



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2023/2024

Nº de proyecto: 355

INNOV-EM: Métodos innovativos en la docencia en el ámbito
de electromagnetismo usando la herramienta Wooclap

Responsable del Proyecto: Nevenko Biskup Zaja

Facultad de físicas

Departamento de Física de Materiales

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

Objetivo general

Usando la herramienta digital de Wooclap, facilitar el aprendizaje de los contenidos de las múltiples asignaturas de electromagnetismo impartidas en distintos grados de la Universidad Complutense nuevos: Fundamentos de Física II, Electromagnetismo I del módulo de Formación General y Electrodinámica Clásica (EDC) del módulo de Física Fundamental (grado de física - GF); Ampliación de física (grado de Ingeniería de Materiales – GIM), Física (grado de Ingeniería química - GIQ) y Fundamentos de electricidad y electrónica (grado de Informática - GI). Facilitar el desarrollo y aprendizaje en los laboratorios de electromagnetismo, tanto como partes de asignaturas teóricas como para las propias asignaturas de laboratorio.

Objetivos específicos

Diseño y desarrollo de nuevas prácticas de clases presenciales, evaluación continua y laboratorios basados en la herramienta digital Wooclap (<https://www.wooclap.com/es/>).

1. Posicionamiento de plataforma Wooclap que dará información específica y simultánea sobre posibles lagunas de conocimientos básicos. °°°
2. Desarrollo de cuestionarios en el campus virtual para el aprendizaje individual. Estas herramientas permiten la rápida corrección sobre el plan de trabajo establecido para el máximo aprovechamiento en la interacción alumno-profesor. Igualmente, se abrirán foros para compartir videos y otros materiales de los experimentos realizados por los alumnos.
3. Diseño y desarrollo de nuevas herramientas multimedia para su uso en el Campus Virtual. Satisfacer la demanda existente en la actualidad de nuevos recursos didácticos en el Campus Virtual por parte de los estudiantes de las asignaturas involucradas en este proyecto.
4. Desarrollar las herramientas 1.-3. en inglés, en concreto para la electrodinámica clásica.
5. Fomentar el establecimiento y difusión de una uniformidad en la práctica docente relativa a estas asignaturas, ya que los diferentes profesores pueden utilizar un mismo material para los diferentes grupos.
6. Comprobación de la efectividad de las nuevas prácticas de aprendizaje y nueva dinámica de clase con métodos estadísticos.

La cantidad de herramientas digitales potentes y gratuitas disponibles ante cualquier dispositivo con acceso a internet es suficientemente amplia como para satisfacer las nuevas necesidades de tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Aprovechando la gran infraestructura actual en la UCM en concepto de redes de internet inalámbrico (WIFI) todos los alumnos podrán tener acceso a aplicaciones que optimicen la interactividad y especificidad en la docencia.

2. Objetivos alcanzados

Este proyecto docente ha alcanzado 100 % de los objetivos propuestos. Hemos preparado y ejecutado una gran cantidad de los quiz de Wooclap para diferentes asignaturas. Igualmente, hemos preparado varios cuestionarios para distintas asignaturas. Tanto los Wooclap como los cuestionarios están incorporados en el ámbito del Campus Virtual. Algunos Wooclap/cuestionarios están hechos en inglés: en esta memoria presentamos uno de ellos. Los métodos empleados en este proyecto docente se han difundido entre varios profesores y asignaturas como se ha propuesto en el proyecto. Finalmente, hemos analizado las experiencias entre varios profesores y de los resultados que se han alcanzado empleando estos métodos. A continuación, vamos a exponer las conclusiones que se han obtenido a partir de este análisis.

1. Los cuestionarios online en campus virtual (CV) se confirmaron como una herramienta de máxima utilidad para el alumnado. Típicamente, los cuestionarios se abren después de cada tema y los alumnos tienen, durante la semana siguiente, un tiempo limitado (1-3 horas) para resolver los problemas del temario anteriormente expuesto. De esta manera los alumnos preparan el temario de forma continua y no postponiendo el estudio de este hasta justo antes del examen. Los cuestionarios pueden contener tanto las preguntas teóricas (para la evaluación de comprensión de los conceptos básicos del temario) como de problemas que tendrán que resolver en el examen. Ambas partes son de utilidad tanto para el alumnado (que se entrena en la asignatura) como para el profesorado (que tiene en estos cuestionarios una muestra de desarrollo académico de su alumnado). Algunas veces los alumnos incluso piden que se reabran todos los cuestionarios unas semanas antes del examen, como una manera de preparación para el examen.

2. El segundo tipo de la evaluación continua son los cortos quiz (típicamente de tres preguntas) de Wooclap. La idea detrás de Wooclap es la dinamización de clase y involucración de alumnos en la clase misma. Puede ser que este método sea beneficioso en las carreras de letras y humanidades, pero en este proyecto docente se demostró bastante poco apto para las carreras de ciencias naturales, tanto en los temas de electricidad y magnetismo como en física en general. El principal problema es que el Wooclap cuenta con el uso de los teléfonos móviles por parte de alumnado: las preguntas/encuestas se proyectan en la pantalla del aula y los alumnos responderían a estas vías campus virtual, usando sus teléfonos móviles. Típicamente, estos quiz se hacen al principio o al final de la clase, aunque distintos modos han sido utilizados en distintas asignaturas, como se puede leer en el “Desarrollo de las actividades”. Este método tiene varias desventajas en clases de ciencias. El primero es su duración de 5-10 minutos. En las clases de poca duración (clase de 50 minutos) los 10 minutos son un tiempo largo que se quita a la docencia tradicional y los alumnos no suelen ser motivados para usar sus móviles: en una clase solo 30% de alumnos respondió al quiz presentado. Generalmente, el uso de esta docencia híbrida (presentación en la pantalla más uso de móviles) corta el flujo habitual de enseñanza. Esto se ha visto en todas las asignaturas y especialmente en el laboratorio de física III (electricidad

y magnetismo). Aunque el quiz dura solo 5-10 minutos aproximadamente, corta el trabajo experimental del alumnado ya que tiene que hacerse para cada práctica por separado. Solo en la asignatura de “Ampliación de física” el entusiasmo de alumnos en las encuestas de Wooclap ha sido satisfactorio, aunque el efecto negativo de corte de docencia clásica seguía palpable.

En cuanto a la asignatura de “Electrodinámica Clásica”, los resultados han sido incluso menos deseados. Los detalles de implementación de Wooclap para esta asignatura se pueden encontrar en el “Desarrollo de las actividades”. Se utilizó Wooclap en dos de los cuatro grupos de alumnos (200 alumnos están repartidos en cuatro grupos). Como comparativa anecdótica podemos destacar que los alumnos de dos grupos donde se empleó el Wooclap presentaron peores resultados en el examen final, siendo este examen común para los cuatro grupos. Los otros grupos empleaban solo métodos de Evaluación Continua tradicional (entregables y/o examen parcial). Además, para considerar el efecto del propio profesor, comparando este curso dinamizado con un historial de una década cumulativa de impartir la asignatura en el que progresivamente se introdujo cada vez más variedad de Evaluación Continua, reemplazando los métodos tradicionales (entregables y examen parcial), hay una disminución notable y característica del rendimiento académico de los alumnos.

En el caso de “Electrodinámica clásica”, tras un análisis comparativo de las actividades de la Evaluación Continua (Wooclaps, Cuestionarios, Entregables, participación activa en clase o Campus Virtual) con los resultados del Examen Final, se puede afirmar que este tipo de incentivar la participación de los alumnos en el aprendizaje continuo no sustituye el esfuerzo prolongado e intenso de aprendizaje individual. Al parecer, y contra intuitivamente, el método tradicional de impartir clases teóricas por pizarra, acompañada por numerosos problemas resueltas por los alumnos, y en su caso entregadas, sigue siendo la mejor manera para el temario complejo de Electrodinámica Clásica.

3. Metodología empleada en el proyecto

Wooclap en clase: Es sumamente difícil dinamizar clases masificadas de 60-80 alumnos presentes en aulas densamente pobladas. No funcionan/no son viables técnicas como el inverted classroom, el gallery walk, o el jigsaw. No obstante, la herramienta nueva Wooclap parece proporcionar unas aplicaciones que pueden ser útiles en esta situación. Como ejemplo de emplear varias herramientas de Wooclap en una clase magistral en el contexto de Electrodinámica Clásica, mencionamos el siguiente caso y proponemos desarrollar soluciones parecidos en el marco de este Proyecto: la Delta de Dirac es un concepto matemático muy frecuentemente utilizado por los físicos, y en asignaturas de física, para describir cargas puntuales y otras entidades divergentes. No obstante, incluso llegado al último curso de la carrera los alumnos de hoy en día tienen poca destreza en su manejo, lo tratan como algo misterioso. La clase empieza con un Wooclap de Word Cloud para ver qué piensan los alumnos al pensar de una delta de Dirac. En el siguiente Word Cloud se pregunta qué piensan de la derivada de la delta de Dirac: es algo que desorienta la mayoría de los alumnos. Los matemáticamente más formados regañan a su profesor, que la delta de Dirac no es una función, no se puede derivarlo, otros suelen desarrollar una mirada vitrificada y aterrorizada. No obstante, dicha derivada es absolutamente imprescindible para seguir con la asignatura. En el siguiente paso, se hace un Wooclap Poll de cómo se puede representar una función que aproxima a la delta de Dirac. Existen muchas maneras, como una Gaussiana, un triángulo, o rectángulo, etc. Se ofrecen estos, y otros no válidos, en el Poll. Es necesario parametrizar bien la función para que haga la labor de una delta de Dirac. Se controla esta normalización con la ayuda de un Wooclap Multiple Choice. En un Wooclap Slide se muestra cómo esa función más o menos funciona igualmente como el delta de Dirac en el contexto de un integral convolviendo una función, y también se muestra la derivada de la función, trivialmente calculable. En el siguiente Wooclap Word Cloud se pide describir que hace el integral de esta derivada convolvida con la función. Luego se pide en un Wooclap Find in Image elegir la correspondiente derivada. Y de esta manera los alumnos pueden formar parte del viaje intelectual de entender por qué un dipolo eléctrico puntual se representa como el gradiente de un delta de Dirac.

Wooclap en laboratorio: Desarrollaremos tres tests para cada práctica (tradicional o nueva), puestos en el Campus Virtual UCM: uno anterior a comenzarlas, con el fin de promover un estudio previo de la física relevante; otro para el comienzo de la segunda sesión de la práctica, con un enfoque de mejoras iterativas en la ejecución de los experimentos y con la introducción de nuevos puntos de vista y aspectos de física; y un conjunto de cuestiones a responder como parte del informe con el fin de fomentar la reflexión sobre la práctica y ayudar a la preparación del informe. En la fase de seguimiento, llevaremos a cabo entrevistas extensas con los estudiantes y un análisis estadístico comparativo de los resultados entre estudiantes que participan en las nuevas sesiones y otros de los tradicionales. Las entrevistas serán transcritas y grabadas utilizando el software Nvivo para su análisis cualitativo.

Wooclap en el campus virtual: Los cuestionarios online se harán en el marco de la herramienta Wooclap. Esto dará una mejora visual a los cuestionarios tradicionales.

4. Recursos humanos

En el desarrollo del proyecto participaron activamente las siguientes personas, agrupados por categoría

profesores de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.

- Responsable: Nevenko Biskup Zaja, Titular del Departamento de Física de Materiales;
- Norbert Marcel Nemes, Catedrático del Departamento de Física de Materiales
- Carlos León Yebra, Catedrático del Departamento de Física de Materiales;
- Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga Catedrático del Departamento de Física de Materiales;
- María Varela del Arco, Catedrática del Departamento de Física de Materiales
- Alberto Rivera Calzada, Catedrático del Departamento de Física de Materiales
- Zouhair Sefrioui Khamali, Catedrático del Departamento de Física de Materiales
- Rainer Schmidt, Profesor Titular del Departamento de Física de Materiales
- Ignacio Scimemi, Profesor Titular del Departamento de Física de Materiales

personal docente e investigador de la Facultad de Ciencias Físicas

- Gabriel Sánchez Santolino, Investigador Ramón y Cajal adscrito al proyecto del Departamento de Física de Materiales;
- Isabel Barbero Velasco, Investigadora adscrita al proyecto del Departamento de Física de Materiales;
- Víctor Zamora Castro, Investigador adscrito al proyecto del Departamento de Física de Materiales;
- Isabel Tenreiro Villar, Investigadora adscrita al proyecto del Departamento de Física de Materiales;

Personal de apoyo a la investigación:

- Julio Romero de Paz: técnico en el CAI de Técnicas físicas

Profesores de otras Universidades:

- Teresa Azcondo Sánchez: Catedrática en Fundación Universitaria San Pablo CEU

5. Desarrollo de las actividades

Hemos desarrollado paralelamente dos tipos actividades que ayudan en la evaluación continua. La evaluación continua cuantificable se hace con el desarrollo de cuestionarios, ejecutados en el campus virtual. Estos cuestionarios permiten a los alumnos: 1. Desarrollar métodos y habilidades en solución de problemas parecidos a los problemas que tendrán que resolver en el examen y 2. Encuestar el conocimiento y entendimiento de los conceptos básicos que se estudian en dicha asignatura. Ambas partes son de utilidad tanto para el alumnado (que se entrena en la asignatura) como para el profesorado (que tiene en estos cuestionarios una muestra de desarrollo académico de su alumnado). Estos cuestionarios suelen ser bastante extensos y por esta razón presentamos en los anexos de esta memoria solo un cuestionario, el de electrodinámica clásica.

Segundo tipo de la evaluación continua son los cortos quiz de wooclap que nos dan una imagen cualitativa sobre el proceso de aprendizaje. Estos quiz hemos hecho en una gran variedad de asignaturas que involucran electricidad y magnetismo y aquí nos vamos a centrar solo en alguna de ellas.

1. Universidad Complutense de Madrid, grado de física (GF), asignatura “Electrodinámica clásica”. La guía docente para esta asignatura se puede encontrar en <https://fisicas.ucm.es/data/cont/docs/18-2021-06-30-ElecdinCl.pdf> y en inglés en <https://www.ucm.es/data/cont/docs/18-2021-06-30-CIElectrodyn.pdf>. Aquí presentamos el Wooclap y cuestionarios del grupo en castellano. Para fomentar la participación de los alumnos en las actividades de Wooclap en clase, este formaba parte de la Evaluación Continua, en dos grupos (la mitad del curso). Las actividades o quiz de Wooclap se intentó emplear en diversas maneras. En la primera clase hasta seis actividades estaban preparadas, en concreto sobre un repaso de la polarización de luz, siguiendo la idea de usar Wooclap para dinamizar las clases. La presentación tradicional de pizarra se mezclaba con las actividades de Wooclap que pretendían fomentar la atención activa de los alumnos. Este tipo de clase resultaba ser inviable, por varios motivos. El coste de tiempo dedicado a los Wooclaps es devastador, el resultado de aprendizaje, contrastable a base de las respuestas individuales, es mínimo, y la interrupción incesante de la presentación teórica, con el necesario acceso de los alumnos a sus teléfonos móviles en el contexto de clase demoledor por la falta de atención generado. Por este motivo, en clases siguientes se empleaba 1-2 Wooclaps en los primeros minutos como comprobación de la materia adquirida en la clase anterior. Esta manera de emplear los Wooclaps también se ha visto abandonado, principalmente por solicitud expresa de los alumnos razonando ser injusto a los que llegan tarde a clase. Por fin, en la gran mayoría de las clases, unos 20 de los 26, se empleaba 1-2 Wooclaps al terminar las clases teóricas tradicionales, con preguntas concretas referidas a la propia clase, o parcialmente al anterior. Esta dinámica de utilizar los Wooclaps ha resultado ser la menos dañina a impartir las clases. Los alumnos disponían de unos minutos para leer y responder a cada Wooclap, y cuando una fracción elevada del alumnado claramente no pudo responder, se extendía el tiempo previsto – afortunadamente el Wooclap facilita este tipo de cambio dinámico, simplemente relanzando cada Wooclap. Después de terminar el

periodo de contestación, el profesor contextualizaba las preguntas y respuestas en los Wooclaps. No obstante, los resultados contrastables facilitadas por el propio Wooclap demostraban una falta de comprensión y aprendizaje por la mayor parte del alumnado.

Por este motivo, el tiempo en clases posteriores, a partir de aproximadamente el segundo mes, se ha extendido el tiempo disponible para responder, y además el profesor comenzó a analizar las preguntas y respuestas mientras los alumnos tenían posibilidad de responder a preguntas razonablemente triviales. Visto que la fracción de respuestas solo ha mejorado marginalmente, pocas semanas después el profesor comenzó a indicar explícitamente las respuestas correctas mientras los alumnos disponían de interactuar con los Wooclaps en clase. Esa manera de emplear el Wooclap por fin consiguió una tasa de respuestas correctas superior al 50% en cada clase, aunque lejos de los 100% esperados, que pone en duda la utilidad del papel del profesor y el propio Wooclap.

Por deseo expreso de los alumnos cada semana se publicó en el Campus Virtual los nuevos Wooclaps y sus respuestas con una breve explicación, con la advertencia expresa que este conjunto de Wooclaps no sustituye a los apuntes de clase. En el Anexo se presenta los Wooclaps preparados en el marco de este Proyecto para la asignatura de Electrodinámica Clásica.

En la asignatura de Electrodinámica Clásica, en estos dos grupos experimentales, también se preparaba un número apreciable de problemas en forma de Cuestionarios, transformando problemas que tradicionalmente se pedían como Entregables, a Cuestiones de tipo múltiple choice o parecido. Esta actividad también contribuyó hasta 30% de la Nota de la Evaluación Continua. En los Cuestionarios se permitía intentar responder varias veces, penalizando un poco por cada intento. En los primeros Cuestionarios cada cuestión tuvo varias versiones para fomentar la participación individual de cada alumno, pero tras solicitudes expresas, en los siguientes Cuestionarios se suprimió ambas características con una mejora notable de los resultados, desde luego entre los entregados en los últimos momentos (la gran mayoría). En el Anexo se presenta los Cuestionarios preparados en el marco de este Proyecto para la asignatura de Electrodinámica Clásica.

2. Universidad Complutense de Madrid, grado de física (GF), asignatura “Laboratorio de física III (electricidad y magnetismo)”. La guía docente para esta asignatura se puede encontrar en https://www.ucm.es/data/cont/docs/18-2024-01-09-LabFisIII_34-12dic.pdf y en inglés en https://www.ucm.es/data/cont/docs/18-2024-01-09-PhysLabIII_34-12dic.pdf. Aquí presentamos el wooclap del grupo en inglés. Los quiz de wooclap se usan para comprobar la preparación previa al trabajo experimental del alumnado. Estos quiz consisten en dos preguntas antes de cada práctica. Los resultados demuestran que la preparación de los alumnos antes del trabajo experimental es mejorable: el acierto en las preguntas rodea 50%. Sin embargo, el laboratorio no es un ámbito ideal para el desarrollo de estos quiz. Aunque el quiz dura solo 5-10 minutos aproximadamente, corta el trabajo experimental del alumnado ya que tiene que hacerse para cada práctica por separado. Por lo tanto, no se prevé utilizar wooclap en este tipo de asignaturas (laboratorios).

3. Universidad Complutense de Madrid, grado de Ingeniería de Materiales (GIM), asignatura “Ampliación de física”. La guía docente para esta asignatura se puede encontrar en https://fisicas.ucm.es/data/cont/docs/18-2021-09-01-Gu%C3%ADa%20Docente%20GIM-2021-22_30-08-2021_-93-97.pdf. Se trata de una

asignatura del segundo año que abarca el electromagnetismo, física cuántica y estadísticas clásica y cuántica. Los quiz se usaron para averiguar el conocimiento por parte de alumnado de los conceptos básicos después de cada tema, en un ambiente relajado y no competitivo – estos quiz no entraban en la nota final. Los alumnos recibieron con entusiasmo esta actividad y los resultados demuestran que los conceptos básicos han sido adquiridos bien en general. En el anexo se presentan los quiz con las repuestas de los alumnos.

4. Universidad Complutense de Madrid, grado de Ingeniería Química (GIQ), asignatura “Física”. La guía docente para esta asignatura se puede encontrar en <https://quimicas.ucm.es/file/1giq-guia-docente-fisica-2024-23-mayo?ver>. Se trata de una asignatura del primer año que da fundamentos de física para el grado especializado en químicas. Esta asignatura abarca toda la física, desde la mecánica hasta el electromagnetismo y en esta memoria recopilamos solo los cuatro temas de electricidad y magnetismo. La ejecución de estos quiz fue, por desgracia, afectada por la corta duración de la clase (50 minutos) y la colaboración de los alumnos fue mejorable.

6. Anexos

	página
a) Wooclap de Laboratorio de física III (GF)	10 – 17
b) Wooclap de Ampliación de física (GIM)	18 – 28
c) Wooclap de Física (GIQ)	29 – 33
d) Wooclap de Electrodinámica clásica (GF)	34 – 50
e) Cuestionario de Electrodinámica clásica (GF)	51 – 59

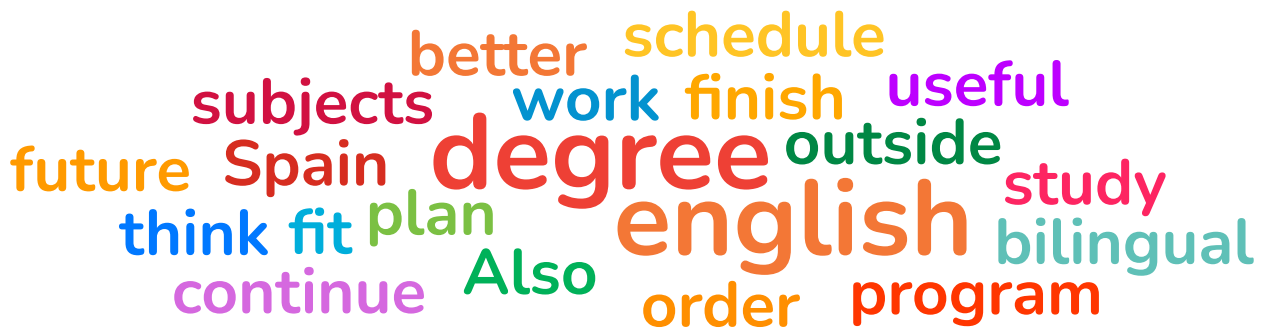


Choice of English

Wooclap

5. Why did you chose the English group for this lab?

4 encuestados



5. Why did you chose the English group of this lab?

4 encuestados

Because I'd like to do my master in English

Because it's the only one that fits in my schedule

Beacuaw it was in the morning

Because it matched my schedule



DC source

Número de participantes : 11



1. Zener diode

**0 respuestas
correcta**

de 0 encuestado

passes the current
in just positive
dirrection

0%

0 votos

passes the current
in both dirrections
at high
temperatures

0%

0 votos

passes the current
in just positive
dirrection at high
temperatures

0%

0 votos



passes the current
in both dirrections if
the sufficient
negative voltage is
reached

0%

0 votos



2. The rippling is achieved by:

**0 respuestas
correcta**

de 0 encuestado

diode

0%

0 votos

resistor

0%

0 votos



capacitor

0%

0 votos

Magnetic hysteresis

Número de participantes : 8



1. Magnetic field H has the units of:

3 respuestas correctas

de 4 encuestados

Am

0%

0 votos

Tesla/m

0%

0 votos



A/m

75%

3 votos

Tesla

25%

1 voto

Am²

0%

0 votos



2. The magnetic susceptibility of a ferrimagnet is highest at:

0 respuestas correctas

de 4 encuestados

M=0 [A/m]

100%

4 votos

M=Ms [A/m]

0%

0 votos



semewhere in between [A/m]

0%

0 votos

Hall effect



3. The Hall sign in all metals is:

4 respuestas
correctas

de 4 encuestados

positive

0%

0 votos



negative

100%

4 votos

depending on the
metal

0%

0 votos



4. The current intensity necessary to measure Hall voltage of 1mV is:

2 respuestas
correctas

de 4 encuestados

greater in
semiconductor than
in a metal

50%

2 votos



smaller in
semiconductor than
in a metal

50%

2 votos

equal in both
semiconductor and
metal

0%

0 votos

Filters

Número de participantes : 9



1. The high pass filter is achieved by

**0 respuestas
correcta**

de 4 encuestados

resistor and
capacitor in series

100%

4 votos



capacitor and
resistor in series

0%

0 votos

resistor and
capacitor in parallel

0%

0 votos

capacitor and
resistor in parallel

0%

0 votos



2. The RC constant depends on frequency.

**4 respuestas
correctas**

de 4 encuestados

Yes

0%

0 votos



No

100%

4 votos



LC Resonance

Wooclap



3. The resonance frequency depends on:

2 respuestas
correctas

de 4 encuestados

resistance R,
inductance L and
capacitance C

0%

0 votos

resistance R and
capacitance C

50%

2 votos

resistance R and
inductance L

0%

0 votos



Inductance L and
capacitance C

50%

2 votos



4. The resonance frequency of 15910 Hz ($\omega = 1e5$ rad/s) is achieved by

2 respuestas
correctas

de 4 encuestados

C=1 nF and L=1e-3
H

0%

0 votos

C=1 uF and L=1e-3
H

25%

1 voto



C=1 uF and L=1e-4
H

50%

2 votos

C=100 nF and
L=1e-4 H

25%

1 voto



Resistivity

Wooclap

Número de participantes : 0

1. ¿The electrical resistance depends on the length of the sample?

0 respuestas
correcta

de 0 encuestado



Yes

0%

0 votos

No

0%

0 votos



2. ¿The electrical resistivity depends on the length of the sample?

0 respuestas
correcta

de 0 encuestado

Yes

0%

0 votos



No

0%

0 votos



EM resonance

Número de participantes : 0



3. Which field (transversial) depends on the radius r of the coaxial cable as $1/r$

0 respuestas correctas

de 0 encuestado

Electric field E

0%

0 votos

Magnetic field H

0%

0 votos



Both

0%

0 votos

None

0%

0 votos



4. The frequency harmonics shown in this formula correspond to:

$$f_n = \frac{v}{L}n - \frac{v}{2L}$$

0 respuestas correctas

de 0 encuestado

Open circuit case

0%

0 votos

Short circuit case

0%

0 votos



Loop circuit case

0%

0 votos

None of the above

0%

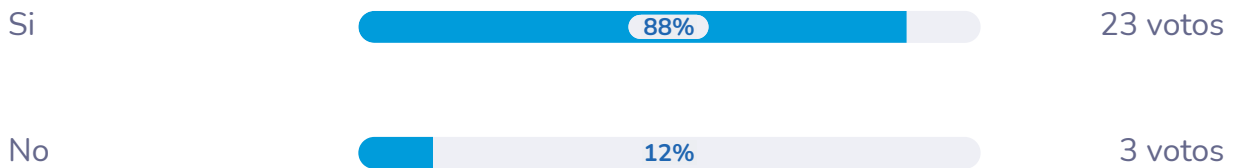
0 votos

AF Tema 00: Introducción



Número de participantes : 38

1. ¿Cuántos de vosotros habéis tenido física en bachillerato? 26 encuestados



2. ¿Qué pensáis que tenéis que repasar más de los cursos anteriores de matemática y física? 24 encuestados



3. ¿Cuántas ecuaciones de Maxwell existen? **24 respuestas correctas**
de 30 encuestados





AF Tema 0: Formulario

Wooclap

1. ¿Cuál es la ecuación correcta?

$\vec{A} \cdot \vec{B} = 0$ si $\vec{A} \parallel \vec{B}$

0

$\vec{A} \cdot \vec{B} = 0$ si $\vec{A} \perp \vec{B}$

0 v tos

2. ¿Cuál es la ecuación correcta?

$\vec{A} \times \vec{A} = A^2$

$\vec{A} \times \vec{A} = 0$

$\vec{A} \times \vec{A} = \vec{A}^2$

3. Encuentra la correspondencia

$\left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho E_\rho)}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial E_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial E_z}{\partial z} \right)$

1

0 encuestado

D

divergencia de campo eléctrico en coordenadas cilíndricas

$\left(\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} \right)$

2

0 encuestado

C

divergencia de campo eléctrico en coordenadas cartesianas

$\left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial(r^2 E_r)}{\partial r} + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (E_\theta \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial E_\varphi}{\partial \varphi} \right)$

3

0 encuestado

B

divergencia de campo eléctrico en coordenadas esféricas

$\left(\frac{\partial T}{\partial r} \vec{r}, \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial \theta} \vec{\theta}, \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial T}{\partial \varphi} \vec{\varphi} \right)$

4

0 encuestado

A

gradiente de temperatura en coordenadas esféricas

AF Tema 1: Electrostatica

1. El campo eléctrico en el material dieléctrico es:

- Mayor que en vacío 0%
- Menor que en vacío 0%
- Igual 0%

2. ¿Cuáles de estas relaciones son correctas siempre?

$$\nabla \cdot (\nabla \varphi) = 0$$

$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{A}) = 0$ 0 votos

$\nabla \times (\nabla \varphi) = 0$ 0 votos

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{A}) = 0$$
0 votos

3. ¿Cuáles de estas ecuaciones son ecuaciones de Maxwell?

- $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ $D_{n2} - D_{n1} = \sigma_{FREE}$
- $\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ $\oint \vec{C} \cdot \vec{n} dA \equiv \int_{\text{volumen cerrado}} \nabla \cdot \vec{C} dV$
- $\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$
- $\nabla \cdot \vec{D} = \rho_{FREE}$ $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$



AF Tema 2: Magnetostática

Woo lap

Número de participantes : 31



1. ¿Cuál de estas ecuaciones es la ley de Ampere?

26 respuestas correctas

de 26 encuestados

- | | | | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|------|----------|
| 1 | $\vec{F}_B = (q \cdot \vec{v} \times \vec{B})$ | 1 | <input type="checkbox"/> | 0% | 0 votos |
| 2 | $\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ | 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 100% | 26 votos |
| 3 | $\nabla \vec{B} = 0$ | 3 | <input type="checkbox"/> | 0% | 0 votos |
| 4 | $\nabla \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ | 4 | <input type="checkbox"/> | 0% | 0 votos |



2. ¿Cuál de estas ecuaciones integrales es la ley de Ampere?

24 respuestas correctas

de 26 encuestados

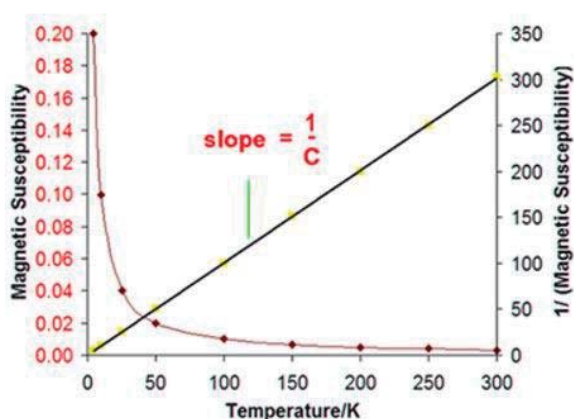
- | | | | | | |
|---|---|---|-------------------------------------|-----|----------|
| 1 | $\iint \vec{D} d\vec{A} = \int \rho dV$ | 1 | <input type="checkbox"/> | 0% | 0 votos |
| 2 | $\oint \vec{H} d\vec{\ell} = NI$ | 2 | <input type="checkbox"/> | 8% | 2 votos |
| 3 | $\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I$ | 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 92% | 24 votos |
| 4 | $\iint \vec{B} d\vec{A} = 0$ | 4 | <input type="checkbox"/> | 0% | 0 votos |



3. Esta curva de susceptibilidad magnética versus temperatura es de un:

25 respuestas correctas

de 27 encuestados



- | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|-----|----------|
| <input type="checkbox"/> | Un ferromagneto. | 0% | 0 votos |
| <input type="checkbox"/> | Un antiferromagneto. | 0% | 0 votos |
| <input type="checkbox"/> | Un diamagneto. | 7% | 2 votos |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Un paramagneto. | 93% | 25 votos |
| <input type="checkbox"/> | Un superconductor. | 0% | 0 votos |



AF Tema 3: Electromagnetismo

Wooclap

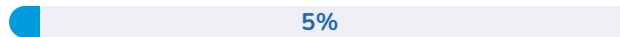


1. Se cierra un circuito LC a t=0. La corriente es máxima a:

19 respuestas correctas

de 20 encuestados

t = 0



1 voto



t = infinito



19 votos

La corriente no depende de tiempo.



0 votos



2. Se cierra un circuito RC a t=0. La corriente es máxima a:

19 respuestas correctas

de 20 encuestados

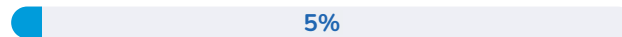


t = 0



19 votos

t = infinito



1 voto

La corriente no depende de tiempo.



0 votos



3. ¿Qué ecuación de Maxwell "permite" que fluya una corriente alterna en un circuito con condensadores?

21 respuestas correctas

de 21 encuestados



$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$$



21 votos

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$



0 votos

$$\nabla \times (\nabla \phi) = 0$$



0 votos

$$\oiint_{\partial\Omega} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint_{\Omega} \rho dV$$



0 votos



AF Tema 4: Ondas EM

Wooclap



1. ¿La impedancia intrínseca aumenta con la frecuencia?

21 respuestas correctas

de 21 encuestados



Si



21 votos

No



0 votos



2. En esta ecuación de onda, ¿qué factor define la atenuación?

18 respuestas correctas

de 21 encuestados

$$\nabla^2 \vec{E} - g\mu \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} - \epsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$



$g\mu$



18 votos

$\epsilon\mu$



2 votos

ninguno



1 voto



3. La resistencia eléctrica de un metal:

22 respuestas correctas

de 23 encuestados

no depende de frecuencia



1 voto

baja con la frecuencia



0 votos



sube con la frecuencia



22 votos



4. La profundidad de penetración es más pequeña en:

21 respuestas correctas

de 23 encuestados



un ferromagnet



21 votos

un paramagnet



0 votos

un diamagnet



1 voto

no depende de magnetismo



1 voto

AF Tema 5: Radiación de cuerpo negro Wooclap

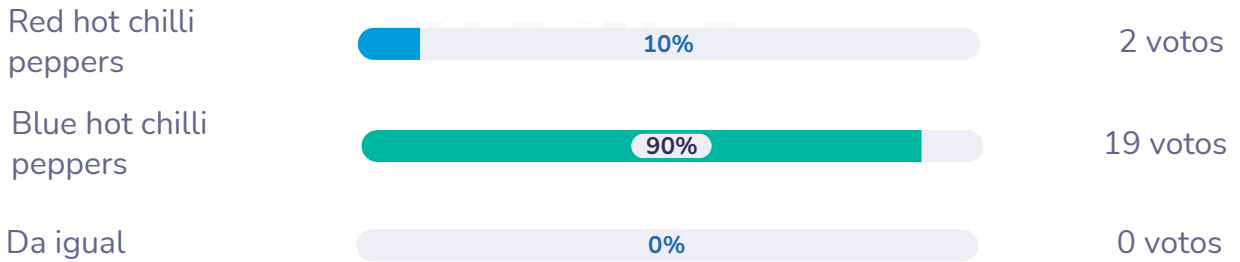
Número de participantes : 22



1. Según el espectro de radiación, ¿cuál sería el más caliente?

19 respuestas correctas

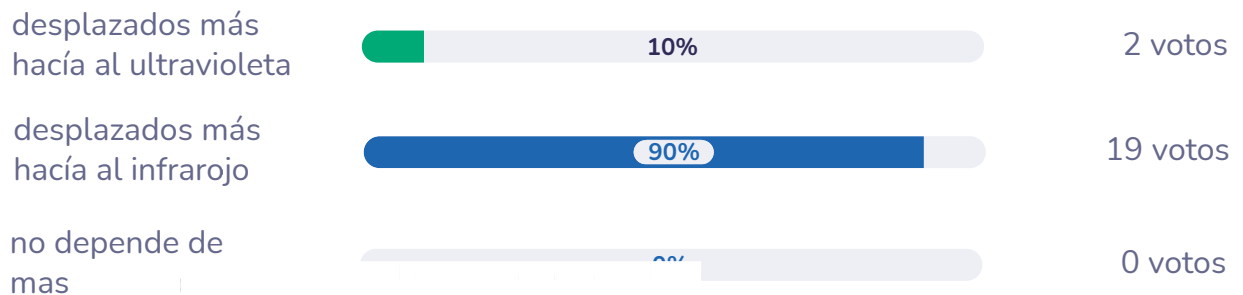
de 21 encuestados



2. Según el modelo de Bohr, los átomos más pesados, comparado con los átomos más ligeros, tienen espectros:

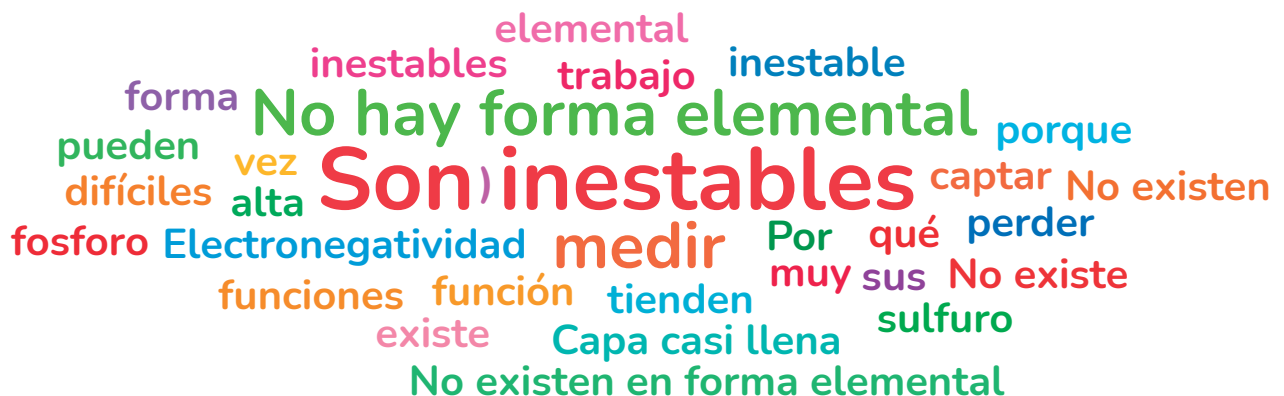
2 respuestas correctas

de 21 encuestados



3. Si se mira la tabla periódica de función de trabajo de los elementos, no se encuentran los datos del fósforo y del sulfuro. ¿Por qué?

16 encuestados





AF Tema 6: Schrödinger 1D

WooClap

Número de participantes: 18



1. ¿Qué parte de la ecuación de Schrödinger corresponde a la energía cinética?

16 respuestas correctas

de 17 encuestados

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} + U_0 \psi(x,t) = i\hbar \frac{\partial \psi(x,t)}{\partial t}$$

$$i\hbar \frac{\partial \psi(x,t)}{\partial t}$$

$$U_0 \psi(x,t)$$



$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2}$$

94%

16 votos



2. ¿Cuáles de estas funciones son funciones de onda libre?

11 respuestas correctas

de 17 encuestados

$$\psi(x) = -5.8 \frac{1}{\sqrt{a}} e^{-1.74 \frac{x}{a/2}}$$

35%

6 votos



$$\psi(x) = 1.26 \frac{1}{\sqrt{a}} \cos\left(1.25 \frac{x}{a/2}\right)$$

65%

11 votos

$$\psi(x) = -5.8 \frac{1}{\sqrt{a}} e^{-1.74 \frac{x}{a/2}}$$

35%

6 votos



$$\psi(x) = 1.23 \frac{1}{\sqrt{a}} \sin\left(2.48 \frac{x}{a/2}\right)$$

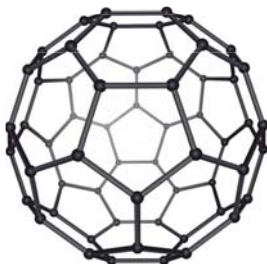
65%

11 votos

3. Los fullerenes son las moléculas esféricas compuestas por átomos de carbono. Los más típicos son C₆₀ y C₇₀, donde los números corresponden al número de átomos de C en la esfera. ¿Cuál de estos va a tener la menor longitud de onda, basándose en la fórmula de De Broglie, si ambos se mueven con la misma velocidad?

15 respuestas correctas

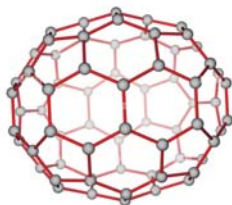
de 16 encuestados



C60

6%

1 voto



C70

94%

15 votos

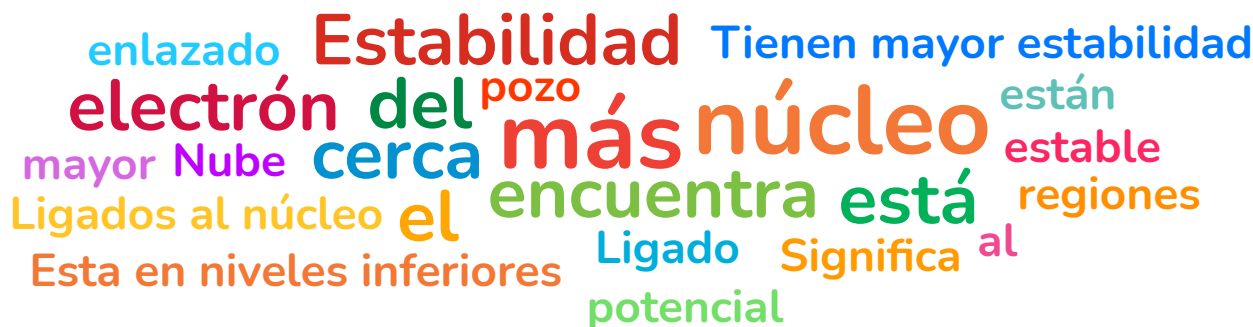


AF Tema 7: Átomo de hidrógeno

Wooclap

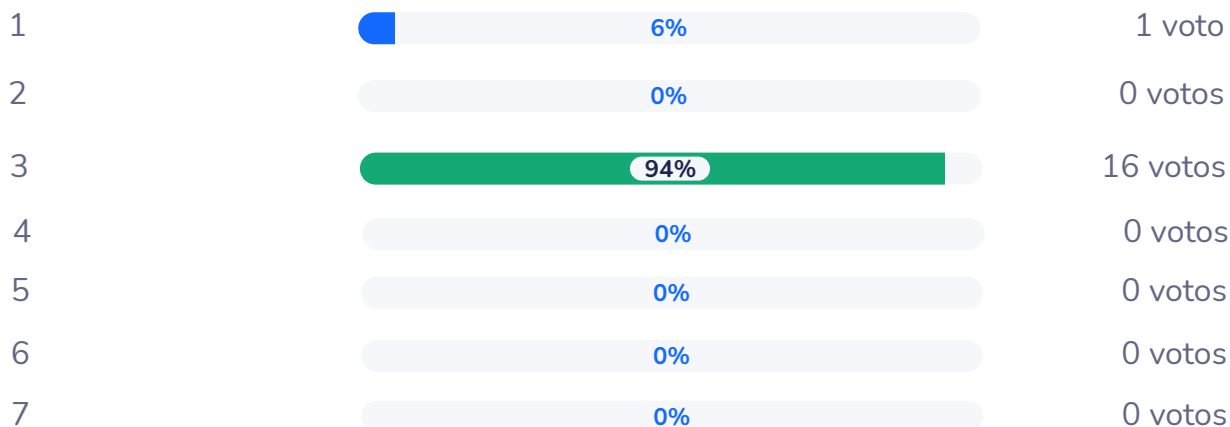
Número de participantes : 20

1. ¿Qué significa que las energías de electrones en el átomo de hidrógeno son negativas? 11 encuestados



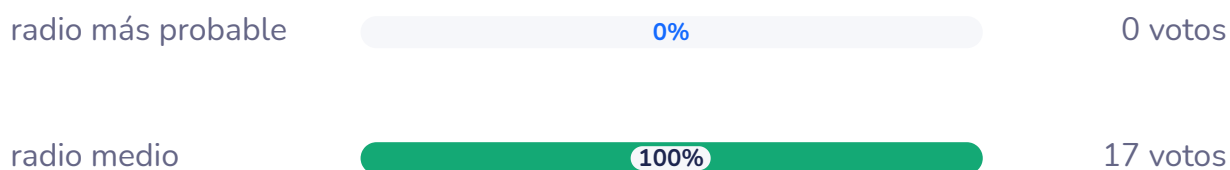
2. ¿Cuántos nodos (puntos donde la función de onda es cero) tiene la orbital 4s?

16 respuestas correctas
de 17 encuestados



3. Para la orbital 2s de un átomo de Li^{++} , ¿cuál de estos va a ser más grande?

17 respuestas correctas
de 17 encuestados



AF Tema 8: Estadística clásica

Wooclap



Número de participantes : 15

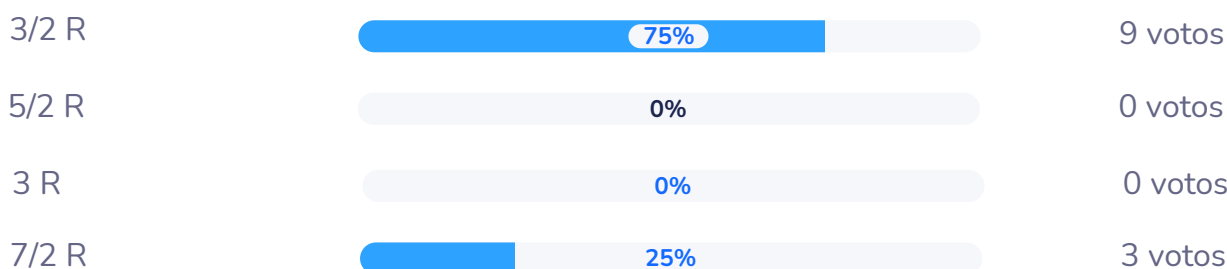
Wooclap Tema 8:



1. La capacidad térmica C_v de un gas biatómico a temperatura ambiente es:

0 respuestas correctas

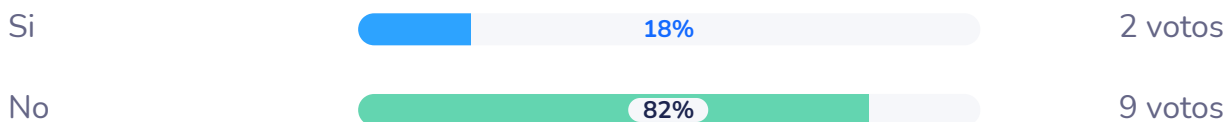
de 12 encuestados



2. ¿La función de Langevin representa bien el efecto Zeeman?

9 respuestas correctas

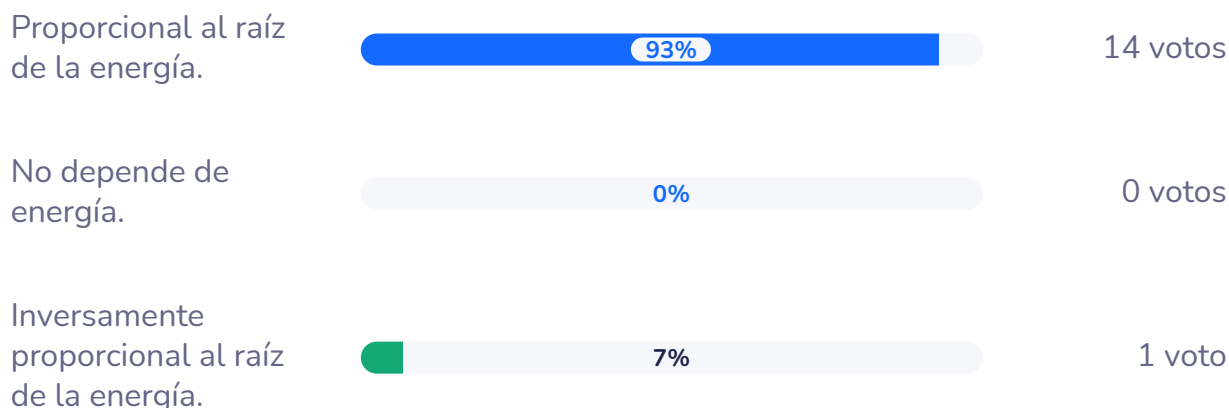
de 11 encuestados



3. La densidad de estados en un gas de electrones unidimensional es:

1 respuestas correctas

de 15 encuestados





AF Tema 9: Estadística cuántica

Número de participantes : 3

1. Ordene las partículas por el espín: de más bajo hasta el más alto:

0 encuestado

Respuesta correcta

- 2 Bosón de Higgs 0
- 1 Electrón 0
- 3 Fotón 0
- 4 Gravitón 0

2. Ordene las partículas por el espín: de más bajo hasta el más alto:

0 encuestado

Respuesta correcta

- 1 4He (partícula alfa) 0
- 2 3He 0

3. La función de probabilidad de Fermi es:

0 respuestas correcta

de 0 encuestado

más alta que la probabilidad de Bose.

0%

0 votos

más baja que la probabilidad de Bose.

0%

0 votos

4. La temperatura de Debye es más grande si (es posible que varias respuestas son correctas):

0 respuestas correcta

de 0 encuestado

La temperatura es más alta

0%

0 votos

La velocidad con cual se mueven los átomos en el material es más grande

0%

0 votos

Los átomos son más pesados

0%

0 votos

Loa átomos son más ligeros

0%

0 votos

La frecuencia de corte es más grande

0%

0 votos



Tema 10: Campo eléctrico

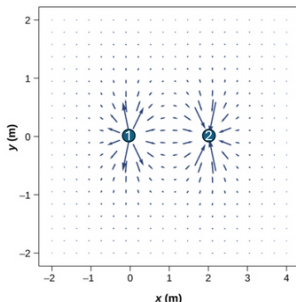
Wooclap



1. ¿Cuál es el signo de las cargas 1 y 2 en la imagen?

0 respuestas correctas

de 0 encuestado



1 positivo y 2 positivo

0%

0 votos



1 positivo y 2 negativo

0%

0 votos

1 negativo y 2 positivo

0%

0 votos

1 negativo y 2 negativo

0%

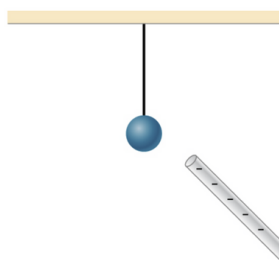
0 votos



2. ¿La esfera azul, sin carga, que se muestra en la figura, experimenta una fuerza eléctrica neta cuando acercamos la varilla?

0 respuestas correctas

de 0 encuestado



Sí, al acercar la varilla se induce una carga de polarización de manera que la carga negativa está más cerca de la varilla cargada, lo que provoca una fuerza de atracción.

Sí, al acercar la varilla se induce una carga de polarización de manera que la carga negativa está más cerca de la varilla cargada, lo que provoca una fuerza de repulsión.

Sí, al acercar la varilla se induce una carga de polarización de manera que la carga positiva está más cerca de la varilla cargada, lo que provoca una fuerza de atracción.

No, la esfera no está cargada por lo que no experimental ninguna fuerza eléctrica neta.





Tema 11: Potencial eléctrico

Número de participantes : 14



- 1. Si en un condensador plano insertamos un material dielectrico con $\epsilon_R=10$, la capacitancia de este condensador será:**

9 respuestas correctas

de 12 encuestados



Diez veces más grande que cuando hay solo aire en el condensador.



9 votos

Diez veces más pequeña que cuando hay solo aire en el condensador.



0 votos

Va a ser igual.



3 votos



- 2. Tenemos un condensador plano cargado con la diferencia de potencial $V=10V$. Si ahora insertamos en el un material dielectrico con $\epsilon_R=10$, la energía almacenada en este condensador será:**

6 respuestas correctas

de 12 encuestados

Diez veces más pequeño que sin material dieléctrico.



6 votos

Va a ser igual.



0 votos



Diez veces más grande que sin material dieléctrico.



6 votos



Tema 11: Potencial eléctrico

Número de participantes : 14



3. Tenemos un condensador plano cargado con la diferencia de potencial $V=10V$. Si ahora insertamos en el un material dielectrico con $\epsilon_R=10$, el campo electrico en este condensador será:

7 respuestas correctas

de 12 encuestados

Diez veces más grande que cuando no hay este material en el condensador.



4 votos

Diez veces más pequeño que cuando no hay este material en el condensador.



1 voto



Va a ser igual.



7 votos



4. Tenemos un condensador plano cargado con la diferencia de potencial $V=10V$. Si ahora insertamos en el un material dielectrico con $\epsilon_R=10$, el campo eléctrico dentro del dielectrico va a ser:

2 respuestas correctas

de 12 encuestados

Diez veces mayor que si en el mismo espacio hubiera aire.



4 votos



Diez veces menor que si en el mismo espacio hubiera aire.



2 votos

Igual




6 votos

Tema 12: Corriente eléctrica

Número de participantes : 12

1. Si tenemos dos resistencias R_1 y R_2 en un circuito eléctrico, la resistencia equivalente del circuito es más grande en:

7 respuestas correctas
de 7 encuestados

R1 y R2 en paralelo  0 votos

R1 y R2 en serie  7 votos

2. Si aplicamos un voltaje en un circuito con dos resistencias, R_1 y R_2 , ¿en que caso se obtiene más potencia?

3 respuestas correctas
de 7 encuestados


R1 y R2 en serie  4 votos

R1 y R2 en paralelo  3 votos

3. El voltaje (potencial) de borne es más grande en:

0 respuestas correctas
de 7 encuestados

un circuito cerrado  7 votos

un circuito abierto  0 votos

Tema 13: Campo magnético



1. Para que flote en el campo magnético terrestre en Madrid un cable por cuál pasa una corriente eléctrica, el cable tiene que estar orientado en dirección:

0 respuestas correctas

de 0 encuestado

Norte-sur

0%

0 votos



Oeste-este

0%

0 votos



2. La fuerza electromotriz (o, voltaje) en un transformador es más grande para la frecuencia de 50 Hz que de la frecuencia de 10 kHz?

0 respuestas correctas

de 0 encuestado

Si.

0%

0 votos



No.

0%

0 votos



3. Tenemos dos cables perpendiculares pero sueltos, uno encima de otro y por ambos pasa una corriente $I=1A$. Que va a ocurrir en este caso?

0 respuestas correctas

de 0 encuestado

Se repelan.

0%

0 votos

Se atraen.

0%

0 votos



Se alinean y ponen en paralelo.

0%

0 votos

Advertencia: La idea detrás de los [Wooclaps](#) es dinamizar las clases, no sirven a posteriori para estudiar la asignatura. De hecho, muchas veces no se puede interpretarlos sin ver la pizarra.

En comparación con "la onda canónica nuestra", que cambiar para escribir pol.lineal x, que propague en (-z)?

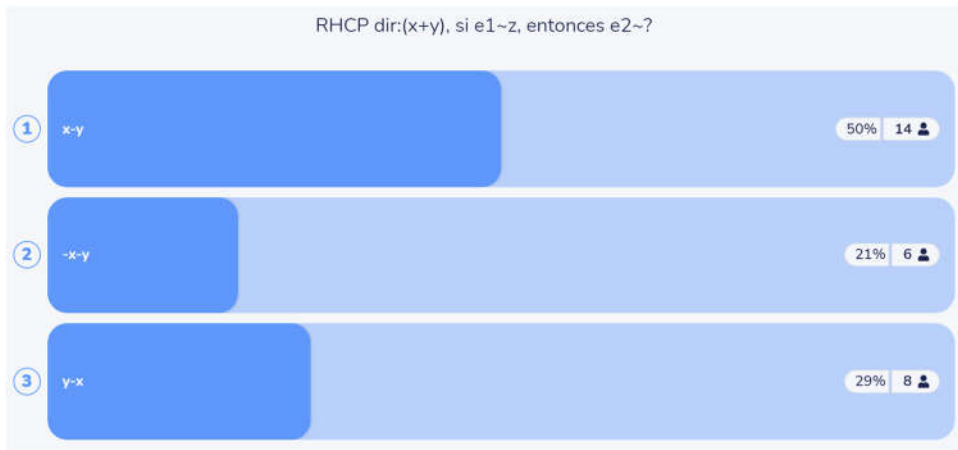
1	$(t+z/c)$	67%	6	5	$(t+z/c) y -B_0$	0%	0
2	$(t-z/c) y -E_0$	0%	0	6	$(t+z/c) y -E_0 y -B_0$	11%	1
3	$(t+z/c) y -E_0$	22%	2	7	$-E_0 y -B_0$	11%	1
4	$(t-z/c) y -B_0$	0%	0				

La respuesta correcta es: (3) o (5) a su gusto, lo importante es satisfacer $\vec{B} \sim k \times E$

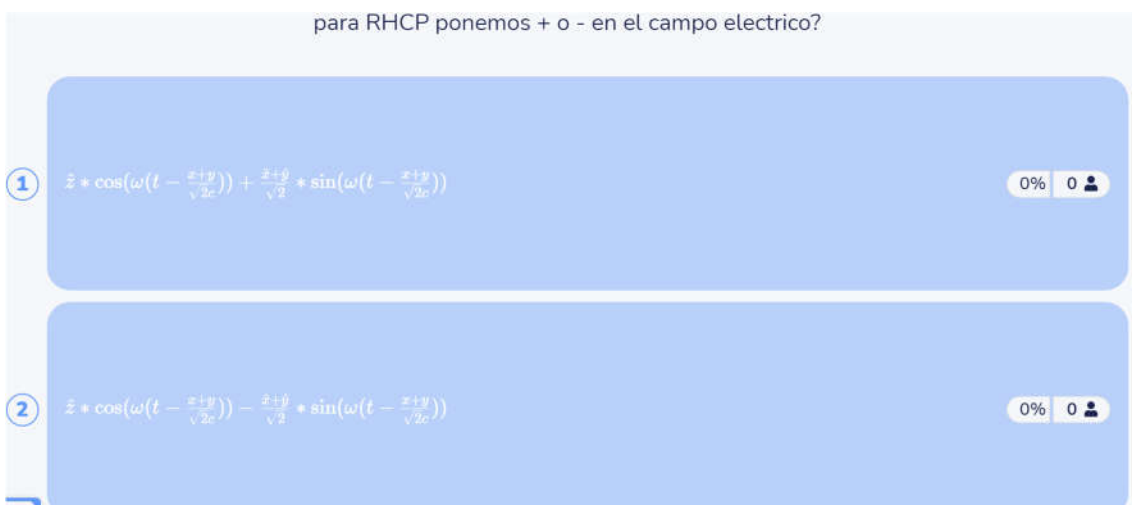
como escribimos la dependencia espacial de la onda con propagación diagonal?

1	$\cos[w(t-z/c)]$	0%	0
2	$\cos[w(t+z/c)]$	0%	0
3	$\{\cos[w(t-x/c)] + \cos[w(t-y/c)]\} / \sqrt{2}$	25%	6
4	$\cos[w(t-(x+y)/\sqrt{2}c)]$	75%	18

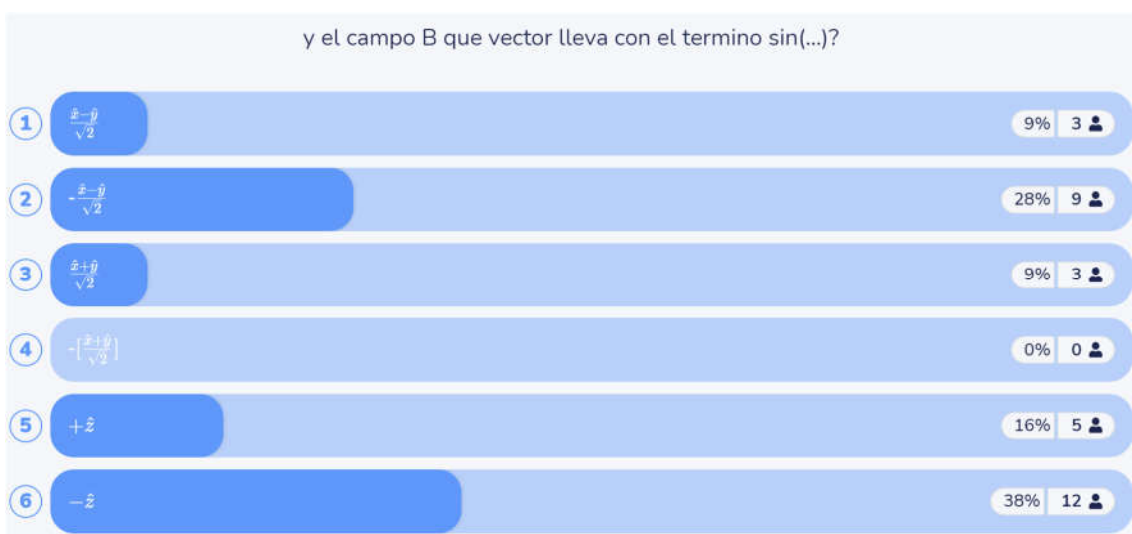
(4)



(1)..... (3) daría LHCP



(1), para RHCP $\vec{k} \sim \vec{e}_1 \times \vec{e}_2$



(6), recuerda $\vec{B} \sim \vec{k} \times \vec{E}$ $-\hat{z} \sim (x+y) \times (x-y)$

Cuanto vale la traza del Tensor de estrés de Maxwell, $\underline{T} = \epsilon_0 \vec{E} \circ \vec{E} + \frac{1}{\mu_0} \vec{B} \circ \vec{B} - \frac{1}{2} (\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{\mu_0} B^2) \underline{1}$?

- 1 0 0% 0
- 2 $(E/c)^2 + B^2$ 0% 0
- 3 $2u$ 0% 0
- 4 $u = \frac{1}{2} (\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{\mu_0} B^2)$ 0% 0
- 5 $-u$ 0% 0

TrT=-u [TrBoB=B², TrEoE=E², Tr1=3]

conecta las simetrías y cantidades conservadas, según su opinión

carga	1	A	gauge
energía	2	B	espacio isotrópico
momento lineal	3	C	espacio homogéneo
momento angular	4	D	SU(2) fuerza fuerte
isospin	5	E	tiempo homogéneo

carga-gauge energía-tiempo momento lineal-espacio homogéneo
 momento angular-espacio isotrópico isospín-SU(2) fuerza fuerte

Prueba: Elige las afirmaciones correctas, con respecto a la Ecuación de Continuidad

- 1 Para la conservación de carga es necesario imponer la Ecuación de Continuidad 0% 0
- 2 La conservación de carga es una consecuencia de la Ecuación de Continuidad 0% 0
- 3 La Ecuación de Continuidad es una consecuencia de las Ecuaciones de Maxwell 0% 0
- 4 La Ecuación de Continuidad y las Ecuaciones de Maxwell son mutuamente independientes, pero compatibles 0% 0

La conservación de carga es una consecuencia (y vice versa) de la ecuación de continuidad
 La ecuación de continuidad es una consecuencia (se puede derivar) de las ec. Maxwell

los muones tienen vida media de $\sim 2\mu\text{s}$, y típicamente están creados en la alta atmosfera, con energía/velocidad relativista. Los muones detectados en la superficie terrestre. Como dato, considera ...

- 1 son atmosféricos, y pueden llegar por la dilatación temporal
- 2 están creados en las plantas nucleares
- 3 son de origen cósmico, muy muy energético
- 4 son atmosféricos, y pueden llegar por la contracción FitzGerald

Una partícula con velocidad $\sim c$ puede recorrer como máximo una distancia $c\tau \sim 600\text{m}$ en $\tau = 2\mu\text{s}$ (el dato que falta ver aquí arriba). No obstante, debido a dilatación temporal el tiempo de vida aparente (observado desde Tierra) de los muones energéticos es mucho mayor, y pueden alcanzar los 40km atmosféricos. Se puede entender lo mismo como contracción FitzGerald: en el sistema del muon, donde vive tan solo dos microsegundos, es la Tierra que corre rápidamente hacia el muon, y toda la atmosfera esta contraído a pocos cientos de metros para el muon. Los muones atmosféricos no vienen como rayos cósmicos, sino están creados en choques entre las moléculas de alta atmosfera y dichos rayos. En las plantas nucleares también se crea un poco de muones, pero es irrelevante aquí.

adición de velocidad: se observa una partícula con velocidad $c/2$. a que velocidad se observa la misma partícula un observador que mueve en sentido contrario con velocidad $c/2$?

- 1 $0.5*c$
- 2 c
- 3 $1.333*c$
- 4 $0.8*c$
- 5 0

Podemos descartar 4 respuestas, sin calcular: la velocidad no puede convertirse a mayor que c , descartamos $1.333*c$. Según la geometría indicada la respuesta 0 (aunque permisible) no es la correcta. $0.5*c$ implicaría falta de boost. Un boost nunca puede hacer de una velocidad menor de c a ser igual a c .

Nos queda $0.8*c$: Según la regla de adición de velocidad en caso collinear $u' = (u-v)/(1-u*v/c^2)$, con $u=c/2$ y $v=-c/2$ en nuestro caso. Con $v=+c/2$, tendríamos el caso de $u'=0...$

Aceleración constante:

- 1 es un concepto clásico, la relatividad no lo permite 0% 0
- 2 es posible, si lo entendemos en el sistema propio de la partícula 0% 0
- 3 solo durante un rato, ya que la velocidad $g \cdot t$ supera a c en breve 0% 0
- 4 en este tipo de movimiento la velocidad satura en c rápidamente 0% 0

Es posible, si lo entendemos en el sistema propio, en este caso la velocidad visto por cualquier observador inercial aproxima/satura casi a la velocidad de luz con el paso de tiempo. La aceleración vista por un observador inercial no puede mantenerse fijo, en el sentido clásico, ya que la velocidad superaría a c en un tiempo $\sim c/g$.

Ley de Ohm covariante (a): s_μ es cuadrivector, porque...

- 1 lo empleamos en una ecuación covariante, junto con $F^{\mu\nu}$ 0% 0
- 2 lo definimos con la cuadr corriente \hat{j}_μ 0% 0
- 3 ambos \hat{j}_μ y u_μ son cuadrivectores 0% 0
- 4 ρ_0 es cuadriescalar 0% 0

s_μ es cuadrivector, porque j_μ y u_μ son cuadrivectores físicos, y ρ_0 es cuadriescalar ya que está definido en el sistema propio

Elige subgrupos de las transformaciones Lorentz

- 1 rotaciones 3D
- 2 Boosts por el eje \hat{y}
- 3 Boosts con una rapidez de 5
- 4 inversiones sobre planos
- 5 Transformaciones con $\Lambda_{00} > 0$ y $\det\Lambda = +1$
- 6 Transformaciones con $\Lambda_{00} < 0$ y $\det\Lambda = -1$

Las rotaciones forman un subgrupo, $SO(3)$.

Los boosts a lo largo del mismo eje, con diferentes velocidades/rapidez forman subgrupos, según cada eje

Las transformaciones ortocronos ($L_{00} > 0$) y propios ($\det L = +1$) forman un subgrupo, los boosts+rotaciones, que no involucran inversiones espaciales y/o temporales. De hecho, no existe ninguna transformación/matrix Lorentz con $|L_{00}| < 1$, así que la condición de ser ortocrono a menudo se escribe como $L_{00} > 1$

Los demás no son subgrupos. Boosts con distintos ejes no se conmutan, aunque tengan la misma rapidez (velocidad) numérica. Dos inversiones sobre plano suelen dar una rotación. Dos transformaciones impropias con determinante negativa resultan en uno propio con determinante positiva.

Consideramos un haz de electrones de diámetro muy pequeño, es equivalente a:

- 1 corriente (I) en el $S_{laboratorio}$
- 2 corriente (I) y carga lineal (λ) en el $S_{laboratorio}$
- 3 carga lineal (λ) en el $S_{laboratorio}$
- 4 corriente (I_0) en el S_{haz}
- 5 corriente (I_0) y carga lineal (λ_0) en el S_{haz}
- 6 carga lineal (λ_0) en el S_{haz}

En el laboratorio vemos una fila de cargas, por lo que hay densidad de carga, pero también se están moviendo, con lo cual hay corriente también.

El observador que conmueve con el haz observa una fila de cargas (hay λ), pero para él no se mueven (no hay corriente).

Dos electrones vuelan con la misma velocidad, separadas por una micra de distancia. Cuanto es mayor la fuerza entre ellos?

- 1 si van de lado a lado 0% 0
- 2 si van uno tras el otro 0% 0
- 3 depende de la velocidad ($\gamma < 1$?) 0% 0

Si van uno-tras-otro: la fuerza es colinear con el boost desde el sistema que conmueve con ambos (propio de ambos), mientras si van de lado-a-lado la fuerza es transversal al dicho boost. La fuerza en el sistema propio es de puro Coulomb. La fuerza longitudinal no cambia con un boost desde el sistema propio (velocidad $u'=0$), mientras que la fuerza transversal disminuye con el factor gamma del boost (la velocidad u de las cargas en el sistema de laboratorio)

un electrón y un protón tiene la misma energía total. Cual tiene mayor momento lineal?

- 1 electrón 0% 0
- 2 protón 0% 0
- 3 lo tienen igual 0% 0
- 4 depende de sus velocidades 0% 0
- 5 depende de la energía 0% 0

el **electrón**, ya que tiene menor masa, las energías en este caso son iguales, y $p^2 = E^2/c^2 - m^2c^4$.

Un electrón mueve con velocidad \vec{u} en campo magnético $\vec{B} = B\hat{z}$. Cual es su momento lineal conservada?

- 1 $\vec{p} = m\vec{u}$ 0% 0
- 2 $\vec{p} = \gamma m\vec{u}$ 0% 0
- 3 $\vec{p} = \gamma m\vec{u} + e\vec{A}$ 0% 0
- 4 $\vec{p} = \gamma m\vec{u} + eyB\hat{x}$ 0% 0

4: la pregunta pide el tri-momento canónico (P), que no puede ser ni el cuadrimomento mecánico, ni el tri-momento mecánico (p). $p+eA$ sería la respuesta 'oficial', pero aquí hablamos específicamente de electrón, cuya carga es -e, no es +e. Un potencial posible es $\underline{A} = -yB\hat{x}$ para un campo $B = \text{rot}A = Bz$, así que $P = p + (-e)(-y)B\hat{x}$.

¿Cuanto vale la traza del tensor simétrico de energía-momento del campo electromagnético (sin cargas)?

1 u
 2 $\frac{1}{\mu_0} B^2 + \epsilon_0 E^2$
 3 $-u$
 4 0
 5 $\frac{1}{\mu_0 c} \vec{B} \times \vec{E}$

$\Theta^\mu{}_\mu=0$ ya que en su diagonal se encuentra la densidad de energía u , y el tensor de Maxwell de estrés 3x3 cuya traza es $-u$.

¿Cuanto vale la cuádrivergencia del tensor simétrico de energía-momento del campo electromagnético (sin cargas)?

1 0
 2 $\frac{1}{\mu_0} B^2 + \epsilon_0 E^2$
 3 $\frac{1}{\mu_0 c} \vec{B} \times \vec{E}$
 4 u
 5 P^μ

$\partial_\mu \Theta^{\mu\nu}=0$ sin presencia de cargas y corrientes. En general $\partial_\mu \Theta^{\mu\nu}=-F^{\nu\mu}J_\mu$ que describe la potencia de trabajo del campo eléctrico sobre la corriente, y la fuerza de Lorentz sobre cargas y corrientes.

Cual es la corriente Noether correspondiente a la simetría gauge de electrodinámica?

- 1 la carga eléctrica Q
- 2 la carga magnética Q_M
- 3 la corriente eléctrica I
- 4 la densidad de carga ρ
- 5 la densidad de corriente \vec{J}
- 6 la densidad de cuadricorriente J^μ
- 7 el tensor de campo electromagnetico $F^{\mu\nu}$

La corriente Noether de EDC que corresponde a su simetría gauge es la densidad de cuadricorriente J^μ . La carga eléctrica total Q es la carga Noether correspondiente.

Considera el Lagrange $\Lambda = -\frac{\epsilon_0 c^2}{2} \partial_\mu A_\nu \partial^\mu A^\nu - J_\mu A^\mu$.
 Considera también la identidad $\frac{1}{2} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu \partial^\mu A^\nu - (\partial_\mu A^\mu)^2 - \partial_\mu (A^\nu \partial_\nu A^\mu - A^\mu \partial_\nu A^\nu)$

- 1 La acción correspondiente describe la misma física que EDC. El factor 2 esta bien.
- 2 La acción correspondiente puede describir la misma física que EDC en el gauge de Lorenz, ya que entonces los Lagrange difieren en una divergencia completa
- 3 La acción correspondiente no puede describir la misma física que EDC ni siquiera en el gauge de Lorenz, ya que los Lagrange son muy distintos. Las divergencias importan.
- 4 Esta identidad es rara, seguramente falso
- 5 La acción correspondiente no puede describir la misma física que EDC aunque difieran en una divergencia completa, ya que en general no se puede imponer el gauge de Lorenz.

2: se puede imponer el gauge de Lorenz, y entonces recuperamos casi el Lagrange de EDC, solo difiere por una divergencia completa. En la acción una divergencia completa de Lagrange no influye, por teorema de Gauss.

A que puede corresponder el tensor de energía-momento $\Theta^{\mu\nu} = u * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

- 1 campo magnético en \vec{z}
- 2 campo magnético en $\vec{x} + \vec{y}$
- 3 campo eléctrico en \vec{z}
- 4 campo eléctrico en $\vec{x} + \vec{y}$
- 5 onda plana propagando en \vec{z} con polarización en $\vec{x} + \vec{y}$
- 6 onda plana propagando en \vec{z} con polarización en circular

Las ondas EM tienen densidad de momento lineal, con lo cual la parte vector polar no puede ser (0,0,0).

Un campo, sea eléctrico o magnético, en la dirección z tiene la parte de Tensor Maxwell diagonal [+1,+1,-1] ya que $\epsilon_0 E_x \circ E_x = \epsilon_0 E_y \circ E_y = 0$, $\epsilon_0 E_z \circ E_z = 2u$ y tenemos el $-T^{(M)}$.

Un campo, sea eléctrico o magnético, en la dirección diagonal (x,y) puede ser $E = E_0(x+y)/\sqrt{2}$ (o lo parecido con B), con que $\epsilon_0 E_x \circ E_x = \epsilon_0 E_y \circ E_y = \epsilon_0 E_x \circ E_y = \epsilon_0 E_y \circ E_x = u$, $\epsilon_0 E_z \circ E_z = 0$ y justo obtenemos el tensor indicado. Las respuestas correctas son 2 y 4.

Anotar que $\Theta^{\mu}_{\mu} = 0$, para obtener la traza 0, hay que bajar un index, que significa cambiar el signo de la parte $T^{(M)}$

Que campo magnético (en unidades de Tesla) mantiene un haz de electrones de 100 GeV en un túnel de radio de 1 km?

$$r[m]=E[GeV]/(0.3*B[T]) \text{ con } r=1000, E=100, \text{ nos da } B=1/3 \text{ T}=0.33$$

Observamos un haz de cargas en movimiento linear con velocidad constante, un poco borroso. Que es lo mas probable/razonable?

- 1 hay campo magnético homogéneo
- 2 hay campo magnético intenso con gradiente de valor
- 3 es una zona sin campos
- 4 hay campo eléctrico homogéneo
- 5 hay campo eléctrico y magnético cruzado

Aunque has respuestas que podrían ser ciertas bajo unas circunstancias particulares, solo hay dos que son razonables/probables: (2) arrastre por el gradiente de campo magnético y (5) arrastre por el campo cruzado. En ambos casos las cargas hacen un movimiento rectilinear de velocidad constante con rizado, donde el rizado es el movimiento ciclotrón. Si el campo magnético es fuerte, el circulo de ciclotrón puede ser pequeño. Este rizado daría lugar a que el haz sea borroso....

(1): cargas con velocidad exactamente paralelas al campo magnético homogéneo mueven en línea recta, pero eso es un caso muy particular. Aunque si la inclinación entre haz y campo es modesta, los radios de ciclotrón quedan pequeñas, y podemos verlo como rizado.

(3): si no hay campos, las cargas mueven en manera inercial, pero de nuevo, eso es poco probable.

(4): un haz puede ser paralelo al campo eléctrico, pero eso acelera las cargas, de nuevo, no es muy razonable. Aunque, si las cargas ya tienen velocidades relativistas ($\sim c$), entonces esa velocidad casi no cambia mientras sube mucho la energía por el efecto del campo eléctrico.

Que tipos de movimiento hace un electrón desprendido de su alambre neutro con corriente.

- 1 se aleja radialmente acelerado por un campo E' en su sistema propio
- 2 movimiento ciclotrón deformado, alrededor del campo B del alambre
- 3 movimiento de arrastre contra corriente
- 4 movimiento de drift circular alrededor del alambre por las líneas B
- 5 no mueve

2-3-4:

-hay movimiento ciclotrón en un plano [radial-axial] alrededor de las líneas de campo B azimutales. Ya que el campo B decae con la distancia radial ($\sim 1/r$) la trayectoria ciclotrón no son círculos perfectos, están más curvadas cerca del alambre.

-hay movimiento de arrastre paralelo al alambre (axial), y con velocidad contra corriente en caso de cargas negativas, que se puede entender a base de la deformación de las orbitas ciclotrón, o como $B \times \text{grad}B$: hay gradiente de módulo de B ($\sim 1/r$) y gradiente de curvatura B , ambos radiales, mientras que el B es azimutal, así que el arrastre es axial.

-hay movimiento de drift a lo largo de las líneas B , que se envuelven alrededor del alambre (azimutal). El movimiento completo es la superposición de estos tres.

La idea de una aceleración radial en el sistema propia de la carga debido a un campo E' y con $u'=0$, suena bien en el momento inicial cuando su velocidad es paralelo al alambre, pero esa enseguida cambia de dirección y ya el boost original no es útil. Cuando la velocidad esta inclinada con respecto al alambre, un boost al sistema propio crea campos E' y B' con ángulos peculiares.

Una carga puede emitir radiación electromagnética en la dirección de su aceleración en caso de

- 1 movimiento colinear u || a ultrarrelativistico
- 2 movimiento circular ultrarrelativistico
- 3 movimiento lento oscilatorio linear
- 4 nunca

Las cargas nunca emiten radiación ($dP/d\Omega$) en la dirección de su aceleración. Sí emiten mucha radiación en su dirección de movimiento (velocidad) en el caso de radiación sincrotrón (mov. circular), y muy cerca a su velocidad en el caso colinear/paralelo.

Un electrón entra al campo eléctrico de un condensador. La potencia radiada es mayor cuando un

- 1 electrón de 1 eV mueve paralelo al campo
- 2 electrón de 1 eV mueve perpendicular al campo
- 3 electrón de 1 MeV mueve paralelo al campo
- 4 electrón de 1 MeV mueve perpendicular al campo
- 5 protón de 1 MeV mueve paralelo al campo
- 6 protón de 1 MeV mueve perpendicular al campo

#4: La radiación emitida es inversamente proporcional a la masa cuadrada. Por la misma fuerza, la radiación debido a movimiento circular (aceleración perpendicular) es γ^2 veces mayor que en movimiento paralelo/collinear, y por estos motivos, la radiación será más grande entre las 6 posibilidades para electrones de 1 MeV que entran perpendicular a campo eléctrico. Los electrones de 1 eV y protones de 1 MeV tienen velocidades clásicas $\ll c$. En concreto, las cargas mueven en forma rectilinear en la dirección del campo eléctrico en los casos paralelos, pero en los casos perpendiculares su velocidad empieza a inclinar hacia la aceleración durante el movimiento. La pregunta se centra en momento cuando aún son perpendiculares.

Cuanta energía [MeV] radia un electrón por orbita en un sincrotrón de 10 GeV? ($\rho \sim 100m$, $B \sim 0.3T$)



¡A votar!
38%
de los participantes ya han contestado

Utilizando $\delta\epsilon = 8.85/100 * e^4 [GeV]/\rho [m] \rightarrow 8.85 \text{ MeV} \ll 10 \text{ GeV}$

un electrón esta en orbita de $a \sim 0.139 \text{ nm}$ con frecuencia alrededor de $1.7 * 10^{17} \text{ Hz}$. Se puede tratar su radiación como:

- 1 dipolar eléctrico
- 2 dipolar magnético
- 3 cuadrupolar eléctrico
- 4 dipolar y cuadrupolar eléctrico juntos
- 5 no se puede usar la aprox. multipolar

Los valores indicados aquí corresponden aproximadamente a un electrón en órbita $6s^1$ de Pt, y la velocidad en el círculo es aproximadamente $c/2$. Obviamente, la órbita $6s^1$ de Pt es estable según mecánica cuántica y no radia, pero si tuviéramos una carga clásica orbitando así, su radiación electromagnética no se podría tratar en la aproximación multipolar, sino habría que usar el tratamiento 'sincrotrón'.

Cuestionario I

En el gauge de Coulomb $\nabla \cdot \vec{A} = 0$, la fuente del vector potencial es la corriente transversal \vec{J}_t , siendo $\vec{J} = \vec{J}_t + \vec{J}_l$, $\nabla \cdot \vec{J}_t = 0$ y $\nabla \times \vec{J}_l = 0$. ¿Cómo se expresa \vec{J}_t en términos de \vec{A} ?

- a. $\mu_0 \vec{J}_t = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} - \nabla^2 \vec{A}$
- b. $\mu_0 \vec{J}_t = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} - \nabla^2 \vec{A}$
- c. $\mu_0 \vec{J}_t = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} + \nabla^2 \vec{A}$
- d. $\mu_0 \vec{J}_t = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} + \nabla^2 \vec{A}$

Calcula la función o parámetro gauge Ψ que transforma unos potenciales A y Φ al gauge de Coulomb:

- a. $\Psi(t, \vec{r}) = \frac{1}{4\pi} \int \frac{\nabla \cdot \vec{A}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3 r' + \Psi_0$
- b. $\Psi(t, \vec{r}) = \frac{1}{4\pi} \int \frac{\nabla \cdot \vec{A}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3 r' + \Psi_0$
- c. $\Psi(t, \vec{r}) = \frac{1}{4\pi} \int \frac{(\nabla \cdot \vec{A} - \partial_t \Phi)}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3 r' + \Psi_0$
- d. $\Psi(t, \vec{r}) = -\frac{1}{4\pi} \int \frac{(\nabla \cdot \vec{A} - \partial_t \Phi)}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3 r' + \Psi_0$

¿Qué es el gauge residual?

- a. El conjunto de transformaciones de gauge que se pueden aplicar a unos potenciales A, Φ de tal forma que la fijación gauge se mantiene validado
- b. Es el resultado de integrar por medio del método de los residuos un parámetro gauge Ψ
- c. Es el gauge resultante de aplicar un Lorentz Boost
- d. Un tipo de fijación (condición) de gauge

Si existieran cargas magnéticas (el famoso monopolo magnético), habría que introducir su densidad de carga y corriente, y modificar las ecuaciones de Maxwell:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho_e}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\nabla \times \vec{B} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J}_e \quad (2)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = \mu_0 \rho_m \quad (3)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} - \mu_0 \vec{J}_m \quad (4)$$

- a. $\partial_0 \rho_m - \partial_\mu J_m^\mu = 0$
- b. $\frac{1}{\epsilon_0} \frac{\partial \rho_e}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{J}_e = 0$
- c. $\frac{\partial \rho_m}{\partial t} - \vec{\nabla} \cdot \vec{J}_m = 0$
- d. $\frac{\partial \rho_m}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{J}_m = 0$

Calcula el gauge residual del gauge de Coulomb:

- a. $\nabla \cdot \vec{A} = 0$
- b. $\nabla^2 \Psi = 0$
- c. $\partial^\mu \Psi = 0$
- d. $-\nabla^2 \Psi = \nabla \cdot \vec{A}$

empareja las expresiones según sus simetrías espacial, temporal (T) y conjugación de carga (C)

$\vec{J} \times \vec{B}$

\vec{E} campo eléctrico

$\vec{S} \times \vec{J}$

\vec{J} densidad de corriente

\vec{S} vector Poynting

$\vec{J} \cdot \vec{B}$

\vec{B} campo magnético

u densidad de energía

Elegir...	⌵
Elegir...	
vector axial, T-impar, C-impar	
vector polar, T-par, C-par	
escalar, T-par, C-par	
vector axial, T-par, C-impar	
pseudo-escalar, T-par, C-par	
vector polar, T-impar, C-par	
vector polar, T-par, C-impar	
vector polar, T-impar, C-impar	
Elegir...	⌵
Elegir...	⌵

¿Cuántas componentes independientes tiene un tensor 4D antisimétrico de rango 3 A_{ijk} ? (i,j,k = 0,1,2,3)

- a. 4 componentes independientes: $A_{012}, A_{123}, A_{013}, A_{023}$
- b. 16 componentes independientes: A_{ijj} con $i, j = 0, 1, 2, 3$
- c. Tiene la mitad de componentes independientes que el numero de permutaciones posibles de ijk , con $i, j, k = 0, 1, 2, 3$
- d. 4 componentes independientes: $A_{000}, A_{111}, A_{222}, A_{333}$

Cuestionario II

En el sistema S observamos una partícula con velocidad $\vec{v} = +\frac{c}{2}\vec{x}$. Apareja la velocidad $\vec{v}_{S'}$ del sistema S' relativa al S y el valor de la velocidad v' de la partícula observada en S'.

$\vec{v}_{S'} = +c\vec{x}$ Elegir... ▾
 $\vec{v}_{S'} = +\frac{c}{2}\vec{y}$ Elegir...
 $\vec{v}_{S'} = +\frac{c}{2}\vec{x}$ 0
 $\vec{v}_{S'} = -\frac{c}{2}\vec{x}$ 0.8*c
c
0.66*c

Un positrón de 1.022 MeV de energía cinética se choca con un electrón en reposo y se aniquilan a dos fotones γ . Qué energía (en unidades MeV) tiene el γ emitido en el sentido opuesto al movimiento del positrón?

- a. 0.6
- b. 1.022
- c. 1.533
- d. 0.511
- e. 0.211
- f. 0.3
- g. 1.744

Calcula la rapidez de un electrón de 1 GeV

- a. 8.3
- b. $2.9979 * 10^8$ m/s
- c. 0.9999998694465415
- d. 2000
- e. 1957

Vamos a usar un fenómeno periódico para medir el tiempo: un rayo de luz se refleja entre dos espejos (sin pérdida). Los espejos son paralelos, con una separación L_0 . Un periodo es lo que tarda la señal en ir de un espejo a otro y volver al primero. Relacionar entonces los tiempos medidos por este reloj de luz en el sistema en reposo, en otro sistema en el que el reloj se mueve a velocidad \vec{v} (llamamos t al tiempo en el sistema en reposo y τ al tiempo propio).

Datos: $L_0 = 1.2m$, $v = 0.85 \cdot c$, \vec{v} es perpendicular a la separación entre los espejos (es decir, paralela a ellos).

- a. $t = 15.187ns$ y $\tau = 8ns$
- b. $t = 4ns$ y $\tau = 7.593ns$
- c. $t = 7.59ns$ y $\tau = 4ns$
- d. $t = 8ns$ y $\tau = 12.187ns$

Vamos a usar un fenómeno periódico para medir el tiempo: un rayo de luz se refleja entre dos espejos (sin pérdida). Los espejos son paralelos, con una separación L_0 . Un periodo es lo que tarda la señal en ir de un espejo a otro y volver al primero. Relacionar entonces los tiempos medidos por este reloj de luz en el sistema en reposo, en otro sistema en el que el reloj se mueve a velocidad \vec{v} (llamamos t al tiempo en el sistema en reposo y τ al tiempo propio).

Datos: $L_0 = 1.2m$, $v = 0.85 \cdot c$, \vec{v} es paralela a la separación entre los espejos (es decir, perpendicular a ellos).

- a. $t = 7.59ns$ y $\tau = 4ns$
- b. $t = 8ns$ y $\tau = 12.187ns$
- c. $t = 4ns$ y $\tau = 7.593ns$
- d. $t = 15.187ns$ y $\tau = 8ns$

Hoy en día disponemos de tecnología con cohetes térmicos caracterizados por la velocidad relativa eyectada al cohete de $w \sim 10^{-5}c$. Par poder plantear un viaje tripulado a la estrella mas cercana, Próxima Centauri de 4 años luz, se necesita motores de cohete:

- a. térmicos, pero de mayor capacidad y eficiencia de combustible
- b. fotónicos, con $w = c$
- c. iónicos, con $w \sim 10^{-5}c$
- d. no es posible, ningún ser humano puede ir ahí y volver en su vida

Un viaje tripulado a Próxima Centauri debe tener aceleración constante g , acelerando medio camino, 2.15 años luz, y decelerando el resto, otros 2.15 años luz. Cuantos años envejecen los astronautas?

- a. 2.08
- b. 1.92
- c. 3.84
- d. 4.16

La estrella mas cercana, el Próxima Centauri, se encuentra a 4.3 años de luz, en un viaje hipotético con velocidad $c/2$, deprecando aceleraciones y deceleraciones, cuantos años envejecen los astronautas, en ida-y-vuelta total?

- a. 7.44
- b. 14.9
- c. 8.6
- d. 17.2
- e. 19.84

Cuestionario III

Dos rayos de luz se propagan en direcciones ortogonales, con frecuencias 1 GHz y 2 GHz. Calcula la rapidez del boost para que sus frecuencias parezcan igualados.

Respuesta:

Considera una transformación inhomogénea $x' = f(x)$. Es tensor el gradiente de un vector A:

$$\frac{\partial A_\mu}{\partial x_\nu} ?$$

- a. Sí, siempre
- b. No, solo si el determinante es 1
- c. No, solo para transformaciones homogéneas, como rotación, o Lorentz.
- d. Sí, para transformaciones lineares.

La contracción $A^{\mu\nu} B_\nu$ es tensor si $A^{\mu\alpha}$ es tensor de rango 2 y B_β es vector?

- a. No, ya que no es un escalar
- b. Sí, es un tensor de rango 3
- c. No, pierde su naturaleza por la contracción
- d. Sí, es un vector
- e. Sí, es un tensor de rango 2

la definición $\delta^{\mu\nu} = 1$ es correcto/covariante.

- Verdadero
- Falso

El tensor completamente antisimétrico de Levi-Civita $\epsilon^{\mu\nu\pi\sigma}$ es cuadritensor

- Verdadero
- Falso

Calcula la rapidez de un electrón que ha sido acelerado por 1 megavolt mil veces en manera aditiva.

Respuesta:

Considere un haz recto e infinito de electrones con energías de 1 GeV. Este haz lleva corriente eléctrica, con lo cual crea campo magnético. ¿Existe algún sistema de referencia inercial en que solo hay campo magnético en algún punto del espacio-tiempo?

- Verdadero
- Falso

En una zona del espacio hay campo eléctrico $E=200$ MV/m y magnético $B=1$ T ambos homogéneos y constantes, perpendiculares. Calcula el valor del campo magnético B' un observador que solo percibe campo magnético.

Respuesta:

Elegir... ▾

En una zona del espacio hay campo eléctrico $E=1$ kV/m y magnético $B=1$ T ambos homogéneos y constantes, perpendiculares. Calcula la velocidad del observador que solo percibe campo magnético B' .

Respuesta:

Elegir... ▾

Considera un dipolo magnético elemental en movimiento rectilíneo uniforme. ¿Existe algún sistema de referencia inercial en que solo hay campo eléctrico en algún punto del espacio-tiempo?

- Verdadero
- Falso