad de ensayos para explicar qué energía sería la más conveniente para el fotón. No se consideró que los rayos X debían ser capaces de penetrar en el músculo pero, al mismo tiempo y para tener un buen contraste, la penetración en el hueso debía ser mucho menor. Los rayos X de 30 kV serían los más apropiados.

**Pregunta 4** *Fuerzas sobre el antebrazo*

Generalmente, estos cálculos se hicieron de manera satisfactoria. Sin embargo, hubo una marcada tendencia por parte de los candidatos a no explicar su trabajo. Esto puede tener consecuencias serias cuando el trabajo no es completamente satisfactorio, ya que no pueden lograrse puntos por los pasos intermedios.

Hubo un cierto número de respuestas correctas explicando las ventajas de la disposición del antebrazo. Sin embargo, la mayoría de los candidatos no se dieron cuenta de la situación. El concepto de desventaja mecánica, que da lugar a movimientos comparativamente grandes de la carga, no fue entendido por muchos, a pesar de ser este un aspecto fundamental del diseño.

**Pregunta 5** *Eficiencia de la radiación*

Los factores cualitativos se entendieron muy pobremente. No se apreció el hecho de que es por ese medio que pueden *compararse* dosis de radiaciones diferentes.

Hubo buenas respuestas para la determinación del tiempo de exposición. Otros obtuvieron la respuesta correcta, pero su trabajo fue muy difícil de seguir. Estos cálculos son otro ejemplo de cuando una explicación clara es ventajosa para el candidato.

**E Historia y desarrollo de la física**

**Pregunta 1** *Newton*

Sorprendentemente, hubo pocas respuestas correctas al estimar la aceleración de la Luna. Muchos sustituyeron directamente la aceleración por  $F$ . Se esperaba que en el método alternativo del cálculo de la aceleración consideraran la aceleración centrípeta. En general, ese fue el caso, pero se presentaron numerosas expresiones sin dar una explicación de cómo fueron deducidas. Resultó desafortunado que muy pocos candidatos dedujeran correctamente la aceleración por ambos métodos. Sin embargo, muchos se dieron cuenta de que los dos valores debían ser aproximadamente iguales. En consecuencia, se hicieron afirmaciones en este sentido, aún cuando los valores diferían en un factor de  $10^{10}$ . Los candidatos debieran ser advertidos de que la petición a que hace referencia el término *explica* requiere de algo más que una afirmación sobre la igualdad entre ambas. El concepto de *universal* no fue percibido por los candidatos, que lo confundieron con *mundial*.

**Pregunta 2** *Ley de Coulomb*

Los candidatos parecieron darse cuenta del concepto de compartición de carga y, en consecuencia, proporcionaron una expresión correcta para la fuerza sobre cualquiera de las dos esferas. En partes posteriores, resultó desafortunado que muchos candidatos intentaran responder en términos de una expresión detallada de la ley de Coulomb, en vez de en términos de la fuerza  $F$  –la fuerza antes citada. Resultó muy raro que se hiciera referencia al concepto de carga puntual, exponiendo el hecho de que la separación entre las esferas es mucho mayor que sus diámetros. A pesar de algunas respuestas correctas en (a) y (b), muchos candidatos fueron incapaces de expresar el concepto de compartición de carga y el efecto sobre las fuerzas entre las esferas. En general, las descripciones de las mediciones de Coulomb de la fuerza fueron pobres. Normalmente se mostraba un dispositivo de suspensión, pero frecuentemente se omitían las esferas fijas cargadas. Fue más rara una mención al papel del par recuperador proporcionado por la suspensión. Se debería animar a los candidatos para que dibujaran diagramas donde fuera apropiado. Muchas respuestas no incluían un esquema, a pesar de estar previsto un espacio en el cuadernillo de preguntas.

**Pregunta 3** *El modelo de Bohr y la incertidumbre*

En general, los candidatos hicieron poco más que establecer que los electrones están situados en órbitas fijas. El momento angular y la emisión de energía sólo en las desexcitaciones fueron raramente considerados. Con pocas excepciones, las respuestas a los tres primeros cálculos fueron correctas. Sin embargo, la mayoría de los candidatos fueron incapaces de expresar el Principio de Incertidumbre. Muy raramente algún candidato apreció que, basándose en el Principio de Incertidumbre, el concepto de órbitas claramente definidas resulta inapropiado.

**F Astrofísica**

**Pregunta 1** *Planetas del Sistema Solar*

Con pocas excepciones, los órdenes eran correctos y los candidatos obtuvieron puntuación máxima.

**Pregunta 2** *Estrella de Barnard*

En general, se dibujó un diagrama para explicar el ángulo de paralaje y su medición. Sin embargo, muchos definieron el parsec, en vez del ángulo de paralaje. Aquellos candidatos que definieron el ángulo de paralaje, frecuentemente no se dieron cuenta de que las observaciones de la estrella, con un intervalo de seis meses, proporcionan un ángulo de paralaje doble. La gran mayoría de los candidatos realizaron correctamente el cálculo de la distancia de la estrella a la Tierra, pero pocos definieron correctamente el brillo aparente. Muchos indicaron que es el brillo observado desde la Tierra o se refirieron a la energía recibida por la Tierra, en vez de a la potencia por unidad de área. La determinación del cociente se mostró difícil. La mayoría de las respuestas incluyeron una expresión correcta. Sin embargo, hubo pocas respuestas correctas. Muchos candidatos encontraron dificultades bien con las sustituciones, bien con la aritmética posterior. Hubo algunas respuestas muy buenas a propósito de por qué la estrella no puede ser ni una enana blanca, ni una gigante roja.

**Pregunta 3** *Evolución estelar*

Con pocas excepciones, los candidatos se dieron cuenta de qué proceso proporciona energía a las estrellas de la secuencia principal. Sin embargo, entre los candidatos más flojos, hubo alguna confusión entre fisión y fusión. La mayoría constató que para la fusión se requieren altas temperaturas. Otros incluyeron también alta presión. La mayoría de los candidatos constataron que el hidrógeno debería “consumirse”. En general, las respuestas a la evolución de de estrellas de diferentes masas fueron decepcionantes. Los candidatos tendían a indicar sólo unos pocos hechos aislados que no constituían una secuencia. Además, muy pocos discutieron el papel del límite de Chandrasekhar.

**G Relatividad**

En el Nivel Superior es, siempre, una opción muy respondida, y su popularidad va en aumento en el Nivel Medio. En esta sesión fue una opción muy popular en ambos niveles.

**Pregunta 1** *Movimiento relativista de muones*

La mayoría de los candidatos se dio cuenta de que al definir la longitud propia, el observador debe estar en reposo con respecto al objeto. Sin embargo, muchas respuestas para el tiempo propio involucraban el estar “en reposo para medir el tiempo”, en vez de un intervalo de tiempo en un sistema de referencia en el que los dos sucesos que definen el intervalo ocurran

en el mismo lugar. Muchos candidatos pensaron que un observador inercial debe estar en reposo, en vez de en un sistema de referencia que se mueva con velocidad constante.

En general, la semivida se calculó exitosamente y la mayoría de los candidatos proporcionó una expresión correcta para ella. Sin embargo, hubo errores aritméticos muy diversos, en particular al calcular  $\gamma$ . En un número significativo de respuestas, la longitud calculada era superior a 1370 m. Las respuestas para explicar la dilatación del tiempo y la contracción de longitud fueron decepcionantes. Estaba claro que la mayoría de los candidatos no comprendía los conceptos involucrados e hicieron afirmaciones inconexas y frecuentemente inapropiadas, que ignoraban cualquier idea de movimiento relativo. Los candidatos más capaces proporcionaron argumentos en cuanto al significado, pero fueron incapaces de elaborarlos satisfactoriamente en su exposición. Hubo algunas buenas respuestas que explicaban porqué un muón no puede alcanzar la velocidad de la luz, involucrando la aproximación a cero del cociente  $v/c$  y su efecto sobre la masa. Los problemas más serios fueron al leer los valores en los ejes. Sin embargo, la mayoría de las respuestas estuvo dentro de límites aceptables. En general, los candidatos que respondieron a (e)(ii) también presentaron una respuesta correcta a la energía total del muón. Sin embargo, muchos fallaron en completar su trabajo con una expresión correcta de la energía total y, por tanto, no calcularon la masa-energía en reposo. Se constató que la masa en reposo del muón es en realidad 106 MeV, ¡pero eso no afectaba de ninguna manera a la pregunta!

**Pregunta 2** *Principio de equivalencia*

El número de respuestas correctas para los trayectos fue sorprendentemente bajo. Muchos dibujaron o dos líneas rectas, o dos curvas. Por consiguiente, las explicaciones fueron rara vez adecuadas y muchos candidatos obtuvieron pocos puntos, o ninguno.

Muy pocas respuestas a la explicación incluían alguna forma o enunciado del principio de equivalencia. Los candidatos parecían estar muy confundidos y fueron incapaces de proporcionar cualquier información relevante.

**Pregunta 3** *Velocidad de una partícula*

Los cálculos fueron realizados satisfactoriamente por muchos candidatos. Parecía como si tuvieran mucha práctica en responder a este tipo de cálculos relativamente sencillos.

**H Óptica**

**Pregunta 1** *Dispersión óptica*

Con pocas excepciones, el gráfico fue trazado correctamente. Sin embargo, la mayoría dio el resultado para el índice de refracción con dos o tres cifras significativas. Se animaba a los candidatos para que esquematizaran un diagrama y, en verdad, los más capaces sacaron provecho de él. Frecuentemente, los candidatos más flojos mostraron la dispersión que tiene lugar cuando la luz sale de un prisma, pero no cómo entra y sale.

**Pregunta 2** *Profundidad real y aparente*

Resultó sorprendente ver la gran proporción de diagramas de rayos que eran irreconocibles. Debiera animarse a los candidatos a practicar el trazado de diagramas de rayos. En general, se indicó correctamente la naturaleza de la imagen y se dio una explicación adecuada de ella. En la mayoría de los casos, los cálculos se completaron satisfactoriamente. El error más común fue dar la posición relativa de la superficie libre de la piscina, en vez de la del fondo.

### **Pregunta 3** *La lupa*

Se trazaron buenos diagramas, dibujando los rayos con reglas. Sin embargo, hubo un número significativo de intentos de mostrar la imagen a la derecha de la lente. Para aquellos candidatos que habían realizado una correcta construcción de rayos, el posicionamiento de la imagen no supuso ningún problema y, con pocas excepciones, el ojo se dibujó en el lado derecho del diagrama. Los candidatos deberían aprender a distinguir entre *punto próximo* y *mínima distancia de resolución*. Un número significativo de respuestas no incluyeron el hecho de que el ojo puede enfocar un objeto situado en ese punto. Con pocas excepciones, se citó la fórmula de las lentes. La mayoría calculó correctamente la distancia imagen. Sin embargo, la inmensa mayoría asumió que la imagen debería ser real. Hubo muchas respuestas correctas acerca de la idea de punto remoto. Sin embargo, un error muy común fue pensar que el objeto debería estar situado en el infinito.

### **Pregunta 4** *Películas delgadas*

Las respuestas más habituales sobre el origen de las franjas en películas delgadas fueron la refracción y la difracción.

Únicamente una minoría dio la respuesta correcta: la interferencia.

Frecuentemente se refirieron a  $n$  como índice de refracción, sin hacer mención alguna de que se refiere al aceite. Sólo en un número pequeño de escritos se mencionó el hecho de que la longitud de onda depende de  $n$ . El sencillo cálculo originó muy pocos problemas. Sin embargo, muy pocos candidatos se dieron cuenta de que debería haber un cambio de fase en la reflexión desde el límite inferior y, en consecuencia, se obtuvieron muy pocos puntos en esta sección.

### **Pregunta 5** *Criterio de Rayleigh*

La mayoría de los candidatos identificó la difracción como el factor limitador, pero una minoría significativa eligió la refracción. Hubo un número de buenas respuestas para explicar el criterio de Rayleigh. Sin embargo, la mayoría de los candidatos trazó esquemas que no tenían valor. Un dibujo cuidadoso podría haber sido un sustituto adecuado para una explicación escrita del criterio.

## **Recomendaciones y orientación para la enseñanza a futuros alumnos**

Al igual que en años anteriores, en este examen se puso claramente de manifiesto que muchos candidatos son capaces de abordar razonablemente los cálculos matemáticos, pero que a menudo fracasan a la hora de explicar las ideas y conceptos con suficiente detalle. De nuevo debe insistirse en que los candidatos debieran ser animados a ejercitarse en sintetizar explicaciones físicas, identificando la clave o los elementos esenciales de manera lógica y organizada. Obviamente, muchos candidatos habían tenido la oportunidad de ejercitarse por medio de pruebas anteriores del BI, pero parecía que eran pocos los que lo habían hecho y revisado sus respuestas a la luz de anteriores esquemas de corrección. Una particular debilidad se encuentra en la longitud de las respuestas proporcionadas; debería animarse a los candidatos para que escriban sucintamente. El material extra que sea correcto no se penaliza nunca, pero es un hecho general que las respuestas largas acaban conteniendo, a menudo, algunas contradicciones o errores de concepto, y no puntúan tan alto como las descripciones cortas y concisas. Igualmente importante, pero a menudo olvidado por los candidatos, bajo la presión del examen, es que las respuestas deberían proporcionar algo más que sólo un reagrupamiento de la información contenida en el enunciado.

Sugerencias del equipo de examinadores:

- Practicar la manipulación y la interpretación de datos no familiares – particularmente si se presentan en forma gráfica.
- Los estudiantes podrían ganar en confianza y soltura revisando en detalle el programa para probar su comprensión – demasiado a menudo un buen examen contiene una sección respondida pobremente.
- Más práctica en respuestas descriptivas. A menudo, los cálculos se realizan bien en comparación con las descripciones, que tienden a ser torpes y confusas.

En general

- Las opciones no debieran dejarse para el final del curso.
- Los profesores debieran utilizar todas las ocasiones para integrar las opciones elegidas en el resto del curso. Esto es particularmente aplicable a la Historia y desarrollo de la física.
- Las opciones deben enseñarse o, al menos, ser contrastadas activamente. Existe evidencia de que algunos colegios están dejando que los candidatos estudien una opción por sí mismos.
- La escritura debe resultar legible.
- El orden en el trabajo matemático debería resultar claro al examinador. Algunos candidatos prefieren trabajar en columnas, otros a lo largo de la página. Ambas opciones son válidas, pero resulta inaceptable mezclar todo en la página.
- Es necesario realizar conexiones lógicas entre las proposiciones matemáticas. Los candidatos debieran usar como un contenido del curso:  $\Leftrightarrow$ , así; (dado); por tanto ... etc.
- Debe quedar claro para el examinador la procedencia de los números. No es suficiente copiar un número de una calculadora sin indicar en el escrito los números que se han introducido en ella.
- Los candidatos necesitan práctica en la manipulación de proporcionalidades, sin considerar la constante de proporcionalidad.
- Las preguntas del tipo “demostrar que...” requieren ser justificadas estricta y rigurosamente en cada paso. Las soluciones tipo ensayo y error no son aceptables.
- Es necesario definir los términos algebraicos introducidos por los candidatos.
- La capacidad de los candidatos en dar explicaciones cortas debería probarse frecuentemente. Idealmente estas deberían ser calificadas por los estudiantes de acuerdo con un esquema de calificación estricto. Normalmente, tales actividades se hacen al comenzar una lección y no necesitan más que cinco minutos.
- Los candidatos deberían evitar añadir a la respuesta más de lo pedido por la pregunta. Las imprecisiones superfluas podrían llevar consigo la pérdida de puntos.
- El número de puntos de cada pregunta es una indicación del número de puntos que necesitan obtener los estudiantes. No se lograrán dos puntos por una sola afirmación.
- Las preguntas que invitan a los candidatos a “Explicar con respecto a...” están buscando una respuesta específica. Una explicación académica no es suficiente.

## Evaluación Interna

### Bandas de calificación del componente

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0-9	10-15	16-21	22-27	28-31	32-37	38-48

### Ámbito que cubre el trabajo entregado y medida en que resulta apropiado

Hubo un amplio rango de investigaciones prácticas, desde trabajos innovadores hasta ejercicios de rellenado de espacios en blanco, pasando por trabajos tradicionales de laboratorio. En promedio, la mayoría del trabajo fue de un buen nivel de la física de enseñanza secundaria. Muchos colegios impartieron todos los temas del programa, incluyendo las opciones y el proyecto del grupo 4. Así mismo, cumplieron con el tiempo estipulado, aunque no fue raro encontrarse con prácticas sencillas a las que se adjudicaron 2 o 3 horas. La mayoría de los colegios enviaron las instrucciones escritas/orales requeridas.

### Desempeño de los alumnos en cada uno de los criterios

Muchos colegios están asignando ejercicios de planificación (a) y (b) relevantes e interesantes. La influencia del OCC (CPL) resultaba evidente. Sin embargo, cierto número de estudiantes resultó penalizado porque el profesor asignó investigaciones inapropiadas, tales como determinar el calor específico de una sustancia desconocida, o confirmar la segunda ley de Newton. En física, la obtención de datos requiere siempre mencionar las incertidumbres. Algunos colegios aún lo ignoran. Bajo el criterio de procesado de datos y presentación, los profesores a menudo indican a los estudiantes qué representar gráficamente y, así, los estudiantes no pueden obtener la puntuación máxima. Aunque los aspectos del criterio de conclusión y evaluación están explicados en detalle, parece que muchos profesores y estudiantes no los hayan leído. Este debería ser uno de los criterios más fáciles de sacar adelante pero, a menudo, se muestra como el más difícil.

### Recomendaciones para la enseñanza a futuros alumnos

Los profesores deben tener clara la idea de qué criterio o criterios (si son varios) van a ser evaluados antes de proponer una investigación, y deberían indicárselo claramente a los estudiantes. Los estudiantes deberían disponer de copias de los criterios de EI a la hora de escribir sus informes. Los profesores no deberían asignar temas bien definidos para las investigaciones de planificación.

Si se pide al estudiante que determine el valor de alguna cantidad física cuando resulta ser conocida, la investigación no es apropiada para planificación. Véase el CPL (OCC) para detalles y ejemplos. Los profesores deberían darse cuenta de que cuando utilicen el proyecto del grupo 4 para calificar, siendo como es el caso de que los estudiantes trabajan en grupo, el trabajo individual de cada estudiante debe identificarse. Los datos brutos deben incluir unidades e incertidumbres. Los estudiantes deben diseñar su propia tabla de datos. En el criterio de procesado y presentación, los estudiantes deben seleccionar las magnitudes a representar y diseñar el modo de representación gráfica.

Especial atención ha de prestarse a los detalles de cada aspecto en el criterio de conclusión y evaluación. A menudo, los profesores conceden un “3” cuando no se mencionaron ni aspectos débiles ni inconvenientes. Los profesores deberían enviar únicamente el material que debe ser moderado, y éste debería estar claramente indicado. Finalmente, el tiempo de prácticas es tiempo de clase (y no el tiempo fuera de clase para escribir los informes).

## **Últimos comentarios**

Aunque la mayoría de los colegios siguieron las instrucciones para presentar el material requerido y completaron los formularios 4/PSOW, cierto número de ellos cometen faltas y causan problemas en la moderación. Globalmente, la mayoría de los colegios siguieron los requerimientos correctamente y lograron puntuaciones razonables en EI (IA). Muchos colegios detallaron las hojas de evaluación de la EI y ello ayudó realmente a los estudiantes y al moderador.