



CENTRO DE FÍSICA
Universidad Central del Ecuador

Praxis



**Revista del
Centro de Física-UCE**

Número 1

Quito - Ecuador 2023



SECCIÓN 1

ACTUALIDAD



PRESENTACIÓN

El Centro de Física de la Universidad Central del Ecuador participa activamente en los objetivos, metas y propósitos planteados regularmente por la institución.

De conformidad con lo que consta en el Estatuto vigente de la Universidad Central del Ecuador respecto de los Centros de Ciencias Básicas, el Art. 128 señala:

“Son unidades de apoyo especializadas que reúnen expertos de alta calificación académica y científica, personal técnico y recursos tecnológicos e instrumentales. Constituyen el soporte de los programas de grado y de las maestrías de investigación y doctorados en ciencias en las cinco áreas del conocimiento definidas en este Estatuto. Dependen administrativamente del Vicerrectorado de Investigación, Doctorados e Innovación.”

Dentro de los objetivos estratégicos del Centro de Física, se mencionan los siguientes:

1. Incentivar la generación de investigación: A través de desarrollar proyectos de investigación en las diferentes ramas de la física con el sustento de los docentes, y desarrollar prototipos de laboratorio para la demostración de los fenómenos físicos con el apoyo de grupo de asistentes e instructores.
2. Mejorar el acompañamiento académico a docentes y estudiantes: Se logra este objetivo mediante la evaluación continua a los instructores o asistentes por parte del docente y los estudiantes.
3. Capacitar a docentes internos y externos a la institución en campos relacionados a las ciencias exactas: A través de la formación de investigadores en las diferentes áreas de la física y el apoyo en prácticas preprofesionales a estudiantes de las facultades de la UCE, de esta forma se contribuye a la formación de estudiantes y profesionales de calidad y excelencia.

FUNCIONES

El Centro de Física bajo la acertada dirección del Ph.D. Raúl Eduardo Puebla Puebla brinda constante acompañamiento a siete facultades de la Universidad, lo cual representa un flujo de aproximadamente 2500 estudiantes por semana de las distintas asignaturas relacionadas a la Física que, de no ser por la denodada labor de la planta de asistentes de laboratorio, asistentes de tecnologías de la información, analistas, personal de apoyo y servicios generales no se podría brindar un servicio académico-investigativo de calidad.

Adicionalmente, se mantienen varios proyectos alineados a la innovación y de conformidad a los tiempos actuales, uno de ellos es el relacionado a la virtualización de la Física Experimental (FISLAB), proyecto que tiene como objetivo realizar las prácticas de laboratorio en medios digitales de la manera más apegada a la realidad. Otros proyectos que tienen sus orígenes en el Centro de Física son: el equipamiento de un laboratorio de robótica con fines académicos educativos y la implementación de prototipos educativos para la enseñanza de la ciencia.

El Centro de Física fiel a su labor investigativa busca corregir y mejorar sus guías experimentales, es por este motivo actualmente se desarrollan las correcciones de la primera edición del Libro del Estudiante basado en la elaboración del Libro del Docente que constará de tres volúmenes.

FOTO DEL PERSONAL DOCENTE Y ADMINISTRATIVO



LOGROS

Al Centro de Física le complace compartir con la comunidad los logros académicos alcanzados por nuestros compañeros:

Elsa Arequipa - Magíster en Métodos Matemáticos y Simulación Numérica en Ingeniería.

Jorge Calderón - Magíster en Recursos Hídricos con Mención en Gestión e Ingeniería de Agua Potable y Saneamiento.

Jorge Poma - Magíster en Seguridad Industrial y Medio Ambiente.

Daniela Tupiza - Magíster en Dirección e Ingeniería de Software.

Wladimir Vilca - Magíster en Sistemas de Información, mención en Data Science.

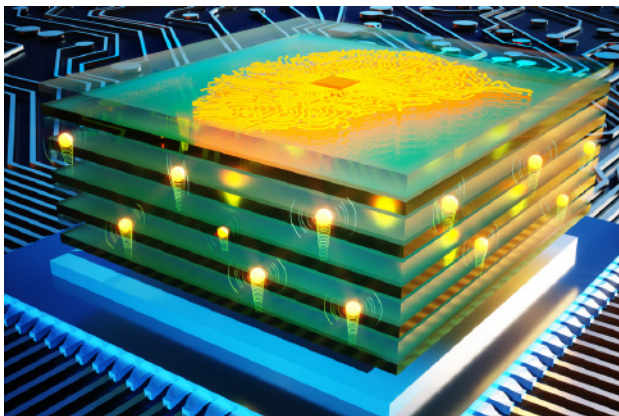
Quienes vienen desempeñando una excelente labor en sus funciones de acompañamiento docente y en tecnologías de la información. Cabe mencionar que varios de nuestros analistas y asistentes actualmente están realizando sus estudios de posgrado tanto a nivel nacional como internacional.



SECCIÓN 2
**VENTANA AL UNIVERSO
DE LA FÍSICA**

EL NUEVO HARDWARE DESARROLLADO POR EL MIT OFRECE UNA INTELIGENCIA ARTIFICIAL QUE ES AL MENOS 1 MILLÓN DE VECES MÁS RÁPIDO QUE EL CEREBRO HUMANO ¹.

Los ingenieros que trabajan en el “aprendizaje profundo analógico” han encontrado una forma de impulsar protones a través de sólidos a velocidades sin precedentes.



La imagen muestra el funcionamiento de un procesador de aprendizaje profundo analógico alimentado por protones ultrarrápidos. Créditos: Ella Maru Studio, Murat Onen.

A medida que los científicos amplían los límites del aprendizaje, el tiempo, energía y recursos necesarios para desarrollar y entrenar los modelos de redes neuronales incrementan. A raíz de esto, una nueva área en la inteligencia artificial llamada aprendizaje profundo analógico promete desarrollar mayor número de cálculos utilizando una fracción de energía.

Es importante conocer que los bloques de construcción en el aprendizaje profundo analógico fueron diseñados con matrices de resistencias programables en capas complejas y transistores como ejes centrales de los procesadores digitales; todo esto con el fin de crear una “red de neuronas” que han podido generar una sinapsis artificial analógica que ha podido ejecutar cálculos complejos como una red neuronal digital, pudiendo entrenarse para lograr áreas complejas de IA como reconocimiento de imágenes y reconocimiento de lenguaje natural.

El equipo de investigación del MIT superó los límites de velocidad de versiones anteriores utilizando material inorgánico que ha permitido tener velocidades de funcionamiento que superan 1 millón de veces a sus versiones anteriores, que, de igual manera, ha superado inclusive 1 millón de veces a la sinapsis del cerebro humano.

El material inorgánico también lo vuelve extremadamente eficiente, desde un punto de vista energético, e inclusive, es compatible con las técnicas de fabricación de silicio, pudiendo fabricar dispositivos a escala nanométrica y pudiendo posteriormente despejar el camino la integración de hardware comercial en aplicaciones de deep-learning.

Jesús A. del Alamo, Profesor Donner en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación (EECS) del MIT nos dice que “Con esa información clave y las poderosas técnicas de nano fabricación que tenemos en MIT.nano, hemos podido juntar estas piezas y demostrar que estos dispositivos son intrínsecamente rápidos y funcionan con voltajes razonables... este trabajo realmente ha colocado a estos dispositivos en un punto prometedor para futuras aplicaciones “

Bilge Yildiz, profesora Breene M. Kerr en el departamento de Ciencia e Ingeniería Nuclear y Ciencia e Ingeniería de Materiales comenta que el “mecanismo de trabajo del dispositivo es la inserción electroquímica del ion más pequeño, el protón, en un óxido aislante para modular su conductividad electrónica. Debido a que estamos trabajando con dispositivos muy delgados, podríamos acelerar el movimiento de este ion mediante el uso de un fuerte campo eléctrico y llevar estos dispositivos iónicos al régimen de operación de nanosegundos”

¹ MSc. Jorge Chimarro.

JuLi, profesor de ciencia e ingeniería nuclear de Battelle Energy Alliance. profesor de ciencia e ingeniería de materiales y otro de los autores principales nos explica que “El potencial de acción en las células biológicas sube y baja con una escala de tiempo de milisegundos, ya que la diferencia de voltaje de aproximadamente 0,1 voltios está limitada por la estabilidad del agua... aquí aplicamos hasta 10 voltios a través de una película de vidrio sólido especial de espesor a nanoescala que conduce protones, sin dañarlo permanentemente. Y cuanto más fuerte es el campo, más rápidos son los dispositivos iónicos “

El autor principal y posdoctorado del MIT, Murat Onen. agrega que “Una vez que tenga un procesador analógico, ya no estará entrenando las redes en las que todos los demás están trabajando, sino que estará entrenando redes con complejidades sin precedentes que nadie más puede permitirse y, por lo tanto, las superará ampliamente a todas. En otras palabras, este no es un automóvil más rápido, es una nave espacial”

Acelerar el aprendizaje profundo

El aprendizaje profundo analógico es más rápido y eficiente energéticamente que su contraparte digital por dos razones principales. Primero, el cálculo se realiza en la memoria, por lo que no se transfieren enormes cargas de datos de la memoria al procesador. Los procesadores analógicos también realizan operaciones en paralelo. Si el tamaño de la matriz se expande, un procesador analógico no necesita más tiempo para completar nuevas operaciones porque todos los cálculos ocurren simultáneamente.

La clave en la nueva tecnología de procesador analógico del MIT es su resistencia programable protónica. Estas resistencias nanométricas, están dispuestas en matrices

como un tablero de ajedrez, y al igual que el cerebro humano, el aprendizaje ocurre por el fortalecimiento y debilitamiento de las conexiones entre sus neuronas, conocido como sinapsis. Las redes neuronales han adoptado esta estrategia durante mucho tiempo, entrenando los pesos de las redes mediante logaritmos, ahora, para el caso de este nuevo procesador, el aumentar y disminuir la conductancia eléctrica de las resistencias protónicas permite el aprendizaje automático analógico.

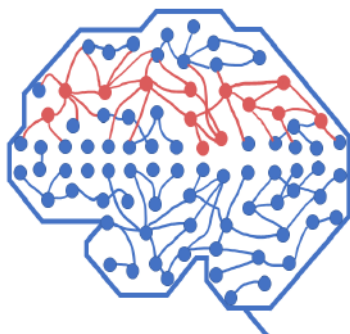
Esta conductancia está controlada por el movimiento de los protones, el aumento de protones en un canal de la resistencia aumenta la conductancia, y, para disminuirla es necesario extraer protones, la inyección y extracción de protones se logra mediante el uso de un electrolito (similar a una batería) la cual conduce protones mientras bloquea los electrones.

Una resistencia programable de ese estilo fue posible mediante el uso de vidrio fosfosilicato inorgánico (PSG), que es básicamente dióxido de silicio, el cual es un conductor de protones en condiciones de humedad. Onen planteó la hipótesis: un PSG optimizado puede tener una alta conductividad de protones a temperatura ambiente sin la necesidad de un medio húmedo, estaba en lo correcto, el PSG resultó ser el electrolito sólido ideal para esta aplicación.

Velocidad sorprendente

Para Onen, el PSG permite el movimiento ultrarrápido de protones porque contiene una multitud de poros de tamaño nanométrico cuyas superficies proporcionan caminos para la difusión de protones. Aplicar más voltaje al dispositivo permite que los protones se muevan a velocidades deslumbrantes, pero en cambio, los protones terminaron viajando a velocidades inmensas a través de la pila de dispositivos, específicamente un millón

de veces más rápido en comparación con lo que teníamos antes. Y este movimiento no daña nada, gracias al pequeño tamaño y poca masa de los protones.



Ejemplo de sinapsis en una red neuronal. Créditos: Jorge Chamarro A.

Onen respecto a la velocidad nos comenta que “La velocidad ciertamente fue sorprendente. Normalmente, no aplicaríamos campos tan extremos en los dispositivos para no convertirlos en cenizas. Pero en cambio, los protones terminaron viajando a velocidades inmensas a través de la pila de dispositivos, específicamente un millón de veces más rápido en comparación con lo que teníamos antes. Y este movimiento no daña nada, gracias al pequeño tamaño y poca masa de los protones. Es casi como teletransportarse”.

De igual manera para Li nos explica que “La escala de tiempo de nanosegundos significa que estamos cerca del régimen de tunelización balística o incluso cuántica para el protón, bajo un campo tan extremo”.

Gracias a que los protones no provocan daños en el material, la resistencia puede funcionar durante millones de ciclos sin romperse, al igual que debido a las propiedades aislantes del PSG, la cantidad de corriente que pasa a través del material cuando los protones se mueven es casi nula.

Una vez demostrado la efectividad de estos resistores programables, los investigadores planean rediseñarlos para la fabricación de alto volumen, dice del Alamo. Luego,

pueden estudiar las propiedades de las matrices de resistencias y escalarlas para que puedan integrarse en los sistemas; al mismo tiempo, planean estudiar los materiales para eliminar los cuellos de botella que limitan el voltaje que se requiere para transferir eficientemente los protones a través y desde el electrolito.

Resultados prometedores

Para Elizabeth Dickey, profesora distinguida de Teddy & Wilton Hawkins y jefa del Departamento de Materiales. Ciencias e Ingeniería de la Universidad Carnegie Mellon, que no participó en esta investigación, sin embargo, enaltece este trabajo: “demuestra un avance significativo en los dispositivos de memoria resistiva de inspiración biológica. Estos dispositivos protónicos de estado sólido se basan en un exquisito control de protones a escala atómica, similar a las sinapsis biológicas, pero a velocidades mucho más rápidas”, además, felicitó al equipo interdisciplinario del MIT por este emocionante desarrollo, que permitirá dispositivos computacionales de generación futura.

De igual manera para William Chueh, profesor asociado de ciencia e ingeniería de materiales en la Universidad de Stanford, quien no participó en esta investigación dice que “Las reacciones de intercalación como las que se encuentran en las baterías de iones de litio se han explorado ampliamente para los dispositivos de memoria. Este trabajo demuestra que los dispositivos de memoria basados en protones ofrecen una velocidad de conmutación y una resistencia impresionantes y sorprendentes”, además “Sienta las bases para una nueva clase de dispositivos de memoria para impulsar algoritmos de aprendizaje profundo”

Fuente:

Zewe A., (2022, Julio), New hardware offers faster computation for artificial intelligence, with much less energy, MIT News, <https://news.mit.edu/2022/analog-deep-learning-ai-computing-0728>



SECCIÓN 3

ENSEÑANDO FÍSICA

MEJORAR LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA: NO ES UNA CIENCIA EXACTA ¡ES MÁS DIFÍCIL!²

Bajo el concepto de pedagogías basadas en la investigación, los físicos pueden participar en asociación con escuelas, programas extraescolares, eventos internacionales y otras actividades diseñadas para mejorar la alfabetización científica.

Muchos científicos no están familiarizados con las mejores prácticas para la enseñanza y el aprendizaje en preescolares, escuelas primarias y secundarias, clubes extracurriculares y museos, pero por fortuna hay disponibles recursos gratuitos de alta calidad que resumen la extensa investigación sobre el aprendizaje en diversos entornos.

Trabajar con estudiantes de pregrado y posgrado es más fácil porque los estudiantes mayores ya tienen fundamentos matemáticos y científicos mientras que en estudiantes más jóvenes se puede ampliar la perspectiva científica. Según Jerome Bruner: para los estudiantes más jóvenes, participar activamente en actividades y demostraciones científicas será más efectivo que recibir explicaciones verbales o matemáticas, lo que puede funcionar para estudiantes mayores.



Fernanda Urrutia del Observatorio Gemini en Chile trabaja con niños en un experimento con filtros de colores. La actividad fue desarrollada por la Universidad de California, Berkeley Lawrence Hall of Science a través de su programa "Great Explorations in Math and Science". (Imagen cortesía del Observatorio Internacional Gemini/NOIRLab/NSF/AURA/M. Paredes)

Robert Karplus postuló un ciclo donde aprendizaje se producía en tres fases: exploración, invención y descubrimiento, que podían repetirse varias veces. Su principal legado es el énfasis en las experiencias prácticas sobre el aprendizaje centrado en los libros de texto.

Los maestros de escuela primaria generalmente se enfocan en impartir habilidades básicas fundamentales en lectura, escritura y matemáticas. Aunque entienden los mejores enfoques de enseñanza, incluidos los derivados de Bruner y Karplus, aplicar sus habilidades para enseñar ciencias es difícil debido a la presión de concentrarse en otras áreas temáticas.

Muchos maestros de escuela primaria también carecen de confianza en su conocimiento de temas científicos y en cómo integrar efectivamente la ciencia y sus materias principales. De hecho, la mayoría de los profesores de ciencias de nivel elemental y secundario han manifestado por décadas que tienen una formación educativa inadecuada para enseñar eficazmente las ciencias físicas.

Los científicos conocen la ciencia y los maestros saben cómo aprenden los niños. Ambos pueden beneficiarse de una comprensión más profunda de cómo los estudiantes más jóvenes aprenden ciencias.

Una forma de satisfacer las necesidades de los docentes es convertir a los científicos en 'embajadores de la ciencia', quienes sirven como enlace entre las comunidades científica y educativa ayudando a los maestros a encontrar materiales y equipos educativos conectando así, con una universidad o comunidad de investigación. Un embajador debe entender cómo funciona el sistema de educación formal: cómo se

forman los educadores, qué demandas enfrentan y cómo aprenden los estudiantes los conceptos de ciencia en cada nivel de edad.

Las clases tradicionales enfatizan la calistenia de preparación científica (aprender vocabulario científico, memorizar el método científico y leer o hablar sobre principios o leyes científicas o sobre científicos) dando como resultado unas clases de ciencias aburridas y pedantes, una combinación perjudicial.

Educación de libre elección

Se puede reforzar el conocimiento, luego de la asistencia a la escuela en entornos informales y de libre elección como: clubes extracurriculares, museos de historia natural y ciencia, planetarios, bibliotecas, centros prácticos de ciencia-tecnología y centros de visitantes en instalaciones de investigación, también en ferias callejeras, eventos comunitarios, campamentos de verano, cafés científicos, festivales científicos, charlas en restaurantes y pubs, o en cualquier otro lugar que reúna a un público potencialmente interesado en la ciencia con charlas cortas e informales, donde se dedique tiempo significativo para la discusión, el debate y las preguntas de gran alcance que mejoren el interés, la participación y la satisfacción de la audiencia generando una fuerte base de investigación detrás de la pedagogía.

Existen experiencias que generaron el interés de los científicos cuando eran niños, como mirar a través de un caleidoscopio, ver la Luna ampliada, observar con una cámara IR, jugar con un pozo de gravedad o ver la levitación magnética de un superconductor, por otro lado, los estudiantes superdotados suelen ser los más frustrados por no tener la oportunidad de participar en el cuestionamiento y la exploración de las ciencias.

Enfoques creativos para llegar o servir a nuevas comunidades se han implementado con éxito en todo el mundo, combinando el diseño y el pensamiento visual, estos programas se denominan STEM (Ciencia, tecnología, ingeniería y matemática) los cuales buscan inspirar a los niños con intereses artísticos y habilidades de pensamiento visual para dedicarse a la ciencia o carreras relacionadas con la ciencia y la tecnología.

Programas internacionales y globales.

En el ámbito profesional se generan programas que tienen relación con onomásticos, aniversarios, etc; por ejemplo, el Año Internacional de la Astronomía 2009 (IYA2009), aniversario de Galileo Galilei utilizando su telescopio astronómico, el Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz 2015 (AIJ2015), el centenario de la Unión Astronómica Internacional (IAU100), que tuvo lugar en 2019, el Año Internacional del Sonido 2020–2021.

Para tener éxito educativo, un programa de un año internacional necesita un fuerte liderazgo y planificación ya que requieren de tres a cinco años de planificación anticipada. Cada proyecto del programa será más exitoso si tiene una meta audaz y enfocada con un equipo diverso de científicos y educadores para planificarlo e implementarlo.

Para poner más ejemplos, en el evento IAU100 dirigido por Ewine van Dishoeck de la Universidad de Leiden, los científicos se asociaron con profesores para crear muchos proyectos educativos en todo el mundo. En el evento: "De la Tierra al Universo" se crearon exhibiciones de imágenes astronómicas de varios telescopios que fueron traducidas a 40 idiomas y utilizadas en 70 países y mil lugares, incluidos parques, bibliotecas, estaciones de metro y aeropuertos dando

un total de 10 millones de visualizaciones. En el Programa de Formación de Profesores de Galileo, que se inició con la ayuda de voluntarios en 75 países, se creó la mayor red internacional de talleres de formación de profesores de astronomía. En conclusión, los científicos aportan un gran valor a este tipo de proyectos debido a su disposición a compartir su intensa pasión por la ciencia.



Actividad de 2019 en el centro comercial Prince Kuhio Plaza en Hilo, Hawái, un miembro del personal del Observatorio Gemini investiga filtros de colores con un estudiante. (Imagen cortesía del Observatorio Internacional Gemini/NOIRLab/NSF/AURA/J. Pollard).

Híbrido: Científico-educador

Bajo el concepto híbrido de científico-educador, cada año más científicos eligen perseguir e integrar ambos roles en sus carreras, disfrutando ayudar, diseñar o implementar nuevos programas como parte de equipos de educación y participación comunitaria con el apoyo de su universidad, laboratorio de investigación, centro médico o empresa. Por ejemplo, en 1992, Craig Blurton del Aula del Futuro de la NASA en Virginia Occidental dirigió y supervisó muchos proyectos de software educativo de vanguardia en los campos de la astronomía, la ciencia planetaria, la biología y la ciencia ambiental. Además, convocó y organizó a científicos de todo el país que compartían la pasión por la investigación y la educación para que trabajaran con sus investigadores educativos y desarrolladores multimedia. Juntos crearon simulaciones realistas e inmersivas que permitieron a los estudiantes hacer ciencia como parte de equipos que exploran problemas científicos de vanguardia.

Los científicos en los equipos de desarrollo educativo cumplen un papel único al modelar materiales y proyectos educativos bajo el proceso de investigación científica. Entre los resultados se encuentran los programas informáticos Astronomy Village: Investigating the Universe, dirigido a estudiantes de secundaria y respaldado por la NASA, y Astronomy Village: Investigating the Solar System, dirigido a estudiantes de secundaria y respaldado por NSF. Los paquetes educativos ganaron muchos premios, incluido el de Mejor software de microcomputadora del año de la revista Technology and Learning.



Programa que utiliza una pedagogía basada en la investigación fusionada con el proceso de investigación típico (Imagen cortesía de NSF/Classroom of the Future, Wheeling Jesuit University).

Estos programas capturan la esencia de la colaboración, la investigación científica y buscan sumergir a los estudiantes en auténticos innovadores, temas de vanguardia, como planetas extrasolares, objetos que cruzan la Tierra, la búsqueda de vida en nuestro sistema solar y la búsqueda de supernovas.

Tomando una perspectiva a largo plazo

La fragmentación de las ciudades de EE. UU. en múltiples distritos escolares, escuelas públicas y privadas prácticamente garantiza desigualdades en los recursos, la enseñanza y el aprendizaje lo cual varía la educación científica en todos los niveles.

Las organizaciones de investigación que desean ayudar a mejorar la educación a menudo terminan colaborando con sus escuelas suburbanas y locales privilegiadas



en lugar de seleccionar las escuelas más necesitadas que se beneficiarían más de una asociación científica educativa.

Los maestros carecen de acceso a materiales de instrucción de alta calidad y capacitación sobre cómo usarlos. Los laboratorios para el aprendizaje activo y las actividades basadas en computadoras a menudo se deterioran y generalmente los programas exitosos de desarrollo profesional para profesores de ciencias se desvanecen con el tiempo debido a la falta de financiación.

Las guías para maestros de astronomía probadas a nivel nacional se basan en métodos de enseñanza basados en investigaciones, fáciles de usar incluso para maestros con antecedentes limitados en matemáticas o ciencias.

Muchos equipos híbridos de científicos y educadores han desarrollado materiales

didácticos de alta calidad que capturan la esencia de la exploración científica. Los sistemas de educación científica formales e informales necesitan compromisos a más largo plazo por parte de los científicos y sus organizaciones.

Muchos científicos quieren ayudar a mejorar el ecosistema de educación científica y mucho tiene que ver con capacitar a maestros cada año sobre temáticas, lo cual es muy difícil. Para entrar en un grupo que busca mejorar la educación primero se necesita dominar los conocimientos y tener amplia experiencia para mejorar de manera efectiva la educación científica a nivel local, regional, nacional o internacional.

FUENTE: Pompea S. & Russo P., "Improving science education: It's not rocket science-it's harder!", Physics Today, 9 pág.



SECCIÓN 4

Artículo Científico

SOBRE LA VIRTUALIZACIÓN 3D DEL EXPERIMENTO DE MILLIKAN

Daniel Ronquillo¹

Resumen

El experimento de Robert Millikan fue realizado en 1909 con el objetivo de medir la carga del electrón. Un experimento de gran importancia en los campos de la electricidad y magnetismo que puede ser realizado por estudiantes de física y química al rededor del mundo. Aunque existen recreaciones simples de este experimento en dos dimensiones, una recreación en tres dimensiones que pueda ser utilizada para obtener mediciones cercanas a la realidad no es algo de fácil acceso. Este artículo describe el proceso de desarrollo de dicha recreación, por medio de ingeniería inversa del experimento original utilizando el motor de videojuegos "Unity"; así como utilizado el equipo de laboratorio, la guía del estudiante, y de manuales de usuario del equipo de laboratorio². Al comparar los datos obtenidos de la recreación virtual con los datos del experimento real, se observó que la precisión del experimento virtual dio un error del 7%. Por tanto, el experimento virtual puede ser utilizado, sin pérdida de la experiencia presencial, en lugar del experimento real cuando esta no sea posible.

Palabras clave:

Millikan – Electrón – Virtualización – Experimento

¹Centro de Física, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

Correo electrónico – autor principal: dironquillo@uce.edu.ec

Contenido

Introducción	14
1. Método	15
1.2 Experimento real	15
1.2 Experimento virtual	15
2. Resultados y discusión	16
2.1 Experimento real	16
2.2 Experimento Virtual	17
3. Conclusiones	18
Agradecimientos	18
Bibliografía	18

Introducción

La enseñanza de la física es una tarea compleja, ya sea por la dificultad de la temática, o por la dificultad del desarrollo de experimentos claves para su correcto aprendizaje.

Gracias a la facilidad de uso de los motores de videojuegos el desarrollo de recreaciones virtuales de experimentos ha

venido en aumento, lo que ha facilitado el aprendizaje y enseñanza, ya que permite que experimentos de alta complejidad y/o costos elevados, puedan ser realizados por cualquier persona con acceso a una computadora o dispositivo inteligente. Sin embargo, la mayoría de los simuladores virtuales por lo general son simples virtualizaciones en 2 dimensiones con interactividad limitada, enfocados en temáticas de física básica, sea cinemática o dinámica. Debido a su complejidad, virtualizaciones son más escasos. (Universidad de Colorado s.f.)

A continuación, se describe el proceso del experimento real, como la física fue transformada a un programa de computadora y finalmente una comparación entre los datos reales y virtuales.

²Desarrollado por la compañía alemana "Phywe"

1. Método

1.2 Experimento real

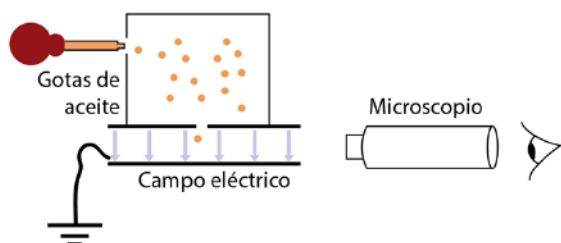


Figura 1. Ilustración del experimento de Millikan

Por medio de un microscopio, Millikan observó gotas de aceite flotando dentro de un campo eléctrico y midió el tiempo transcurrido en moverse a través de una rejilla, de tal forma pudo determinar que las fuerzas que actúan sobre las gotas de aceite son:

- Fuerza de fricción
- Fuerza gravitacional
- Fuerza de flotabilidad
- Y, fuerza de campo eléctrico

Al sumar todas las fuerzas que actúan sobre las gotas de aceite, se obtiene la velocidad de caída v_1 , y velocidad de ascenso v_2 , donde opera el radio de cada gota r , la viscosidad del aire η , la carga Q , el campo eléctrico E , la gravedad g , y las densidades del aceite y aire, ρ_1 y ρ_2 respectivamente.

$$v_1 = \frac{1}{6 * \pi * r * \eta} * \left(Q * E + \frac{4}{3} * \pi * r^3 * g * (\rho_1 - \rho_2) \right) \quad (1)$$

$$v_2 = \frac{1}{6 * \pi * r * \eta} * \left(Q * E - \frac{4}{3} * \pi * r^3 * g * (\rho_1 - \rho_2) \right) \quad (2)$$

(Phywe 2017)

La velocidad de una gota, sin importar si es en caída o ascenso, se puede calcular obteniendo el cociente de la longitud de la rejilla observada por el microscopio s , y tiempo de movimiento t , por medio de la ecuación:

$$v = \frac{s}{t} \quad (3)$$

(Phywe 2017)

Al sumar las ecuaciones (1) y (2) se obtiene el radio.

$$r = C_2 * \sqrt{v_1 - v_2} \quad (4)$$

(Phywe 2017)

Donde $C_2 = 6.37 \times 10^{-5} (\text{m} * \text{s})^{-1/2}$

Utilizando las ecuaciones se obtiene la carga de una gota de aceite Q . Al realizar el procedimiento con una gran cantidad de gotas se observa que la carga es un múltiplo de un valor constante, dado por la ecuación:

$$Q = n * e \quad (5)$$

(Phywe 2017)

Donde “e” es el valor constate de la carga del electrón $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ y n es el número de electrones de la gota de aceite.

1.2 Experimento virtual

El objetivo del experimento es calcular los valores de velocidad de caída v_1 y velocidad de ascenso v_2 , por medio de los cuales se calculan los valores de radio r , carga Q y finalmente el valor de carga del electrón e .

Recordemos que el objetivo de este artículo es indicar el proceso de desarrollo de la virtualización, eso indica cómo se recreó el comportamiento de los elementos reales en el ambiente virtual, más no como fue el desarrollo de los elementos tales como los modelos 3D o la interfaz de usuario. También es necesario aclarar que, el propósito del simulador es funcionar como complemento del experimento real, por ello, y a diferencia de varios laboratorios virtuales existentes, no puede ser una calculadora, el usuario deberá interactuar con los elementos virtuales de manera similar de que lo haría en un laboratorio, incluyendo la tarea de conseguir los datos.

Unity permite crear objetos especiales llamados prefabs, lo que permite almacenar

componentes y propiedades en un elemento del entorno. Un prefab actúa como una plantilla a partir de la cual se pueden crear nuevas instancias del objeto en dicho entorno. (Unity 2022)

Cada gota de aceite es un prefab que tiene código de programación incrustado permitiéndole emular el comportamiento de una gota real.

Existen cuatro incógnitas dentro del experimento, el número de electrones n , el radio de la gota, r , y sus velocidades; esos valores son calculados utilizando los valores de tiempo medidos, así como los valores ya conocidos como la distancia de rejillas s , el voltaje del sistema U , la densidad del aceite ρ_1 , entre otros. Sin embargo, dentro del simulador estos valores no son incógnitas, ya que se tiene control de todas las variables.

Al momento que el prefab de una gota de aceite es creado, a este es asignado un valor de radio y número de electrones aleatorio entre un rango definido, de esta forma cada gota es única, dotando al usuario una herramienta que permita la obtención de datos acordes a una práctica real. Utilizando el valor de carga y radio se aplican las ecuaciones (5), (1) y (2) de tal manera que se obtienen las velocidades.

Con estos datos, además de los valores de la distancia de la rejilla y voltaje del sistema, cada gota "sabe" en qué dirección tiene que moverse y a qué velocidad debe de hacerlo, de tal forma que replica el comportamiento real.

2. Resultados y discusión

Los diferentes datos a ser validados fueron obtenidos de la realización de 20 experimentaciones tanto en la práctica real como en el simulador. De estos valores obtenidos se procedió a obtener la media aritmética de la carga del electrón para ambos casos y compararlos con el valor teórico.

2.1 Experimento real

El experimento se realizó bajo las siguientes condiciones:

$$\eta = 1.82 \times 10^{-5} \text{ kg(ms)}^{-1}$$

$$d = 2.5 \text{ mm}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_2 = 1.293 \text{ kgm}^{-3}$$

$$U = 300 \text{ V}$$

$$s = 1 \text{ mm}$$

$$\rho_1 = 1.03 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$$

Se obtuvieron los siguientes resultados parciales:

Tabla 1. Resultados reales

v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	r (m)	Q (C)
4.64×10^{-4}	3.30×10^{-4}	7.37×10^{-7}	8.54×10^{-19}
3.81×10^{-4}	3.18×10^{-4}	5.08×10^{-7}	5.19×10^{-19}
4.60×10^{-4}	2.51×10^{-4}	9.22×10^{-7}	9.57×10^{-19}
3.61×10^{-4}	2.02×10^{-4}	8.02×10^{-7}	6.59×10^{-19}
3.87×10^{-4}	3.26×10^{-4}	4.99×10^{-7}	5.19×10^{-19}

Los valores de velocidad v_1 y v_2 se obtuvieron aplicando la ecuación (3), luego se obtuvo el radio r con la ecuación (4) y el valor de la carga se obtiene despejando Q de la ecuación (1) o (2). Finalmente, se grafica los valores de carga en función de radio como se observa en la Figura 2.

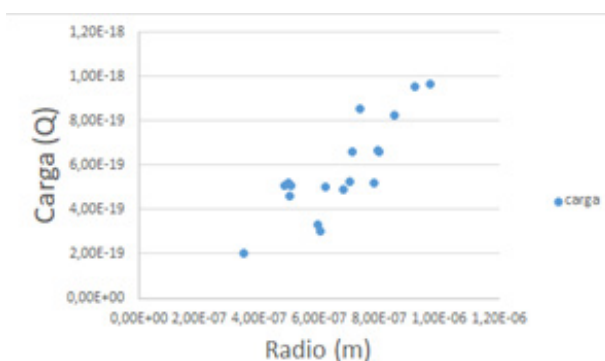


Figura 2. Carga en función de radio, con datos reales

Se puede observar que los valores de carga se "agrupan" a ciertos niveles, se obtiene un valor promedio de cada "nivel" y luego se determina la diferencia entre ellos. Esta diferencia corresponde a la carga elemental e . Al promediar los valores de las diferencias se obtuvo el valor experimental

$e=1.603 \times 10^{-19}$ C, lo que es un error del 5% al valor teórico. Es por medio de esta forma que se obtiene la ecuación (5).

Se obtuvo un valor promedio de carga experimental simulada $e=1.79 \times 10^{-19}$ C, lo que en el caso del simulador indica un error del 7% al valor teórico.

2.2 Experimento virtual

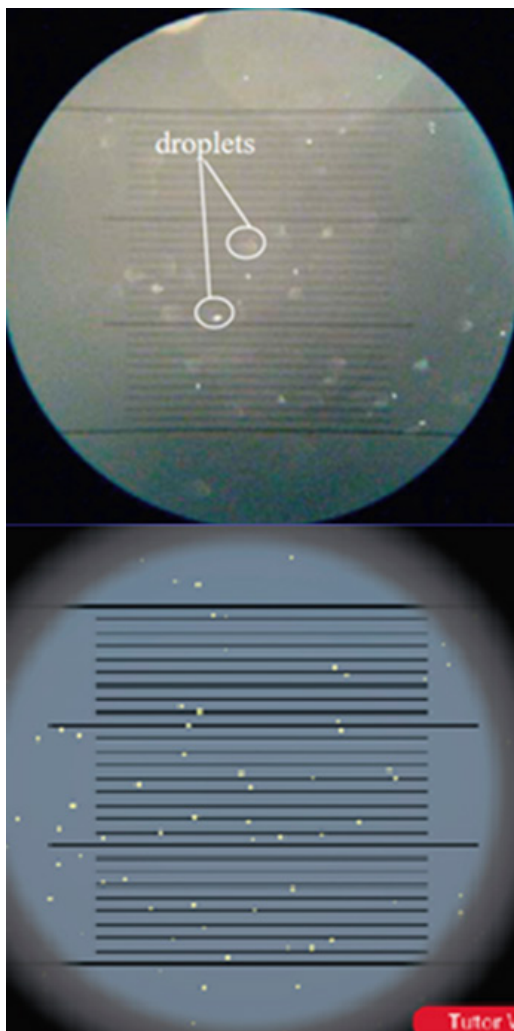


Figura 3. Gotas de aceite bajo el microscopio, real y virtual

Durante el experimento virtual, desarrollado bajo las mismas condiciones y siguiendo el mismo procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 2. Resultados virtuales

v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	r (m)	Q (C)
3.48×10^{-4}	1.63×10^{-4}	8.68×10^{-7}	3.46×10^{-19}
3.48×10^{-4}	1.95×10^{-4}	7.90×10^{-7}	3.15×10^{-19}
2.82×10^{-4}	1.22×10^{-4}	8.04×10^{-7}	2.59×10^{-19}
4.17×10^{-4}	2.06×10^{-4}	9.24×10^{-7}	4.40×10^{-19}
3.61×10^{-4}	2.90×10^{-4}	5.37×10^{-7}	2.22×10^{-19}



Figura 4: Interfaz del simulador

Dentro del simulador el usuario puede observar las gotas de aceite interactuando con el botón "Presionar", puede invertir la polaridad con los botones en la sección "Polaridad" y cambiar el voltaje del sistema moviendo el Slider y observando el valor del "Voltímetro", finalmente por medio de los cronómetros puede medir el tiempo en el que las gotas se mueven por la rejilla.

3. Conclusiones

Por medio del método de desarrollo se consiguió el objetivo, ya que al aplicar las fórmulas descritas en el experimento original se recreó el fenómeno, por ello puede ser aplicado a otros simuladores de fenómenos físicos para poder recrear experimentos de forma más realista, en lugar de crear apenas una calculadora. Como se puede observar en los resultados expuestos el simulador recrea el experimento correctamente ya que el margen de error de los datos obtenidos menor que 10%, y debido a que el simulador requiere que el usuario obtenga datos de forma similar al experimento real puede ser utilizado como una alternativa.

El elevado costo del equipo experimental necesario para la ejecución del experimento puede constituir un obstáculo para su realización. El equipo necesario tiene un costo aproximado de \$3500, un valor que no estaría al alcance de todas las instituciones educativas. El simulador propuesto puede ser alojado en un servidor con un costo que no sería mayor a \$200 mensuales y podría alojar aún más simuladores, además de que puede ser realizado desde un dispositivo inteligente o computadora. Esto permitiría aumentar la disponibilidad de ejecución del experimento, así como cualquier otro que requiera equipo costoso, de tal manera que puede ser desarrollado por instituciones/usuarios independientemente de su situación económica, y obtener una experiencia muy cercada a la del laboratorio hasta desde sus hogares.

Agradecimientos

El autor desea agradecer al equipo del proyecto de virtualización del Centro de Física de la Universidad Central del Ecuador, ya que por a su trabajo y apoyo fue posible desarrollar el simulador y este artículo.

Bibliografía

Phywe. "Elementary charge and Millikan experiment, Students Sheet." 2017.

Serway, Raymond, and John Jewett. Physics for Scientists and Engineers (6th ed.). Boston, Estados Unidos: Brooks/Cole, 2004.

Unity. Prefabs: Unity Documentation. Agosto 26, 2022. <https://docs.unity3d.com/Manual/Prefabs.html> (accessed Agosto 31, 2022).

Universidad de Colorado. Simulations: PhET. n.d. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/>



CENTRO DE FÍSICA
Universidad Central del Ecuador

Praxis