Informe final del proyecto de innovación docente

Diseño de actividades de evaluación continua en competencias en la asignatura de Física Cuántica

Profesor responsable 1º Francisco Fernández González

Profesor responsable 2º David Rodríguez Entem

Miembros del equipo: Pablo García Ortega

Jorge Segovia González

Informe final del proyecto de innovación docente

Diseño de actividades de evaluación continua en competencias en la asignatura de Física Cuántica

Introducción

El proyecto presentado planteaba la elaboración de actividades de evaluación continua en competencias dentro del marco da la asignatura de Física de Cuántica correspondiente al tercer curso de la licenciatura de Física. Al no ser una asignatura adaptada a la metodología del Espacio Europeo de educación superior la participación de los estudiantes en el proceso fue voluntaria y se limito el número de cuestionarios para no sobrecargarlos de trabajo.

En el proyecto se planteaban dos tipos de cuestionarios. Los primeros estaban destinados a evaluar los conocimientos o competencias académicas mientras que los segundos estaban más orientados a la evaluación de las competencias operacionales. Se elaboraron dos actividades de cada tipo cada semestre del curso que figuran como anexo de la presente memoria. Con objeto de incentivar a los estudiantes a que asistiesen a las tutorías, que en los planes antiguos nos son evaluables, se eliminó desde el primer momento la posibilidad de corrección automática de los cuestionarios correspondientes a la evaluación de conocimientos substituyéndola por asistencias a las tutorías para confirmar que las contestaciones dadas eran las adecuadas. En el primero de los cuestionarios destinados a la evaluación de competencias operacionales se mezclaron problemas de aplicación numérica con problemas con repuesta múltiple mientras que el segundo estuvo formado exclusivamente por problemas con aplicación numérica.

Estos últimos cuestionarios estuvieron abiertos 3 semanas cada uno para que los estudiantes pudieran contestarlo

Por los motivos antes apuntados de pertenecer la asignatura a un plan no adaptado se modifico el porcentaje de la nota final que representa la evaluación continua hasta un 15% de la nota final. Este porcentaje deberá ser elevado hasta un 30 o 35% cuando se aplique a asignaturas adaptadas

Resultados

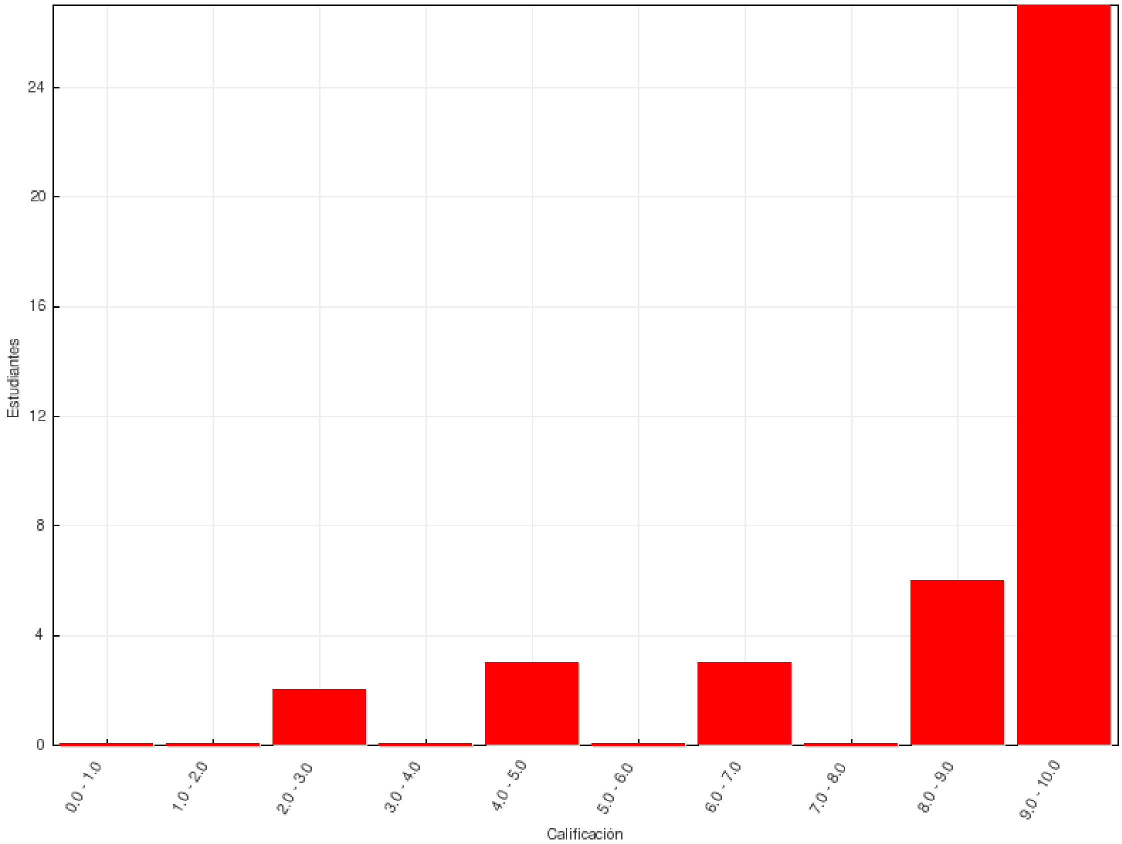
El número de estudiantes matriculados en la asignatura es de 77 aunque la asistencia a clase varía entre 20 y 30. A la primera convocatoria del examen de la asignatura se presentaron 30 estudiantes

La utilización de los cuestionarios de autoevalución de las competencia académicas no consiguió el objetivo de incentivar la asistencia a las tutorías ya que solamente 11 estudiantes utilizaron estas últimas para corregirlos. No es posible dar un número de los estudiantes que solamente las utilizaron para preparar los exámenes sin asistir a tutorías.

En el hecho de no repercutir directamente en la nota final puede encontrarse la razón de la escasa asistencia aunque la mayoría de los estudiantes que las utilizaron obtuvieron un buen resultado en la evaluación final.

Los cuestionarios de evaluación de competencias operacionales fueron más utilizados.

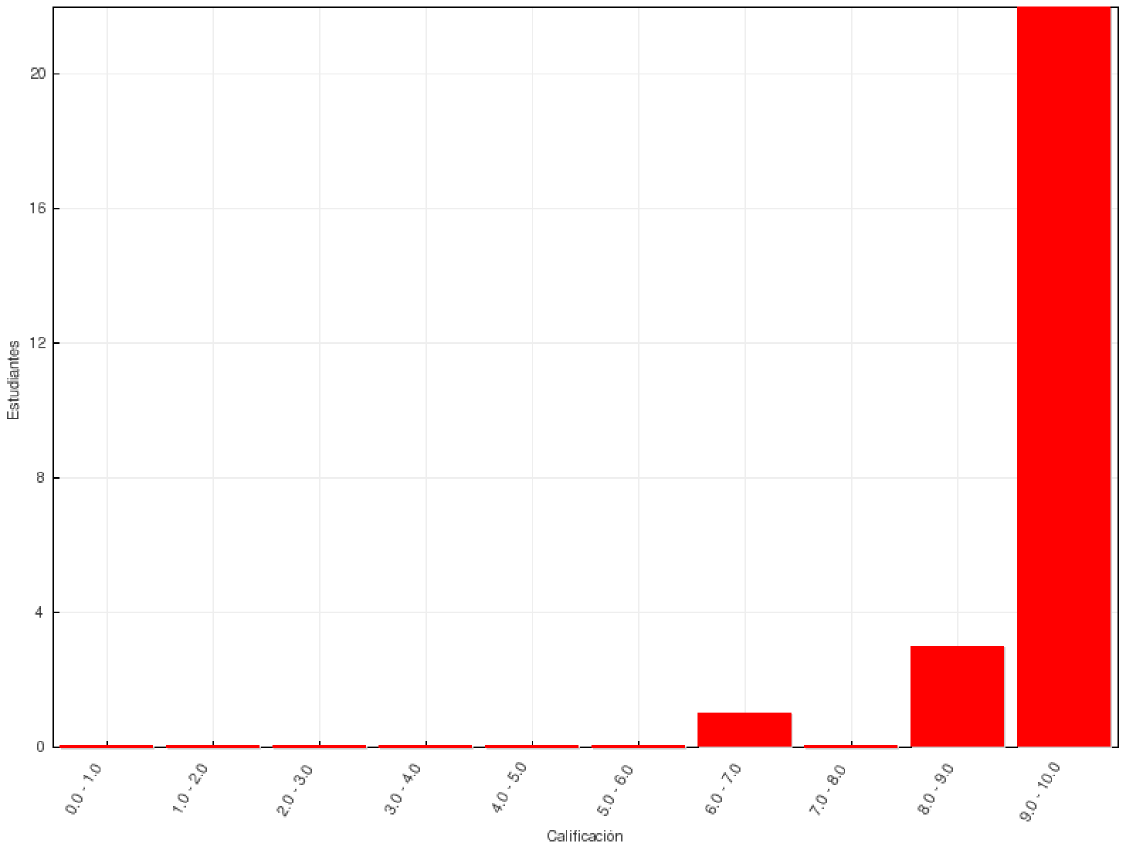
El primero fue abierto por 52 estudiantes aunque solamente 41 introdujeron soluciones



Calificaciones primer cuestionario

Una gran mayoría contestaron correctamente. Sin embargo solamente 14 defendieron las soluciones en una tutoría. De ellos 2 suspendieron la misma no obteniendo ningún punto

El segundo de ellos fue abierto por 34 estudiantes y 8 de ellos no introdujeron ningún resultado. También en este caso el resultado fue satisfactorio aunque solamente 22 defendieron el cuestionario en una tutoría no suspendiendo ninguno de ellos

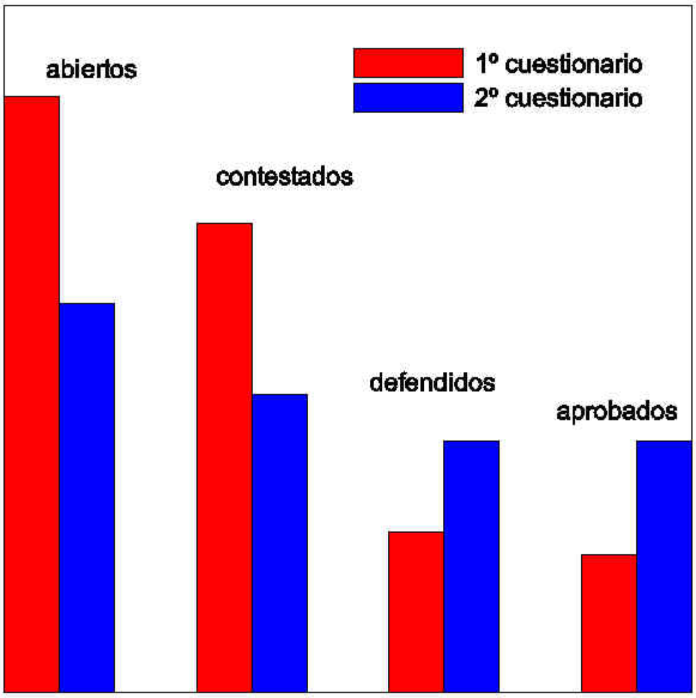


Calificaciones segundo cuestionario

En resumen 23 estudiantes obtuvieron algún punto por este procedimiento

Conclusiones

Dos conclusiones generales pueden obtenerse del presente estudio. La primer de ellas es que las actividades de autoevaluación no generan en general en el estudiante la necesidad de acudir a las tutorías para su corrección. Es pues un problema abierto incentivar al estudiante a que participe en este tipo de actividades toda vez que los escasos que asisten obtienen buenos resultados. La opción de obligar al estudiante a asistir a un número obligatorio mínimo de tutorías podría valorarse. Las actividades que repercuten en la calificación final tienen más aceptación. Si tenemos en cuanta como referencia el número medio de estudiantes que asistieron regularmente a clase puede concluirse que la gran mayoría de ellos realizaron el proceso completo.



Como puede observarse en el grafico una vez adaptados al sistema, en el segundo cuestionario el número de personas que inician y finalizan el procedimiento es prácticamente el mismo.

Es necesario hacer notar que todavía existen estudiantes que tratan de introducir los resultados que les han facilitado una segunda persona. En algunos casos esta forma de actuar puede detectarse porque desde el momento de apertura del cuestionario hasta su cierre pasan excesivo poco tiempo (en algunos casi menos de un minuto) para leer y resolver los problemas. Esta anomalía también puede detectase en la entrevista personal en la tutoría por lo que la posibilidad de fraude del sistema es escasa. La utilización de cuestionarios con datos personalizados pueden también contribuir a evitarlo.

Como resumen final puede concluirse que las herramientas para la evaluación continua en competencias propuestas en el presente proyecto representa una opción útil y cómoda para el profesor a la vez que incentiva la participación activa de los estudiantes en la asignatura.

APENDICES.

Cuestionarios utilizados en la evaluación

Cuestionario de autoevaluacion
Primer parcial

1.- Demuéstrese que el operador correspondiente al observable p_x en el espacio de coordenadas es

$$p_x = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$$

2.- Demostrar que un operador hermitico tiene valores propios reales.

3.- Demuéstrese el teorema de Bloch.

4.- Justificar porque se produce el fenómeno de efecto túnel cuando debajo de la barrera la energía potencial es mayor que la energía total del sistema.

5.- Como explica el principio de incertidumbre la estabilidad de los átomos.

6.- Calcúlese el valor esperado de $(a^+a)^2$.

7.- Cual es el operador adjunto de AB si A y B son hermiticos.

8.- Dado un observable A justifíquese que propiedad debe verificar un estado $|\psi\rangle$ de forma que la incertidumbre de A en $|\psi\rangle$ sea cero.

9.- Demuéstrese que el valor esperado del momento es cero en un estado propio del oscilador armónico unidimensional.

10.- Demuéstrese que el valor esperado de la energía cinética en un estado propio del oscilador armónico unidimensional es igual al valor esperado de la energía potencial en el mismo estado.

11.- Calcúlese la corriente asociada a la función de onda

$$\varphi(x,t)=\left[Ae^{ipx/\hbar}+Be^{-ipx/\hbar}\right]e^{ip^2t/(2m\hbar)}$$

y a partir de ella dedúzcase que sistema físico describe $\varphi(x,t)$.

12.- Un sistema viene descrito por una función de onda

$$\varphi(x)=\frac{1}{(2\pi\alpha)^{1/4}}e^{-x^2/\left(4\alpha^2\right)}$$

Calcúlese la probabilidad de que la partícula posea un momento comprendido entre p y p+dp.

13.- Sea A un observable que no conmuta con H y cuyos valores propios sean a_1 y a_2 que corresponde a valores propios

$$\phi_1=\frac{n_1+n_2}{\sqrt{2}} \qquad \phi_2=\frac{n_1-n_2}{\sqrt{2}}$$

donde $Hn_i=E_in_i$. Si inicialmente el sistema está en el estado ϕ_1 calcúlese $\langle A\rangle$ en un tiempo t.

14.- Demuéstrese que $\left[x,p_x\right]=i\hbar$. ¿Cuál es el valor de $\left[x,p_x^2\right]$?

15.- ¿Como se comporta la solución de la ecuación de Schroedinger en un potencial del tipo

$$V(x)=-\lambda\delta\left(x-x_0\right)$$

y su derivada?.

16.- Calcúlese $\langle x|p\rangle$ si $X|x\rangle=x|x\rangle$ y $P|p\rangle=p|p\rangle$.

17.- Un potencial vale v(x)=0 si x<0 y v(x)=W si x≥0. ¿Puede presentar estados ligados?. Justifíquese la respuesta.

18.- Demuéstrese que para un escalón de potencial V_0 se verifica $|R|^2 = 1$ siendo R el coeficiente de reflexión para una partícula con $E < V_0$

19.- Un sistema se encuentra en un estado $|\varphi>$ definido por

$$|\varphi>= \sum_{k=1}^{3} c_k \,|u_k>$$

donde $|u_k>$ son vectores propios de un operador W cuyos valores propios correspondientes son $\lambda_k = 2k$ Se mide en el sistema el observable W obteniéndose el valor 4. ¿ Cual es la probabilidad de obtener el valor 6 si se repite inmediatamente la medida?. ¿ Y la de obtener el valor 5 si se mide en un sistema idéntico?.

20.- Una magnitud A está representada por el operador

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

Indicar cuales son los posibles resultados obtenidos al medir A.

21.- Un observable W verifica

$$W\,|u_k>= 2^k\,|u_k> \quad k = 1,2,3$$

. ¿Cual es la probabilidad de obtener el valor 8 al medir dicho observable en un estado definido por

$$|\varphi>= \sum_{k=1}^{3} \frac{1}{k}\,|u_k>$$

¿Cuál será el valor esperado de w en dicho estado?

22.- ¿Qué propiedad poseen las funciones propias de un potencial periódico?

23.- ¿Cuál es la diferencia entre las funciones de estado ligado de un potencial con paredes infinitas colocadas entre –a y a y los de otro con paredes colocadas entre 0 y L=2a

24.- ¿Como evolucionan en el tiempo los estados propios de un hamiltoniano H a) si es hermítico b) si no lo es?

25.- Demuéstrese que el operador paridad es hermítico y que sus funciones de onda correspondientes a valores propios distintos son ortogonales.

26.- Defínase el concepto de estado ligado y póngase un ejemplo de potencial que presente estados ligados

27.- Demuéstrese que $< x \,|\, p \,|\, u >= -i\hbar \frac{d}{dx} u(x)$ donde u(x) es la función que corresponde al vector |u>.

28.- Demuéstrese que se verifica la relación entre operadores

$$e^{i\alpha p/\hbar} x e^{-i\alpha p/\hbar} = x + \alpha \,.$$

29.- Calcúlese $[L_y, (L_z)^2]$.

30.- Sea un operador hermitico A que conmuta con dos operadores B_1 y B_2 que no conmutan entre si . Demuéstrese que A tiene valores propios degenerados

31.- Demuéstrese que si $L_z|\varphi\rangle = m\,|\varphi\rangle$ se verifica $\langle \varphi|L_x|\varphi\rangle = 0$

Cuestionario de autoevaluacion
Segundo parcial

1. ¿ Cual es el operador asociado a la magnitud Polarización a lo largo de un eje que forma un ángulo θ con el eje X' en un haz de fotones?. Interprétense físicamente sus valores propios

2. Una medida del observable μ_X da lugar al valor $+\mu_0$ ¿Cual es la probabilidad de obtener otra vez el mismo valor si a continuación se mide el observable $\mu_X \cos\phi + \mu_Y sen\phi$

3. Al medir el observable μ_y se obtiene el valor $-\mu_0$. ¿Cuál sera la incertidumbre en μ_z en el estado en el que queda el sistema después de la medida?

4. Una partícula de spin ½ se encuentra en un estado |α> que es propio del operador S_X+S_Y con máximo valor propio ¿ Qué resultados y con que probabilidades se obtendrían al medir S_Z?

5. Calcúlense los estados propios y los valores propios del operador $J^2=(S_1+S_2)^2$ en donde S_1 y S_2 son operadores de spin ½

6. Demuéstrese que se verifica

$$J_{\pm} \mid j,m> = \sqrt{j(j+1)-m(m\pm 1)}\hbar \mid j,m\pm 1>$$

7. ¿Cómo se justifica la existencia del spin a partir de la teoría general del momento angular?

8. Un sistema se encuentra en el estado de spin $\frac{1}{\sqrt{5}}\begin{pmatrix}2\\1\end{pmatrix}$ en la base de estados definida por los operadores S^2 y S_Z. ¿Cuál es la probabilidad de obtener el valor $-\hbar/2$ en una medida del operador $A=\dfrac{3S_X+4S_Y}{5}$

9. Dos electrones con spines S_1=1/2 y S_2=1/2 interaccionan por medio de un potencial $V(r) = \frac{1}{\hbar} V_0 (S_1 \cdot S_2)$ con V_0>0. ¿Cuál es el spin del estado fundamental del sistema formado por los electrones acoplados?. Si medimos la proyección sobre el eje z del spin del electrón 1 y encontramos el valor +1/2 ¿Con que probabilidad obtendríamos los valores +1/2 y –1/2 si medimos a continuación la proyección sobre el eje z del spin del electrón 2?

10. ¿Cuál son los valores propios de la matriz

$$\begin{pmatrix} \cos\alpha & e^{-i\beta} sen\alpha \\ e^{i\beta} sen\alpha & -\cos\alpha \end{pmatrix}$$

11. Una partícula se encuentra en un potencial con simetría esférica en un estado descrito por el paquete de ondas

$$\psi(x, y, z) = A(xy + yz + zx)e^{-\alpha r^2}$$

¿Cuál es la probabilidad de que una medida de L^2 de lugar a un valor cero?. ¿y al valor $6\hbar$?. Si en una medida se obtiene el valor l=2 cuales la probabilidad relativa entre m=2 y m=1

12. El hamiltoniano del rotor axialmente simétrico es

$$H = \frac{L_x^2 + L_z^2}{2I_1} + \frac{L_y^2}{2I_3}$$

Calcúlense los valores propios de H y hágase un esquema de espectro en el caso en que I_1>I_3 ¿Cuál seria el espectro en el caso en que I_1>>I_3

13. Sea |lm> un estado propio de L^2 y L_z. Calcúlese en este estado el valor de $\Delta = \Delta L_x + \Delta L_y$ y para que valores de l y m se verifica Δ=0

14. El fondo de una caja infinita de potencial definido por

$$V(x) = 0 \quad 0 \le x \le b \quad V(x) = \infty \quad |x| \le b$$

se modifica con un potencial de la forma $V(x) = \varepsilon sen\frac{\pi x}{b} \quad 0 \le x \le b$. Calcúlense las correcciones producidas por este potencial en todos los estados excitados

15. Utilícese el método variacional para demostrar que un potencial atractivo unidimensional tiene siempre un estado ligado

16. Una partícula colocada en una caja de potencial infinita de lado *a* se perturba con un potencial

$$V(x) = \lambda\left[x - \frac{a}{2}\right] sen\omega t$$

Calcúlese la probabilidad de que una partícula situada en el estado fundamental (*n=1*) efectúe transiciones a los estados con *n=2* y *n=3*

17. Una partícula con carga q situada en un potencial de oscilador armónico unidimensional de frecuencia ω se somete a un campo eléctrico

$$V(x,t) = q\varepsilon x e^{-t^2/\tau^2}$$

Cual es la probabilidad de que la partícula efectúe una transición del estado fundamental al primer estado excitado cuando la perturbación actúa un tiempo t>>τ. Justifíquese el resultado cuando τ→∞

18. Demuéstrese que el desarrollo a primer orden de la solución exacta de un sistema de dos niveles coincide con la solución perturbativa

19. Demuéstrense las propiedades del funcional

$$E[\phi] = \frac{<\phi|H|\phi>}{<\phi|\phi>}$$

20. Si un sistema es invariante frente a una rotación alrededor del eje x ¿Qué operadores conmutan con el hamiltoniano?

21 Demuéstrese como se comportan las soluciones de la ecuación radial para la partícula libre en el origen

22. Demuéstrese cual es la velocidad de un electrón que se mueve en la orbita n=100 del átomo de hidrógeno

23. Justifíquese la degeneración que aparece en el espectro del átomo de hidrógeno

24. ¿Cómo se modifica el nivel con n=3 en el átomo de hidrógeno después de aplicar todas las correcciones de orden α^4

25. Demuéstrese que para el potencial coulombiano se verifica $<T> = -\frac{1}{2}<V>$ en un estado propio de H

26. Un electrón en un campo coulombiano creado por un protón se encuentra en un estado descrito por la función

$$\psi(r) = \frac{1}{6}\left[4\phi_{100}(r) + 3\phi_{211}(r) - \phi_{210}(r) + \sqrt{10}\phi_{21-1}(r)\right]$$

¿Cuál es el valor esperado de la energía he dicho estado?

¿Cuáles son los valores esperados de L^2 y L_z?

¿Cuál será el valor esperado de L_x?

27. Si la forma general del acoplamiento spin-orbita es

$$H_{so} = \frac{1}{2m^3c^2}(S \cdot L)\frac{1}{r}\frac{dV(r)}{dr}$$

¿Cuál es el efecto de este acoplamiento en el oscilador armónico tridimensional sabiendo que el espectro de energía viene dado por $E_{nl} = \hbar\omega(2n_r + l + \frac{3}{2})$

28. Un átomo de hidrógeno se encuentra en el instante t=0 en un estado definido por $\psi_1 = \phi_1(r)\chi_1$ en donde $\phi_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}[\phi_{320} + i\phi_{210} - \phi_{21-1}]$ y la función $\chi_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\-1\end{pmatrix}$ describe el estado de spin del electrón. Calcúlense los valores esperados de la energía, el cuadrado del momento angular, la componente z del momento angular y la componente z del spin

29. En un instante t el sistema anterior se encuentre en un estado que verifica *a)* es estado propio de L_z y S_z con valores propios $-\hbar$ y $\hbar/2$ *b)* la probabilidad de que pueda estar en el estado del problema anterior es 1/3 *c)* los valores posibles de la energía son E_2 y E_3 *d)* el valor esperado de L^2 es $8\hbar^2/3$. ¿Cuál es el estado en cuestión?

30.- Calcúlese la energía de Fermi de un gas de partículas de spin ½ suponiendo que la masa de las mismas es cero.

31. Demuéstrese que el operador de intercambio entre dos partículas es un operador hermítico.

32.-Justifíquese porque se produce el fenómeno de autoionización en el átomo de helio

33.- Considérense los estados atómicos np y n'd. Cuantas transiciones aparecen entre esos dos estados cuando se somete al átomo a un campo magnético constante fuerte. ¿y cuantas frecuencias distintas?

34.-¿Cuál es el significado de la energía de Fermi de un conjunto de N partículas idénticas? ¿Cuál es la energía de Fermi de un sistema formado por N bosones idénticos de masa m y colocado en un cubo de potencial infinito tridimensional de volumen L^3?

35.-¿Cuál es el spin del primer estado excitado del átomo de helio?. Justifica la respuesta.

36.- Considérese un sistema de dos partículas idénticas que no interaccionan entre si y que están colocadas en un pozo infinito.¿ Cual es la función de onda del estado mas bajo de energía en el que las dos partículas se encuentren en el mismo estado de spin?

37.- Cuales la aproximación de campo central y para que se introduce en la descripción de los atomos

38.- ¿Cuáles son las consecuencias del la aplicación del principio de Pauli a la estructura de la molécula de $H_2^{+?}$

39.- Calculese los valores de las longitudes de onda que se absorberan cuando se exciten los estados rotacionales y vibracionales de una molécula dipolar

40.- Demuéstrese explícitamente que el determinante de Slater para un sistema de dos fermiones es un función de onda que verifica el principio de Pauli

41.- Un sistema de dos partículas idénticas de spin ½ que tiene una energía total E_0 se perturba con una interacción descrita por

$$V(x) = \frac{V_0}{\hbar^2}\delta(\vec{r_1} - \vec{r_2})(\vec{\sigma_1} \cdot \vec{\sigma_2})$$

donde $V_0<0$ y σ_i son las matrices de Pauli ¿Cuál será el spin y la energía del estado fundamental del sistema perturbado.

42.- Dos partículas idénticas de spin ½ están colocada en un potencial central V(r). Este potencial es tal que solamente admite dos estados ligados con momento angulares $L_f=0$ y $L_{ex}=1$ y energias respectivas E_f y E_{ex} verificando $E_{ex}>E_f$. Hállense todos los estados ligados posibles del sistema así como sus energías

43.- Dos partículas idénticas de espín ½ y masa m ,confinadas en una caja de potencial de longitud L , se someten a una perturbación

$$V(x_1, x_2) = -g\left[1 - \delta(x_1 - x_2)\right](S_{1z} + S_{2z})$$

donde g>0 no depende del espín de las partículas. ¿Cuáles son los tres estados de menor energía del sistema? Indíquese para cada estado su espín y el valor de su energía

44.- Repítase la cuestión anterior para dos bosones y para dos partículas distinguibles

45.- Mediante un campo magnético muy intenso se seleccionan tres partículas de espín ½ cada una de ellas en un estado con proyección de espín + ½. Las partículas se confinan en una caja unidimensional de longitud L mediante el potencial V(x)=0 para $0 \leq x \leq L$ y V(x)= ∞ para el resto de los valores de x. Calcúlese la función de onda y la energía del sistema

46.- Se dispone de una muestra de hidrógeno en su estado fundamental sometida a un campo magnético en la dirección del eje Z. Dicha muestra se excita con luz linealmente polarizada y se observa su espectro de desexcitación . En dicho espectro aparecen dos líneas correspondientes a dos frecuencias diferentes cuya separación varia al variar la intensidad del campo magnético. Justifíquese este hecho e indíquese la dirección de polarización de la luz con la que se excita la muestra.

47.- Una substancia radiactiva *X* se desintegra mediante el proceso $X = Y + \gamma$ con un periodo de semidesintegración de 3.25 días. Si inicialmente se dispone de N_0 átomos de dicha substancia. Cuanto rayos γ se obtendrán al cabo de 78 horas.

48.- Se coloca un oscilador armónico isótropo tridimensional de masa m, frecuencia ω_0 y carga *e* en un campo de radiación linealmente polarizado. Calcúlese la probabilidad de transición por unidad de tiempo entre dos estados cuya diferencia en energías sea $\Delta E = \hbar\omega_0$

49.- Repitase la cuestión anterior para dos estados cuya diferencia de energía sea $\Delta E = 2\hbar\omega_0$

50.- Calcúlense las reglas e selección para las transiciones dipolares eléctricas y dipolares magnéticas cuando se considera la interaccion spin-orbita en el hamiltoniano de interacción del átomo

CUESTIONARIO 1

Question 1

Puntos: 1

La energía necesaria para arrancar un neutrón de un núcleo es de 8 MeV. Sabiendo que en promedio el neutrón recorre en el núcleo 0.72 femtometros, utilícense las relaciones de incertidumbre para calcular la energía necesaria (en MeV) para mantener el neutrón ligado en el núcleo (masa del neutrón 1.67×10^{-27} kg)

Respuesta:

Question 2

Puntos: 1

Sea A un observable que no conmuta con el hamiltoniano H. Los valores propios de A son a_1 y a_2 que se corresponde con las funciones propias φ_1 y φ_2 definidas por

$$\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}(u_1 + u_2)$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}(u_1 + \alpha u_2)$$

En donde las funciones u_k con k=1,2 son propias de H con valor propio E_k. Calcúlese el valor de α. Si inicialmente el sistema se encuentra en el estado φ_1, obténgase el valor esperado de A al cabo de un tiempo t.

Aplicación numérica: Sean E_1 y E_2 las energías del estado fundamental y el primer estado excitado que se obtiene para el átomo de hidrógeno a partir del modelo de Bohr. Calcúlese el valor esperado de A al cabo de 0.1 femtosegundos.

Seleccione una respuesta.

- a. $\alpha = 2$ y $\langle A \rangle = 0.51 a_1 + 0.49 a_2$
- b. $\alpha = 2$ y $\langle A \rangle = 0.66 a_1 + 0.34 a_2$
- c. $\alpha = -1$ y $\langle A \rangle = 0.51 a_1 + 0.49 a_2$

☐ d. $\alpha = -1$ y $\langle A \rangle = 0.66a_1 + 0.34a_2$

Question 3

Puntos: 1

Una partícula de masa m se mueve en una caja de potencial de paredes infinitas y de anchura 2L (-L<x<L) y se encuentra en el estado mas bajo de energía.

A un tiempo t=0 las paredes del pozo se desplazan instantáneamente doblando su anchura (-2L<x<2L). Calcúlese la probabilidad de encontrar la partícula en el estado n=3 del nuevo pozo.

Respuesta:

Question 4

Puntos: 1

Considerar el potencial unidimensional

$$V(x) = V_0\delta(x) - V_0\delta(x-a).$$

Obtener la ecuación que determina la energía de los estados ligados (E<0) del sistema. Utilizando dicha ecuación ¿cuál es el número de estados ligados?

Nota: $\alpha = \frac{2m}{\hbar^2}V_0$

Seleccione una respuesta.

☐ a. 0 si αa>1 y 1 si αa<1

☐ b. 0

☐ c. 2

☐ d. 1 si αa>2 y 2 si αa<2

☐ e. 1

Question 5

Puntos: 1

Considerar el paquete de ondas gaussiano a tiempo t dado por

$$\varphi(x,t)=\left(\frac{1}{\pi a^2}\right)^{1/4}\frac{1}{\gamma}e^{-\frac{1}{\gamma^2}\left(\frac{x^2}{2a^2}-ik_0x+i\frac{t\hbar k_0^2}{2m}\right)}$$

siendo $\gamma^2=1+i\frac{t\hbar}{ma^2}$. Determinar la corriente a tiempo t

$$j(x,t)=\frac{\hbar}{2mi}\left(\varphi^*\frac{\partial\varphi}{\partial x}-\frac{\partial\varphi^*}{\partial x}\varphi\right).$$

Seleccione una respuesta.

- a. $\frac{\hbar k_0}{m}|\varphi(x,t)|^2$
- b. $\frac{\hbar}{m}|\gamma^2\varphi(x,t)|^2\left\{k_0+\frac{x}{a^2}\right\}$
- c. $\frac{\hbar}{m}|\varphi(x,t)|^2\left\{k_0+\frac{1}{a}\right\}$
- d. $\frac{\hbar}{m}\frac{|\varphi(x,t)|^2}{|\gamma|^4}\left\{k_0+\frac{xt\hbar}{ma^4}\right\}$
- e. $\frac{\hbar k_0}{m}$

CUESTIONARIO 2

Question 1

Puntos: 1

Un haz de 100 partículas de espín 1 y con componentes $S_z=1$ inciden sobre un campo magnético B dirigido en la dirección del eje x. Sabiendo que el hamiltoniano del sistema es H=gBS ¿Cuántas partículas se encontraran con componente $S_z=-1$ al cabo de un tiempo t después de atravesar el campo magnético?

Aplicación numérica: g= 3 teslas^{-1} seg^{-1}, B=0.02 teslas, t=20 seg.

Respuesta:

Question 2

Puntos: 1

en donde B>>b. ¿Calculese el valor esperado de $\frac{S_z}{\hbar}$ en el estado fundamental perturbado a primer orden (despreciando todos los términos en b^2)

Aplicación numérica g= 3 teslas^{-1} seg^{-1}, B=0.028 teslas, b=0.001teslas

Respuesta:

Question 3

Puntos: 1

Una partícula de masa m sometida a un oscilador armónico bidimensional

$$H_0=\hbar\omega(a_1^\dagger a_1+a_2^\dagger a_2+1)$$

se perturba con un potencial

$$W=\lambda(a_1^\dagger a_1^\dagger a_2 a_2+a_2^\dagger a_2^\dagger a_1 a_1)$$

con λ<<1.

Calcúlese en teoría de perturbaciones la corrección a segundo orden a la energía de los segundos estados excitado y a primer orden la corrección a la de los terceros estados excitados.

Aplicación numérica $\hbar\omega$ =3 MeV, $\lambda = \frac{1}{\sqrt{12}}$.

Indíquese (con 3 cifras decimales) la energía del estado más bajo de los segundos estados excitados corregidos

Respuesta:

Question 4

Puntos: 1

Indíquese (con 1 cifra decimal) la energía del estado más bajo de los terceros estados excitados corregidos del problema anterior.

Respuesta:

Question 5

Puntos: 1

A un tiempo t=-∞ un electrón se encuentra en el estado fundamental de un potencial de oscilador armónico y se perturba con una campo eléctrico

$$E = \frac{\xi}{\tau\sqrt{\pi}} e^{-(t/\tau)^2}$$

Cual es la probabilidad a primer orden de teoría de perturbaciones de que el electrón efectúe una transición a un estado excitado a tiempo t= ∞.

Aplicación numérica $(e\xi)^2 = 0.1\hbar m\omega$, $\omega = 0.4 seg^{-1}$, $\tau = 0.5 seg$

Respuesta: