LA INCORPORACIÓN DE LA COMPUTADORA PERSONAL EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA UNIVERSITARIA BÁSICA

¿CUÁNTO MÁS NOS PERMITE AVANZAR EN EL ESTUDIO DE UN TEMA DE ELECTROSTÁTICA?

Nieves N. Baade, Fabiana Prodanoff, Clelia Bordogna

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
IMApEC, Grupo de Investigación en Metogologías Alternativas para la Enseñanza de las Ciencias
nbaade@volta.ing.unlp.edu.ar

La introducción de la computadora personal (PC) en nuestras aulas ha permitido abordar en profundidad y extensión situaciones problemáticas tradicionalmente relegadas en los cursos básicos. El tratamiento analítico y gráfico de las expresiones matemáticas que modelizan dichas situaciones demandan, en la mayoría de los casos, un tiempo excesivo para su resolución enmascarando los conceptos físicos involucrados. Para sortear está dificultad se propone incorporar la PC a las prácticas de resolución de problemas, lo cual permite trabajar con programas de cálculo simbólico y simulación herramientas éstas que, rápidamente, realizan los cálculos y gráficos permitiendo así disponer del tiempo necesario para el análisis físico integral del problema.

En particular el objetivo de esta presentación es mostrar una experiencia áulica donde se utiliza la PC como un instrumento para la resolución de los problemas llamados "de lápiz y papel" tendientes a generar el concepto de Teoría del Campo Electrostático. En particular, el tema seleccionado es la asociación de estados de equilibrio estable e inestable con curvas de energía potencial.

Este trabajo forma parte de las estrategias desarrolladas para investigar el impacto que puede causar la incorporación de la informática en la enseñanza de la física en los cursos básicos universitarios.

Los programas de computación utilizados fueron: Mathematica, Interactive Physics y Campos, este último desarrollado por nuestro grupo de investigación.

INTRODUCCIÓN

«La llamada revolución informática ha producido un impacto apreciable en distintos ambientes, en particular, el quehacer docente se ha visto favorecido por el abaratamiento y accesibilidad de los recursos didácticos casi inimaginable unos pocos años atrás» (Liwin, 1995).

A pesar de ello en el medio universitario básico de nuestro país el uso generalizado no ha sido aún aceptado en forma masiva dado que, aún desde la Psicología Cognitiva y las Ciencias de la Educación, no se ha demostrado que la informática por sí misma favorezca los procesos de enseñanza. Se suma a esto la realidad de nuestros planteles docentes, donde los profesores en su gran mayoría no manejan con fluidez estos medios razón por lo cual, quizás por temor, presentan un cierto rechazo para su implementación en el aula.

Sin embargo una gran cantidad de experiencias incorporando la informática en el aula, han aparecido en los últimos años en la bibliografía del tema (Grayson, 1996; Hennessy, 1995; Beichner, 1995), de forma tal que se demuestra que el docente actual reflexiona sobre la necesidad de su protagonismo en el cambio de paradigma educacional que se está gestando en la sociedad, condicionado por los desarrollos tecnológicos y el mercado laboral. Es decir, que a pesar de sus temores, intentan impulsar el cambio que quizás permita romper la barrera que actualmente pareciera existir entre profesores y alumnos. No hay que olvidar que nuestra juventud vive en un mundo de imágenes y que para ellos la informática es ya algo cotidiano y absolutamente normal.

La naturaleza particular y compleja de los acontecimientos involucrados en los procesos de enseñanza-aprendizaje hacen de la investigación educativa una ciencia que se podría llamar "preparadigmática". Sin embargo esta naturaleza de la Ciencia de la Educación hace que las decisiones de las personas puedan influir en gran medida en el proceso educativo (Novak, 1988).

En este contexto, la realidad de nuestras aulas marca las pautas a seguir en las tomas de decisión a la hora de diseñar las distintas experiencias, y la evaluación de las mismas va conformando un cuerpo de conocimiento para realimentar el proceso de diseño e implementación de nuevas experiencias en el marco de una investigación educativa.

En este trabajo, desde un enfoque constructivista (Porlan, 1993), tratamos de integrar habilidades desarrolladas en los cursos de Matemática con conceptos físicos que se presentan en distintas etapas de la instrucción bajo aspectos aparentemente distintos. Las teorías del aprendizaje nos muestran que cuando un concepto es relevante, persistente y transparente, se puede retomar en forma de espiral y profundizar a medida que se avanza en la adquisición de conocimientos, sin perder de vista el aprendizaje significativo que, de este tema, debe alcanzar el alumno en cada etapa.

Es bien conocido que la utilización de la computadora en el aula permite abordar actividades en extensión y profundidad, con temas de complejo tratamiento formal, que facilitan el abordaje de los objetivos planteados. También se reconoce que introduce a los alumnos en el manejo de un elemento de trabajo cada vez más frecuente en su profesión (Hennessy, 1995).

El desafío al que nos enfrentamos los docentes de las materias básicas universitarias es el de no caer en la utilización de esta poderosa herramienta, como algo complementario que facilita los cálculos, sino el de convertirla en un instrumento realmente importante en el proceso de enseñanza aprendizaje, que facilite al alumno la incorporación de conceptos que le permitan ir construyendo su conocimiento. Tampoco se debe olvidar que la computadora es un elemento insuperable a la hora de familiarizar a los alumnos con representaciones tridimensionales que, hoy día, pocos poseen.

En cuanto al tema seleccionado consideramos que es de gran importancia analizar la respuesta de los sistemas físicos de la naturaleza cuando se los aparta de su estado de equilibrio estable. El abordaje de problemas en que el sistema responde con un movimiento oscilatorio, no se trata en general en las aulas del ciclo básico, excepto en el caso del movimiento armónico simple y sus variantes. Sin embargo la asociación de estados de equilibrio con el comportamiento de la función energía potencial del sistema, va capacitando a los alumnos para interpretar la misma y extraer información de ella. Las gráficas de energía potencial nos permiten ir desde la predicción del tipo de movimiento que realizará la partícula (estudiada desde un marco clásico), hasta calcular la probabilidad de encontrar la partícula en determinada región del espacio (estudiada desde el marco teórico de la mecánica cuántica).

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Con *U(r)* se denomina a la energía potencial de la partícula asociada al trabajo de la fuerza conservativa aplicada, y ésta es sólo función de la posición de la partícula. Si ***F*** es una fuerza conservativa, la variación de energía potencial se define por la expresión:

$$\Delta U(r) = U_f - U_i = -\int_i^f \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l}$$

Esta variación de energía de posición es la que tiene sentido físico, ya que surge del trabajo realizado por una fuerza conservativa. Este trabajo es independiente de la trayectoria elegida para ir de un estado inicial a un estado final y, por consiguiente, la función energía potencial es sólo función de las coordenadas de la partícula. A las funciones con esta característica se las conoce matemáticamente como función potencial y físicamente como función de estado.

Los gráficos que representan a esta función más las condiciones iniciales permiten describir el movimiento de una partícula, sin necesidad de resolver la ecuación de movimiento.

El análisis del movimiento se puede encarar desde el punto de vista dinámico (resolviendo la ecuación de movimiento), o del energético siempre que las únicas fuerzas que realicen trabajo sean conservativas. Se asegura así la conservación de la energía mecánica, $E_m=K+U=cte$ o $DK+DU=0$, donde ***K*** es la energía cinética de la partícula. Si se lo hace energéticamente basta analizar si existen incrementos positivos o negativos de energía potencial para discernir el tipo de aceleración que posee la partícula. Al hacerlo dinámicamente necesitamos conocer la relación existente entre fuerza y energía potencial. La componente de la fuerza sobre la partícula está dada por

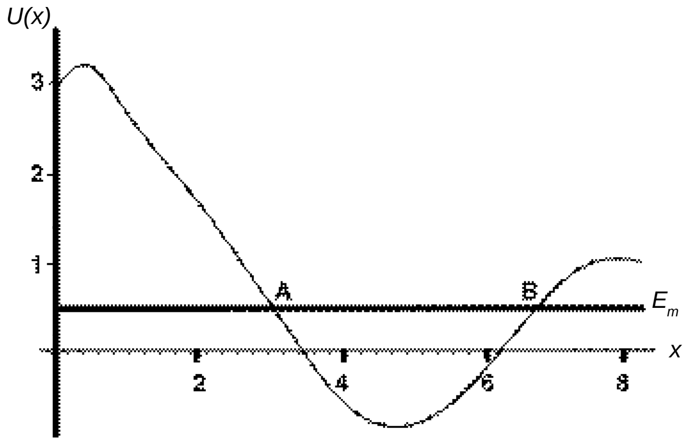
$$\boldsymbol{F} = -\frac{\partial U}{\partial x}\hat{\boldsymbol{i}} - \frac{\partial U}{\partial y}\hat{\boldsymbol{j}} = -\boldsymbol{\nabla} U$$

donde *¶U / ¶x* y *¶U / ¶y* son respectivamente las pendientes de la curva *U(r)* en las direcciones indicadas. Una pendiente es positiva siempre que la curva sea creciente en el punto considerado y negativa si es decreciente. Por tanto, la fuerza es negativa siempre que la energía potencial aumente, y es positiva siempre que la energía potencial disminuya.

En los puntos en que la energía potencial es mínima o máxima tenemos $dU/dr_i = 0$, por lo tanto $\boldsymbol{F} = \boldsymbol{0}$ y estos puntos representan posiciones de equilibrio. Las posiciones en las que *U(r)* es mínima son de equilibrio estable porque al desplazar la partícula ligeramente de su posición de equilibrio actúa sobre ella una fuerza que tiende a llevarla a esa posición. Donde *U(r)* es máxima, el equilibrio es inestable, ya que un pequeño desplazamiento de la posición de equilibrio hace que la partícula experimente una fuerza que tiende a alejarla de tal posición.

Para analizar el gráfico de *U(r)* en función de *r* se tiene en cuenta que como la energía cinética es esencialmente positiva, entonces la energía total es siempre mayor que la energía potencial, es decir que el movimiento tiene lugar solamente en las regiones del espacio en que la energía potencial es menor que la energía total (Landau).

Figura 1
Gráfico de Energía Potencial en función de la coordenada x.



Supongamos que el movimiento de la partícula está restringido a la dirección **x,** aceptamos por un momento que la función *U(x)*, representa la energía potencial asociada a la partícula (Fig. 1)

Los puntos en que *U(x)* es igual a la energía total son llamados "puntos de retorno", puesto que allí la velocidad es nula. Si la región del movimiento está limitada por dos de estos puntos (por ejemplo **A** y **B** en la Fig. 1), el movimiento resultante se denomina finito. La región **AB** forma un "pozo de potencial" dentro del cual la partícula efectuará un movimiento oscilatorio.

Extendamos estas consideraciones a una

partícula que pueda moverse en todo el espacio. La energía potencial asociada a la partícula es debida al campo conservativo que puede tener distintos orígenes. En este trabajo se estudia en particular el campo electrostático y la posible trayectoria de una carga de prueba bajo la acción del mismo.

Se pregunta si es posible encontrar en este campo puntos del espacio en que la carga de prueba pueda hallarse en equilibrio mecánico estable. Es decir, si existe un punto del espacio **P** tal que, colocada la carga de prueba en él, se cumpla:

a) que la fuerza resultante sobre la carga puntual sea cero.

b) que desplazando ligeramente la carga del punto P en cualquier dirección, ésta tienda a retornar a la posición de equilibrio.

Las condiciones antes mencionadas implican que la función energía potencial asociada a la partícula presenta un mínimo en el punto **P**. Es decir **P** es el fondo de un pozo de energía potencial y ante un ligero apartamiento desde P en todas las direcciones surgirá sobre la carga una fuerza restauradora que tiende a regresarla al punto **P**, originándose un movimiento oscilatorio alrededor de él.

El problema planteado, se encuentra ampliamente discutido en el libro de Feynman, quien concluye: **"no hay puntos de equilibrio estable en ningún campo electrostático excepto sobre otra carga"**, basándose en la propiedad del campo electrostático (ley de Gauss) que asegura que sus fuentes y sumideros son las mismas cargas eléctricas.

Es posible, sin embargo, encontrar zonas del espacio en donde, si la partícula se mueve en una dirección dada, la energía potencial asociada presenta un comportamiento como el que describimos que ocurre entre los puntos **A** y **B** de la figura 1. Estos son los casos propuestos en este trabajo.

INCORPORACIÓN DE LA COMPUTADORA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LÁPIZ Y PAPEL

En la cátedra de Física II, curso introductorio de Electricidad y Magnetismo, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Plata, se programó la resolución de dos situaciones problemáticas que involucran el movimiento de una partícula cargada en el campo generado por dos y cuatro cargas del mismo signo. En este trabajo analizamos uno de estos casos.

Al diseñar esta innovación áulica se tuvo en cuenta los resultados de experiencias anteriores (Baade, 1996; Bordogna, 1996) en las que se buscó encontrar respuestas a los siguientes interrogantes: si bien, la manipulación de variables y parámetros de los sistemas de estudio realizados con programas de computación permiten a los alumnos observar inmediatamente sus efectos y por ende desarrollar hipótesis explicativas de los fenómenos involucrados,

• ¿Permiten realmente detectar leyes físicas o principios subyacentes?

• ¿Permiten conceptualizar las magnitudes físicas presentes?

• ¿Permiten identificar los modelos teóricos utilizados?

Las respuestas halladas fueron que, por ahora, el docente juega un papel que es insustituible, y que debe acompañar al alumno en todo el proceso de búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas, que van desde la modelización del problema real, hasta la interpretación de resultados. El nuevo desafío para los docentes, es el de elaborar las estrategias que permitan este acompañamiento.

La metodología utilizada consistió en resolver las situaciones problemáticas en forma grupal con ayuda de la PC, guías tutoriales y apoyo docente.

En años anteriores en las guías de trabajo práctico de la cátedra aparecía la siguiente situación problemática:

Cuatro cargas iguales +Q están colocadas en las esquinas de un cuadrado de lado a.

a) ¿Cuál es el módulo, dirección y sentido del campo eléctrico en cada esquina?
b) ¿Cuál es el campo eléctrico en el centro del cuadrado? Si se coloca una carga negativa en ese punto, ¿su equilibrio es estable?

La única posibilidad de resolución era a través de un análisis dinámico basado en fuerzas coulombianas, es decir fuerzas a distancia. No pudiendo resolverse por la teoría de campo dado que se debería analizar una expresión funcional compleja para la energía potencial asociada a la carga dentro del campo electrostático. La introducción de la computadora sirvió para sortear está dificultad.

Esta implementación motivó tanto a docentes como a alumnos para elaborar nuevas propuestas que permitieron una mayor profundización y comprensión de los temas desarrollados.

Así se pudo avanzar en los siguientes tópicos, por primera vez en el curso:

a. El análisis de movimientos oscilatorios y periódicos de diversos sistemas físicos, habitualmente no encarados en los cursos introductorios dada la complejidad matemática involucrada.
b. El análisis de las gráficas de energía potencial en función de la posición. La asociación de mínimos y máximos de potencial con equilibrios estables e inestables respectivamente.
c. Una mayor conceptualización de la energía potencial.
d. Una rápida visualización de la fuerza en función de la posición.
e. El estudio de gráficos tridimensionales.

DESARROLLO DE UNA DE LAS EXPERIENCIAS

El problema anterior se replanteó de la siguiente manera: «Se propone el estudio del pozo de energía potencial asociado a una carga de prueba ***q***, libre de moverse en el campo electrostático creado por una distribución de cuatro cargas positivas de igual magnitud ***Q***, fijas en los vértices de un cuadrado de lado ***a***, y su correlación con el posible estado de equilibrio estable. Se discuten los casos con carga de prueba positiva y negativa».

A continuación se presentan las respuestas a algunas de las cuestiones que aparecen en la guía tutorial

a) Expresión del potencial escalar *V*, colocando su cero en el infinito, para un punto genérico ***x*** medido a partir del centro del cuadrado, a lo largo de una de las mediatrices de los lados del cuadrado de cargas.

$$V(x)=\frac{4kQ}{a}\left(\frac{1}{\left[1+\left(1-\frac{2x}{a}\right)^{2}\right]^{1/2}}+\frac{1}{\left[1+\left(1+\frac{2x}{a}\right)^{2}\right]^{1/2}}\right)$$

b) La energía potencial de la carga de prueba, es $U(\mathbf{x}) = q\ V(\mathbf{x})$ se obtiene la expresión para dicha energía potencial en los casos de carga de prueba positiva y negativa.
c) Con el programa comercial *Mathematica* se grafica la energía potencial cuyo análisis permite inferir el movimiento de una partícula cargada inmersa en ese campo electrostático.

Fig. 2

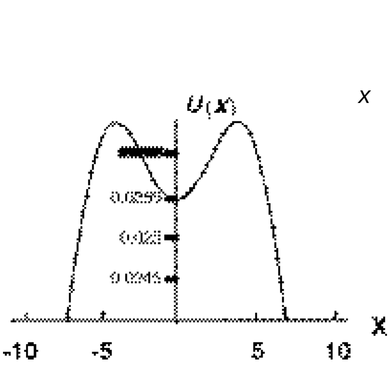


Fig. 3

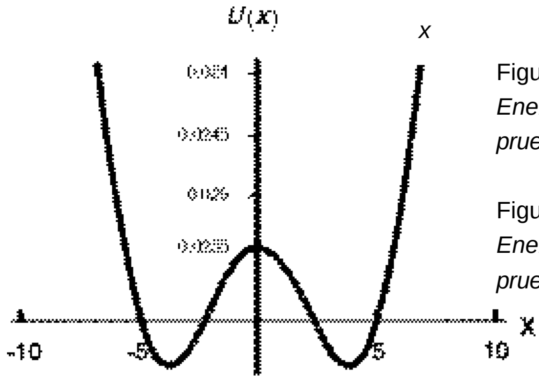


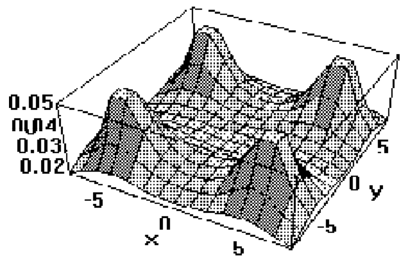
Figura 2
Energía potencial de la carga de prueba positiva

Figura 3
Energía potencial de la carga de prueba negativa

Del análisis de las figuras 2 y 3, el alumno puede concluir que existe un pozo de energía potencial asociado a la carga positiva localizado en el centro de la distribución de cargas, y de dos pozos de energía potencial asociado a la carga negativa y equidistantes del centro del cuadrado.

Para describir el movimiento de la partícula cargada positiva y negativamente inmersa en el mismo campo electrostático se realiza el análisis energético de las figuras 2 y 3, teniendo en cuenta que el campo es conservativo.

De la figura 2 surge que el centro del cuadrado de cargas es un punto de equilibrio estable si se lo aparta en la dirección de las mediatrices. Por el contrario si la carga de prueba fuera negativa (fig.3) este punto sería de equilibrio inestable cuando se lo aparta de la dirección antes mencionada. La figura 3 nos muestra que, para la partícula cargada negativamente, aparecen dos posiciones de equilibrio equidistantes del centro, ambas, puntos de equilibrio estable en las mismas direcciones de apartamiento.



d) Expresión del potencial escalar V, colocando el cero en el infinito, para un punto genérico $(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y})$ medido a partir del centro del cuadrado, en la dirección de una de las diagonales del cuadrado

$$V(x,y)=\frac{4kQ}{a}\left(\frac{1}{\left[\left(1-\frac{2y}{a}\right)^{2}+\left(1+\frac{2x}{a}\right)^{2}\right]^{1/2}}+\frac{1}{\left[\left(1+\frac{2y}{a}\right)^{2}+\left(1+\frac{2x}{a}\right)^{2}\right]^{1/2}}+\frac{1}{\left[\left(1+\frac{2y}{a}\right)^{2}+\left(1-\frac{2x}{a}\right)^{2}\right]^{1/2}}+\frac{1}{\left[\left(1-\frac{2y}{a}\right)^{2}+\left(1-\frac{2x}{a}\right)^{2}\right]^{1/2}}\right)=$$

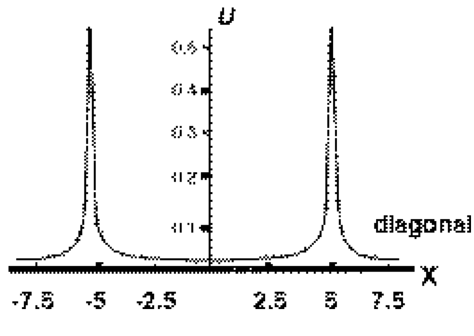
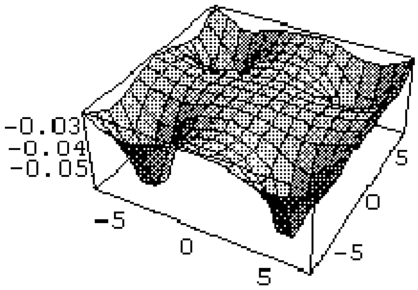


Figura 4
Energía potencial que experimenta una carga positiva

e) Cálculo de la energía potencial de la carga de prueba positiva y negativa.

f) Con el programa *Mathematica* se grafica la energía potencial.

Figura 5
Energía potencial que experimenta una carga negativa



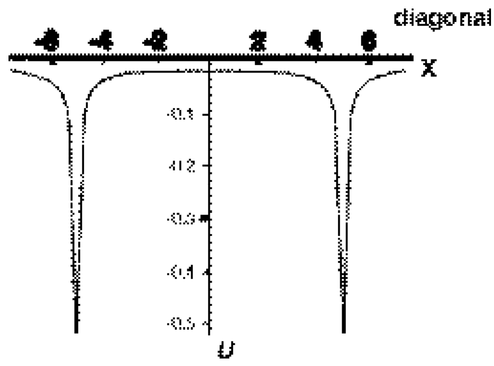
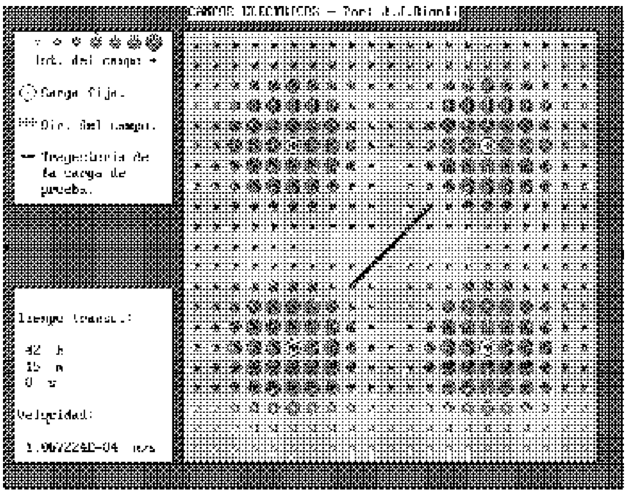


Figura 6
Simulación con el programa Campos con la carga de prueba desplazada sobre la diagonal.



En la figura 4 el alumno puede apreciar la presencia de un pozo de energía potencial asociado a la carga positiva y localizado en el centro de la distribución de carga. En las figura 5, por el contrario, se observan los pozos de energía potencial asociados a la carga negativa simétricamente ubicados respecto del centro de la configuración.

A partir de las gráficas de energía potencial versus posición, y sabiendo que se trata de un sistema conservativo, los alumnos pueden inferir los puntos de equilibrio en forma idéntica a la sección anterior.

g) Simulación de la situación con los programas *Interactive Physics y Campos* a fin de corroborar las conclusiones antes obtenidas[1].

La simulación permite la experimentación de cada alumno con toda las variaciones de parámetros deseadas.

h) Calculo y grafica de la fuerza como el gradiente de la energía potencial asociada a la carga de prueba q. En este trabajo se muestra solamente el cálculo realizado para la carga positiva con el potencial calculado sobre la diagonal.

1 El programa Campos, las guías tutoriales y las condiciones de construcción de las simulaciones y valores de parámetros utilizados en el desarrollo de este trabajo se encuentra a disposición del lector interesado.

$$F(x,y)=\frac{2kQq}{a}\left\{\frac{1-\frac{2x}{a}}{\frac{a}{2}\left[\left(1-\frac{2x}{a}\right)^2+\left(1-\frac{2y}{a}\right)^2\right]^{3/2}}+\frac{1+\frac{2x}{a}}{\frac{a}{2}\left[\left(1+\frac{2x}{a}\right)^2+\left(1-\frac{2y}{a}\right)^2\right]^{3/2}}+\right.$$

$$\left.+\frac{1-\frac{2x}{a}}{\frac{a}{2}\left[\left(1-\frac{2x}{a}\right)^2+\left(1+\frac{2y}{a}\right)^2\right]^{3/2}}+\frac{1-\frac{2x}{a}}{\frac{a}{2}\left[\left(1+\frac{2x}{a}\right)^2+\left(1+\frac{2y}{a}\right)^2\right]^{3/2}}\right\}=$$

Del análisis del gráfico de la figura 7 se puede concluir:

1) Las curvas con pendientes negativas nos indican la zona en que la fuerza es recuperadora dando lugar a un movimiento periódico y oscilatorio de la carga de prueba.

2) De todo el rango en que la curva presenta pendiente negativa, sólo la zona alrededor del origen es una función lineal lo que implica que la fuerza es proporcional al desplazamiento, verificándose así que es del tipo $\boldsymbol{F} = -\boldsymbol{kx}$, por lo que el movimiento resulta del tipo armónico simple.

3) Recordando que el trabajo de una fuerza está representado por el área bajo la curva "fuerza versus desplazamiento", se verifica el carácter conservativo de las interacciones electrostáticas.

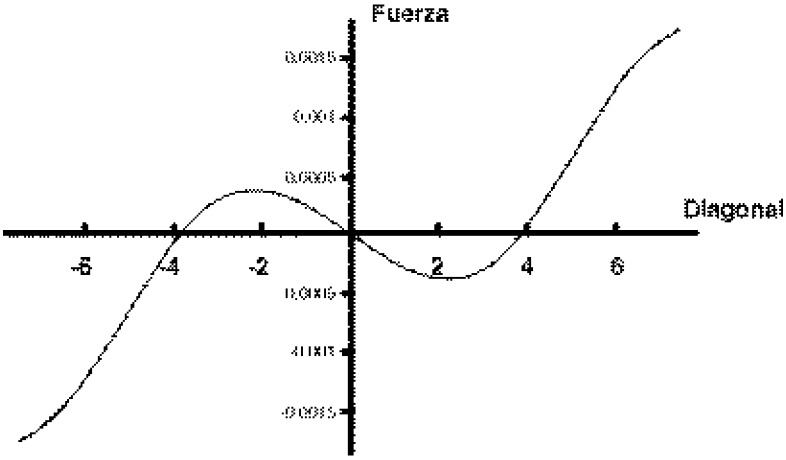


Figura 7
Fuerza sobre una carga positiva

i) Como última cuestión en la guía tutorial se plantea: ¿Es el centro del cuadrado de cargas un punto de equilibrio inestable para la carga negativa y un punto de equilibrio estable para la carga positiva?

Para responder a estas preguntas hay que tener presente que un punto de equilibrio estable es aquél donde, al apartarla de su posición de equilibrio en cada dirección posible, la partícula tiende siempre a regresar. Si se encuentra una dirección donde la partícula tienda a alejarse de la posición de equilibrio ese punto es de equilibrio inestable. Obviamente la respuesta a la primer pregunta es positiva. La respuesta a la segunda no es tan sencilla ya que deben estudiarse todas las direcciones p U (z)es del plano y perpendicularmente al mismo. Esto puede realizarse a través de simulaciones o analizando los gráficos del potencial con el programa Mathematica.

En el plano ***xy*** se comprueba con la simulación a través del programa *Campos* verificándose la estabilidad de la partícula. Para estudiar en la dirección perpendicular se trabaja analiticamente con el programa *Mathematica*.

La expresión para la energía potencial es:

$$V(\mathbf{z}) = \frac{4kQ}{\sqrt{\frac{a^2}{2} + z^2}}$$

y su gráfica es:

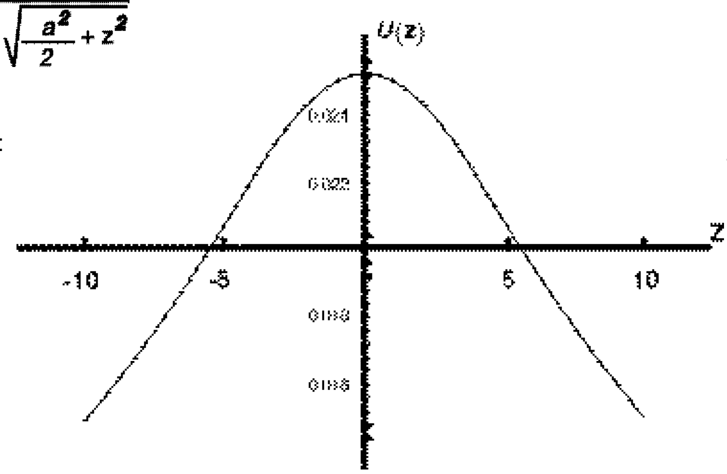


Figura 8
Energía potencial de una carga positiva

En el plano ***z*** igual a cero, la gráfica presenta un máximo. Consecuentemente, en esa dirección, el equilibrio es inestable por consiguiente el punto en cuestión es **inestable.** Tal como se espera de un campo electrostático.

CONCLUSIONES

La incorporación de la PC al aula, permite generar un ámbito de trabajo donde existen una conjunción de interacciones, no solo con los programas diseñados para ese fin, sino también entre el alumno con sus compañeros y con sus docentes.

Es importante resaltar el carácter integrador de la experiencia, que incluye análisis funcional e interpretación de gráficos bi y tridimensionales, integrando habilidades adquiridas en los cursos del área Matemática a los conceptos físicos; el reconocimiento de la matemática como elemento estructurante de la física ayuda a los estudiantes a comprender el significado de fórmulas y operaciones antes abstractas y fortalece la idea de modelización de sistemas.

Una de las variables que más perturbó en el desarrollo de la experiencia fue el tiempo que les demandó a los alumnos la resolución de los problemas, el cual fue mayor que el utilizado en las prácticas habituales. Si bien esto puede parecer contradictorio ya que siempre se asegura que la PC y los programas de cálculo permiten rápidamente graficar, variar parámetros, etc., no hay que olvidar que, en su gran mayoría los alumnos no tienen un manejo fluido de estas herramientas, y además que en el desarrollo de las experiencias deben trabajar en forma interactiva con los programas, sus compañeros y docentes y continuamente deben tomar decisiones para poder seguir avanzando.

La utilización de programas comerciales imposibilitó la libre ejercitación de los alumnos fuera del ámbito institucional ya que, por lo general, no están al alcance de sus posibilidades económicas, constituyendo esto un serio inconveniente para optimizar la enseñanza. En parte, este inconveniente se solucionó con el desarrollo del programa *Campos* de uso libre.

Otra dificultad encontrada fue que los alumnos debieron adaptarse a distintas metodologías en el desarrollo de la misma cursada y que la evaluación para la acreditación no tuvo en cuenta tal situación. En la mayor parte del curso resolvieron problemas con lápiz y papel y una parte menor con ayuda de la PC.

Si bien las primeras evaluaciones para la acreditación no han mostrado cambios sustanciales en lo referente al aprendizaje del tema, el seguimiento de la experiencia educativa muestra que la metodología aplicada hace que exista un alto grado de compromiso por parte de los alumnos en el proceso de aprendizaje. Esto último nos hace creer que se está en el camino correcto y que solo hace falta realizar ajustes curriculares y evaluativos para alcanzar el fin deseado o sea un aprendizaje más significativo.

Para salvar las dificultades se esta trabajando en tres líneas: a) en un cambio curricular y metodológico más unificador que proporcionen los espacios para este aprendizaje significativo en la cátedra en cuestión; b) llevar al curso de mecánica el estudio más profundo de la energía potencial, manteniendo la metodología aplicada en las experiencias mencionadas y, c) generar programas propios que respeten la idiosincrasia de alumnos y docentes.

REFERENCIAS

N. BAADE, et al. «Entrevista y entrevistados: Una experiencia piloto». Memoria del Tercer Simposio de Investigadores en Educación en Física. Córdoba. Argentina. (1996)

R. BEICHNER. «Visualizing potential surfaces with a spreadsheet». The physics teacher. Vol.35, Feb. 1997.

C.BORDOGNA, et al. «PC: una estrategia alternativa para la introducción de a la teoría de campo». Memoria del Tercer Simposio de Investigadores en Educación en Física. Córdoba. Argentina. (1996)

FEYNMAN. , LEIGHTON & SANDS. Física. Addison-Wesley Iberoamericana. (1987)

D. GRAYSON, et al «Use of the computer for research on student thinking in physics». Am. J. Phys. 64 (5) 557. (1996)

S. HENESSY, et al (1995). «A classroom intervention using a computer-augemented curriculum form mechanics». Int. J.S.Educ..Vol.17, 2,189-200.

INTERACTIVE PHYSICS, Knowledege Revolution.

LANDAU L. & LIFCHITZ. E. Mècanique. Editions de la Paix.(1960)

E. LIWIN. Tecnología Educativa.Buenos Aires, Argentina Paidón. Cap.3.(1995)

MATHEMATICA, Wolfram Research, Inc.

J.NOVAK. et al. Aprendiendo a Aprender. Cap.8. (1988)

R. PORLAN Constructivismo y escuela. Hacia un modelo enseñanza-aprendizaje basado en la investigación educativa. Sevilla, España. Diado. Editorial S.L.(1993).

J.RIMOLDI. Campos. IMApEC. Facultad de Ingeniería. UNLP.