



CCADET

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Informe Técnico

Curso de mecánica basado en el LBV para Educación a distancia

**José Luis Pérez Silva
Francisco Cabiedes Contreras
Andrea Miranda Vitela
Antonio Garcés Madrigal**

15 de Junio de 2015

Multimedia

Curso de mecánica basado en el LBV para Educación a distancia

José Luis Pérez Silva, Antonio Garcés Madrigal, Francisco Cabiedes Contreras, Andrea Miranda Vitela

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico. UNAM.

Resumen

La idea del curso es ayudar a una parte significativa de estudiantes y a una gran mayoría de los profesores del bachillerato a distancia a lograr en sus estudios y clases de física una buena interpretación de acuerdo a la concepción física de la naturaleza. El curso consiste en la mayoría de los temas que se pueden cursar en las clases de Mecánica como son: Movimiento, Movimiento rectilíneo y uniforme, Movimiento uniformemente acelerado, Caída libre, Principio de Galileo, Tiro parabólico, Leyes de Newton, Trabajo y Energía, Conservación de la Energía, Choques, Fricción, Movimiento circular y uniforme, Péndulo simple, Momento angular, Riel semicircular, Ley de Hooke, Oscilador resorte-masa, Leyes de Kepler, Gravitación, Método Experimental. A este curso se le integraron una serie de aditamentos didácticos que son ayuda tanto para el estudiante como para el profesor. Estas ayudas extras son: Una Historia de la Mecánica, Biografías de los personajes más importantes en la historia de la física, Traducciones de libros y documentos y el Laboratorio Basado en Videos (LBV).

Índice

Introducción	4
1. El Curso	5
2. El laboratorio basado en videos (LBV)	7
3. El Software	9
4. Incertidumbres	13
5. Investigación con estudiantes	15
Conclusiones	16
Bibliografía	17

Introducción

La idea central de este proyecto es ayudar a una parte significativa de estudiantes y a una gran mayoría de los profesores del bachillerato a distancia a lograr en sus estudios y clases de física una buena interpretación de acuerdo a la concepción física de la naturaleza. De la experiencia de cuarenta años de profesores de física con estudiantes de bachillerato, primeros años de facultad, maestría y doctorado, hemos percibido los problemas y creencias que los alumnos y profesores tienen acerca de los conceptos físicos. De algunas investigaciones realizadas con estudiantes, que van desde estudiantes de educación primaria hasta estudiantes del posgrado en Ingeniería y Ciencias, hemos encontrado que algunas creencias fundamentales que se encuentran en los estudiantes de primaria acerca de los fenómenos físicos, permanecen en los estudiantes de doctorado. El hecho de que aparentemente un estudiante acepte una idea física, no necesariamente implica que exista un entendimiento e integración de ésta en su realidad conceptual del mundo. Si lo cuestionamos sobre el concepto, el estudiante nos puede contestar como si la idea fuese ya suya, pero en la construcción explicativa de sus causas, claramente subyacen estas ideas como un soporte constante a su esquema de creencias. El estudiante en apariencia puede aceptar un concepto, pero su verdadera realidad conceptual, la maneja bajo otro esquema de creencias.

Las relaciones directas, como las del tipo más-más, son evidentes para el estudiante en su vida diaria, a más dinero más se puede comprar, a más estudio mejor calificación, etc. Todo lo que lleva al estudiante a aceptar esta forma de relación, son los hechos de su vida, incluyendo la ciencia. Sin embargo la interpretación gráfica, las relaciones de función, las representaciones más-menos, etc., no son claras en su verdadera concepción de la realidad.

Los estudiantes pueden aceptar los conceptos, aunque no crean en ellos. Desde este punto de vista es claro por qué los estudiantes de primaria a licenciatura y algunos casos (significativos por la cantidad de estudiantes) de posgrado, creen que para que un rotor de paletas, movido por una caída de agua, gire con mayor velocidad angular, se requiere de más agua. Es claro que la creencia en las relaciones más-más se reinstala en forma inmediata y no razonada en su respuesta. Es por esto que al analizar los conceptos fundamentales que después son arrastrados con ellos a otras partes del curso de física, pensamos que un curso de Mecánica debería ser el principio de nuestro esfuerzo. Si cambiamos las creencias, el estudiante pensará en un principio diferente, como la energía, para poder plantearse el hecho de mayor altura, cosa que nunca ocurre antes, ya que este principio no es nunca presentado en forma evidente vía experimentos, sino que simplemente se postula teóricamente.

En física es esencial que los estudiantes visualicen los objetos, ya que el objeto físico construido es un sistema de ecuaciones, y no el objeto en sí, por lo que su verificación alude en un sentido amplio a la realidad de lo sensible, por lo que la percepción del estudiante se liga, por su propia naturaleza, al plano perceptual, el cual no siempre opera la transformación de lo que percibe en lo que entiende trasladándolo a relaciones matemáticas. En concreto el estudiante piensa en los objetos físicos como piensa en las cosas en el sentido ordinario.

Para el estudiante la expresión matemática no tiene significado. Hemos notado, a través de la gran cantidad de cursos dictados, que los estudiantes cuando estudian en sus libros de texto no pueden leer las ecuaciones, ya que para ellos carecen de significado, por lo que se las saltan, quedándoles al final, como último recurso el formulario como medio de memorización de las ecuaciones, pero fuera del contexto físico que las sustenta. La solución de problemas implica necesariamente el manejo de las expresiones matemáticas y en muchos problemas los estudiantes sólo tienen el recurso de aplicar las ecuaciones para resolverlos. Hemos observado que si cambiamos el contexto de un problema, pero mantenemos la estructura de la relación matemática, los estudiantes se pierden, por lo que buscan otra forma de relación, o simplemente no lo resuelven. Para los estudiantes el contexto es claro, pero las relaciones no lo son. ¿Cómo podemos esperar que los estudiantes puedan seguir la construcción de las relaciones si nunca se les ha llevado a través de estas técnicas de operación? Es por esta razón que proponemos que toda la construcción del curso vaya del experimento, por medio de un laboratorio basado en videos, a la construcción de las relaciones de los modelos matemáticos formales para establecer la liga entre la realidad medida y la teoría.

Otro de los problemas que hemos detectado en los estudiantes es la pérdida de la percepción de las formas explícitas de un contexto filosófico detrás del contexto físico, cuando los extraemos de su contexto histórico. Un ejemplo claro de esto es el siguiente: Si en una entrevista les preguntamos a los estudiantes las tres leyes de Newton las repiten de memoria ya que carecen de un contexto en el cual puedan creerlas y entenderlas. La opinión por las creencias que se centran en ellas vienen de la reflexión de que finalmente la solución de los problemas está en la aplicación de la segunda ley, por lo que las otras dos pierden su sentido, ya que la primera es un caso particular, para ellos, de la segunda (caso de $a = 0$), y la tercera en el caso de las colisiones se reduce a la segunda. Los estudiantes concluyen que tres leyes son innecesarias porque basta la segunda. Este tipo de conclusiones no permite ver que es obvio que la idea de la causalidad está totalmente olvidada en la exploración del sujeto. Si vemos la primera ley para ellos no es cierta ya que no existe un solo caso en su percepción en el cual un cuerpo permanezca moviéndose. El fundamento de la primera ley no es claro para ellos.

En nuestra concepción epistemológica, partimos del hecho de que conocer es un acto de apropiación ideal del objeto; es decir, por el conocimiento nos comunicamos con el objeto, y a la vez lo hacemos nuestro. Es una comunicación y una apropiación que nos perfecciona y nos enriquece; en realidad va desarrollando todas las posibilidades de nuestra personalidad. Del yo y del otro surge el sujeto-objeto, una realidad opuesta y complementaria. El conocimiento implica una relación hacia el objeto y una conciencia del objeto; sin esa conciencia, el estudiante no se basta a sí mismo, ni el conocimiento tiene la causa total de sí en sólo él. El conocimiento es una síntesis de dos elementos opuestos, el sujeto y el objeto, que se identifican; es una síntesis del sujeto de conocimiento, el estudiante y del objeto de conocimiento, el fenómeno físico (Von Weisacker, 1970). El acto de educar no consiste en crear dentro del estudiante un doble del objeto, así aprender, no consiste en hacer o recibir algo, sino en ser, en el devenir de dos realidades separadas y distintas. La física a menudo se satisface a sí misma y dispensa, por la complejidad del problema, el hecho de que la explicación no sea la búsqueda de causas. (Blanche 1972). La causa en un lenguaje preciso, es un hecho observable, el cual, en una serie de percepciones, invariablemente ocurre como el antecedente de un conjunto definido de otros hechos observables, es la pregunta ¿por qué?

1. EL CURSO

El curso consiste en la mayoría de los temas que se pueden cursar en las clases de Mecánica como son: Movimiento, Movimiento rectilíneo y uniforme, Movimiento uniformemente acelerado, Caída libre, Principio de Galileo, Tiro parabólico, Leyes de Newton, Trabajo y Energía, Conservación de la Energía, Choques, Fricción, Movimiento circular y uniforme, Péndulo simple, Momento angular, Riel semicircular, Ley de Hooke, Oscilador resorte-masa, Leyes de Kepler, Gravitación, Método Experimental. A este curso se le integrarán una serie de aditamentos didácticos que sean ayuda tanto para el estudiante como para el profesor. Estas ayudas extras serán:

1. Se desarrolló una Historia de la Mecánica para dar al estudiante un esquema claro de la evolución del tema que va a estudiar en el curso. Es fundamental que el estudiante perciba que la Mecánica no es algo construido de inmediato sino que tuvo toda una historia de su construcción durante siglos. La conciencia científica tiene una multiplicidad de grados temporales los entiende en un orden unitario en la cual cada momento tiene una posición perfectamente dada. El análisis epistemológico demuestra que este orden no es dado por la sensación, y no se puede crear por la intuición inmediata. El sentido del tiempo y las relaciones que implica se pueden capturar y fijar sólo con el fenómeno de cambio. (Agazzi Y, 1971)
2. Biografías de los personajes más importantes en la historia de la física que buscan colocar al estudiante en el ambiente real de la época histórica del personaje que se estudia para que la posibilidad de integrar los conceptos con la circunstancia histórica sea la mejor.
3. Traducciones de libros y documentos históricos que ayuden al estudiante a situarse en el concepto actual a partir de los conceptos originales en la misma forma en que sus creadores los escribieron.
4. Prácticas de laboratorio usando prácticas basadas en video y con el manejo de datos que se analiza en el curso de método experimental. La representación empírica, sólo es posible postulando

simultáneamente un objeto empírico; pues sólo se puede cobrar conciencia de los cambios de sus propios estados, refiriéndolos al espacio y a algo permanente en el espacio. Sólo podemos efectuar la determinación temporal mediante el cambio en las relaciones exteriores (movimiento), en relación a lo permanente en el espacio (referencia).

La perceptibilidad de los fenómenos naturales parece ser el prerequisite más evidente del experimento, ya que la perceptibilidad sensible inmediata de una cosa es una condición suficiente pero no necesaria de nuestra fe en su realidad; Si la física entiende la naturaleza en su conjunto como objeto de cálculo, sólo sobre esta base es posible descubrir y definir los elementos mensurables a fin de explorar con su ayuda las relaciones mensurables entre fenómenos mensurables (Heisenberg, 1976), por lo que se filmaron videos de situaciones experimentales que no son fáciles de poderse realizar en la mayoría de los laboratorios escolares.

La teoría concentra una doble visión, la experiencia y el conocimiento, y en aquello en lo cual el conocimiento excede de la experiencia es la teoría. El conocimiento es teoría. Pero también es claro que la experiencia inmediata siempre tiene mayor fuerza de convicción que la teoría, sobre todo cuando su fundamentación persigue de forma radical la posibilidad misma de percibir. Los métodos de cálculo ocultan por completo el campo temático. La teoría permanece unilateral, como si fuese un fin en sí misma, cuando es incapaz de garantizar el tránsito a la experiencia, ya que un experimento solo se verifica porque la naturaleza, por su parte, es perceptible, pensable y manipulable.

Sin embargo le queremos enseñar física a los estudiantes a partir de clases teóricas. De acuerdo con lo planteado aquí ¿qué realmente es objetivo para ellos? Veamos, la teoría física como dijimos es fundamentalmente cálculo, pero para abordarla es necesario el manejo del idioma, en este caso las matemáticas con la cual se expresan, ¿cómo esperamos que nos entiendan si no dominan el lenguaje?

Si lo que deseamos de acuerdo con lo anterior es que el experimento sea fundamentalmente perceptible pensable y manipulable que mejor que poder realizar experimentos en los cuales el estudiante pueda realizar está terna de acciones, pero que estas acciones le permitan realizar mediciones tales que muchas de las cosas propuestas sean capaces de llegar más allá de lo que normalmente se logra en los laboratorios típicos de las escuelas.

Un ejemplo de lo anterior es el caso del péndulo en el cual se le muestra al alumno en un experimento con incertidumbres muy grandes, que el periodo del péndulo depende de la longitud del hilo que lo sostiene. Si vemos lo anterior el estudiante lo que hace es soltar el péndulo, no siempre de la misma altura, y medir el tiempo en el cual realiza diez oscilaciones completas, es decir va y regresa al punto en que se le soltó. Recorta el hilo de suspensión y vuelve a realizar lo mismo. Esto lo repite para lo menos diez longitudes del hilo.

Al graficar los datos se dan cuenta de que no tiene una línea recta, ya que el periodo y la longitud del péndulo no son lineales, tienen una forma cuadrática $T^2g = L$, lo mejor de todo es que al temario lo que le importa es que pueda a partir de los datos calcular g , por lo que lo que tiene ahora es una relación de la forma: $g = L/T^2$. Como sabe que $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, cucharea los datos para que dentro de la incertidumbre experimental pueda obtener este valor. Podemos preguntarnos ¿Dónde están los datos importantes del péndulo? ¿Podemos afirmar que el estudiante aprendió algo acerca de él?

Es claro que no. Si las soluciones al péndulo son senoides en x y y , nunca las percibió, por lo tanto la idea de un oscilador y sus relaciones con otros casos de osciladores como un resorte masa, nunca podrán ser vistas por el estudiante. Lo que aprendió fue a cucharear el valor de g que ya conocía. Por lo tanto podemos preguntarnos ¿qué es lo que deseamos que obtenga el estudiante de un experimento como el del péndulo? Creemos que la respuesta es inmediata, percibirlo, manipularlo para poderlo pensar, es decir poderlo modelar.

Acaso ¿no es el sentido de la física el anterior? Es una clara pregunta que debemos hacernos al proponer un experimento para estudiantes. ¿Qué deseamos que perciban? ¿Qué deseamos que manipulen? ¿Qué deseamos que piensen?

Si analizamos el típico experimento del péndulo lo que deseamos es que mida g , por lo que el péndulo se convierte en una herramienta para poder medir g . Pero, en La Ciudad de México ¿ g vale 9.81 m/s^2 ?, no ya que el valor de g depende de la altura, por lo tanto al ser menor g ¿será su periodo el mismo que a nivel del mar para la misma distancia de hilo de suspensión? Es claro que no, pero para el estudiante tampoco es claro el concepto, lo que memorizó es el valor de 9.81 m/s^2 , por lo tanto al ser verdad divina tiene que cuchar sus datos para obtener este valor. Todos lo hicimos en nuestra época de estudiantes. ¿Lo recuerdan?

Si lo que se busca es que el estudiante perciba las soluciones al péndulo, no es fácil plantearnos un experimento para realizarlo. Cómo hacer para poder visualizar lo que deseamos, midiendo, no tenemos ninguna respuesta más. Al medir tenemos una secuencia de datos que al ser graficada nos puede dar la información acerca del movimiento del péndulo, ya que es el péndulo el sujeto de estudio y no el valor de g .

Una posibilidad que encontramos fue usar lo que denominamos Laboratorios Basados en Videos. El laboratorio basado en videos desarrollado en el CCADET (Gamboa F., et al, 1999) consiste en una serie de experimentos filmados en video, los cuales se incorporaron a una herramienta de software que permite que el video sea desplazado cuadro por cuadro y poder realizar mediciones en pixeles tanto en x como en y . Como se conoce el número de cuadros por segundo a los que se tomó el video, cada cuadro corresponde a un múltiplo del tiempo del cuadro, lo que a su vez permite medir el tiempo.

Estos experimentos ya fueron probados con estudiantes de preparatoria en cinco cursos de un año de física dentro del programa del CCH, (Colegios de Ciencias y Humanidades de la UNAM.) y nos pudimos dar cuenta de algunos resultados con los estudiantes al analizar sus trabajos escolares, así como en entrevistas filmadas externas al aula y guiados por estudiantes de posgrado de la UNAM.

2. EL LABORATORIO BASADO EN VIDEOS (LBV)

Lo que para el grupo es un principio importante es ni más ni menos que buscar la posibilidad de que el laboratorio no fuese un desarrollo de software y video estático para los usuarios de este, sino que pudiese ser empleado y extendido por ellos. Esto significaba que debíamos realizar las experiencias experimentales con las herramientas más simples que tuviéramos.

Para lograr lo anterior se usó la cámara de un teléfono celular. No queríamos que los profesores se vieran limitados por el equipo necesario para filmar sus prácticas.

Las filmaciones las realizamos en el cuarto especial de fondo azul primitivo para poder eliminarlo con software, con iluminación con base en lámparas fotográficas continuas. Esto lo hicimos para tener una mejor calidad en las películas realizadas en el CCADET. Para realizar los experimentos usamos un riel de canal de los diseñados y contruidos en el CCADET desde hace treinta años y que se usan tanto en las escuelas de la preparatoria como de los CCH.

Para construir el programa de computadora se partió de que cada fotograma de la película está formada por una imagen que tiene un área de 320 por 240 pixeles, es decir de 76,800 pixeles de área. Si esta imagen se presenta en el monitor de video, ocupará un área en pixeles del mismo tamaño en el monitor, y un monitor convencional el área que puede cubrir es de 800 por 600 pixeles es decir un área de 480,000 pixeles en la cual nuestra película representa sólo el 16% de su superficie.

Al manejar el mouse de la computadora sabemos siempre por software donde se encuentra en la superficie ya que indica su posición en x y su posición en y , por lo tanto puede estar en la posición (0,0) o en la posición (800,600), y desde luego en cualquier posición dentro de esta área rectangular limitada por estos dos puntos.

Si por software le decimos a la película se coloque en el centro de la pantalla ésta ocupará el área comprendida entre los puntos (180,240) y (480,420), por lo que sabemos en qué pixeles del monitor se

encuentran los pixeles de la película. Esto es un ejemplo del monitor de resolución de 800 por 600 pixeles, pero es lo mismo para monitores de mayor resolución, ya que el centro del monitor está descrito por el cruce de sus diagonales.

Por software le indicamos a la computadora que si el mouse se encuentra en esta zona, el punto (180,240) será el punto (0,0), o sea el origen de la pantalla de la película, así si el mouse se mueve hacia arriba del punto desde ese origen crecerá el valor de las coordenadas en pixeles para la coordenada y, y si se mueve de izquierda a derecha de ese punto crecerá el valor de la coordenada x. luego en cualquier posición del mouse sobre la película se tendrán en pixeles las coordenadas de ese punto. Fuera de la zona marcada para la película el mouse no da estos datos.

Si le indicamos por software que los datos transformados por las operaciones de valor en pixeles/320 o de valor en pixeles /240 son los valores en m de X y Y respectivamente, nos dará la medida en m.

Para la computadora el video es como una película desdoblada, como sabemos que la película contiene 30 fotogramas por segundo, el tiempo de un fotograma es de 1/30 de segundo, o sea 0.033 de segundo, lo que representan 0.33 décimas de segundo entre cada fotograma. Si le indicamos a la computadora por software, que a cada click del mouse en la línea de avance de la película avance un fotograma, lo hará de esta forma por lo que el tiempo en el que se está en la película corresponderá al número de cuadros por 0.33 décimas de segundo.

Le indicamos a la computadora que a otro click del mouse pero ahora dentro del área de la película nos de las posiciones X y Y, nos dará estas posiciones en metros, es decir los pixeles convertidos. De esta forma se tiene las medidas de las posiciones en X, las medidas de las posiciones en Y, y el tiempo. Estos datos serán presentados por el programa en el lugar donde se le indique, dentro del área definida para los gráficos auxiliares, en nuestro caso marcados como distancia en X, distancia en Y, y tiempo. En la figura 1 se muestran estos gráficos.

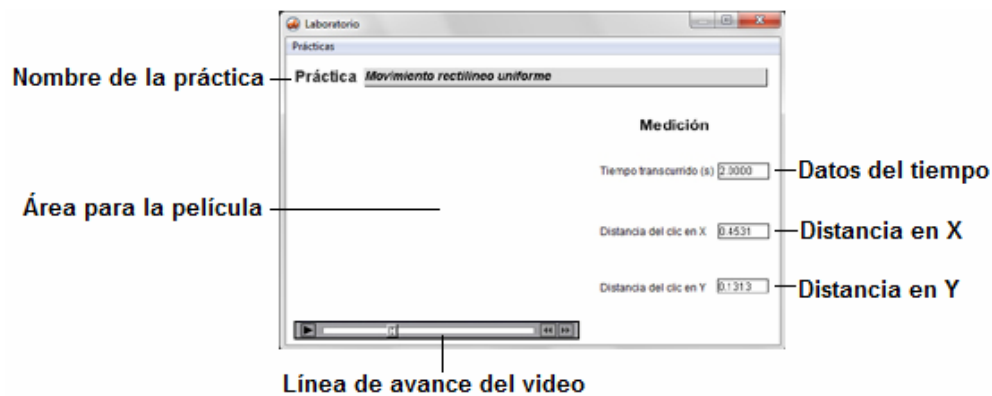


Figura 1. Gráficos auxiliares del programa del Laboratorio basado en videos.

En un primer intento los datos que se tomaban eran guardados y graficados por el software, pero algo que fue muy claro para nosotros es que los estudiantes no tomaban los gráficos como verdaderos, ya que ellos no habían manejado estos datos. ¿Podrían creer que los datos presentados en la computadora eran reales? ¿Qué percepción de los hechos tenían? Lo automático, que les quita la posibilidad de manipular los resultados de la experiencia, les restaba libertad perceptual del hecho.

Dado lo anterior decidimos que ellos anotaran sus datos y emplearan por ejemplo una hoja de cálculo, en nuestro caso el Excel de Office de Windows, el cual ya manejaban por sus clases de cómputo.

Los gráficos que obtenían eran sus gráficos, obtenidos de los datos que tomaron, creían en ellos ya que ellos los manipularon. Ante lo anterior se dejó el software de la manera en que ellos tienen que operar los datos.

3. EL SOFTWARE

Vamos a mostrar el software del curso por imágenes de este en las diferentes partes que lo constituyen. La idea es que al estar montado en un servidor este pueda ser bajado por el estudiante a su computadora o también pueda ser operado en red. El peso de todo el sistema es de 56 Mb. Por lo que puede ser traficado fácilmente en cualquiera de las dos formas. Por la experiencia podemos decir que en los casos de prueba realizados y por el hecho de que en México no es fácil poder estar en red en los sitios públicos, la mayoría de los estudiantes prefirió bajarlo, ya que no requiere de ningún sistema especial para ser usado.

En la figura 2 se muestra la entrada al programa del curso, y en la figura 3 se muestra el tema del oscilador resorte-masa.



Figura 2. Entrada al curso



Figura 3. Tema del oscilador resorte masa

En la página de la figura 2 se muestra la presentación al curso, y en la página de la figura 3 se muestra el sistema de LBV operando una vez que se mando llamar con un click del Mouse sobre la figura del laboratorio.

En la figura 4 se muestra la gráfica obtenida, y el dibujo esquematizado del sistema resorte-masa. En la figura 5 se muestra la página con el desarrollo de la teoría a partir de los datos experimentales.

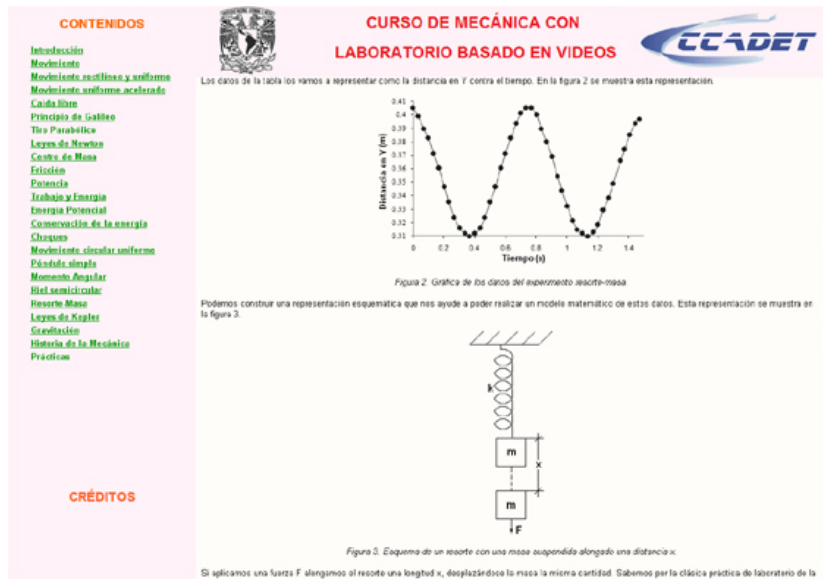


Figura 4. Gráfica del oscilador

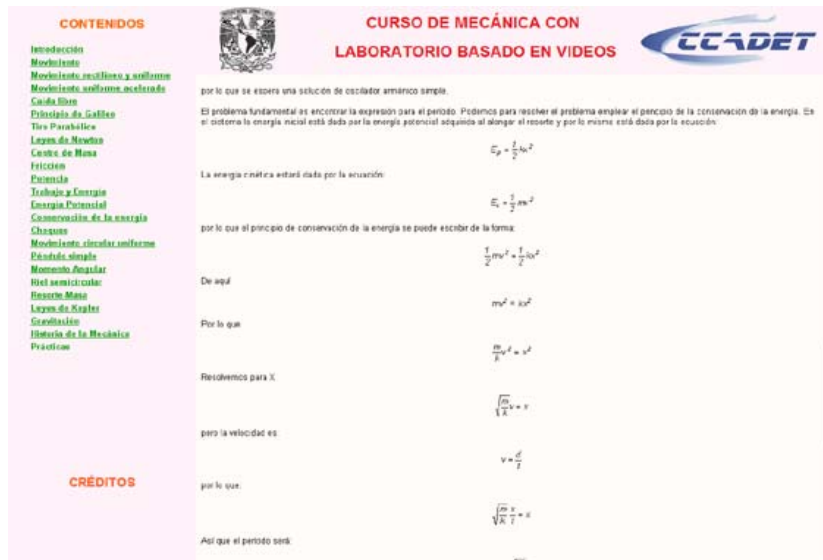


Figura 5. Desarrollo del tema.

En la figura 6, se muestra la pantalla de entrada a la historia de la Mecánica y en la figura 7 se muestra la pantalla de una nota.

CONTENIDOS

- Inicios
- Alejandro
- Gregio
- Roma
- Islam
- El Medievo
- El Renacimiento
- Siglo XVI
- Siglo XVII
- Siglo XIX



CURSO DE MECÁNICA

HISTORIA DE LA MECÁNICA



INICIOS

Es muy difícil conocer los principios de un proceso, y en especial cuando este proceso está relacionado con las normas estructurales del **conocimiento**. No sabemos y probablemente no podremos saber, qué pueblo o pueblos fueron los primeros que encontraron que al fuego se podía producir por fricción, o los primeros que descubrieron los principios de la rueda, la vela y la palanca. Tenemos una remota fecha, que se encontró en una en una inscripción china análoga, referente a un eclipse, aquí que tuvo efecto el desconocimiento de la fusión a una del régimen año del resaca de W-ing, que es algo así como el 23 de febrero de 1217 a.C.

Los fundadores del edificio clasificaron las contribuciones y probaron en las piedras sus formas, para la ciencia en algo más que un simple elemento. La ciencia sobre todo es, **humanización sistemática**. Sigue el método, que puede considerarse nomenclatura **divulgada**. Hasta **Vicente de Mito** llegan memorias del mito Caldeo del agua primordial, pero el griego ya no retiene, cual simple arca, sino que requiere acerca de los motivos por los que el agua puede considerarse origen y principio de toda **realidad**.

Para la **materialidad** del hombre más que todo se halla sometido a fuerzas de orden múltiple o tanático que nacen sobre los acontecimientos de toda la vida. La seguridad viene de la antigüedad, de los tradiciones que se remontan a la prehistoria, por ello, esa especie de seguridad que es la **riqueza** debe de relacionarse a los rigurosos cánones de la prehistoria. El origen de la actividad mágica había de buscarse en la necesidad de realizar algo de acuerdo con ciertos orden. La mágica busca su eficiencia en la adecuación a normas, es como un constante **repetir**, y cuando esta actividad de construir cambia de signo y en vez de pensar su fidelidad a lo dado, busca eficiencia en la **hallada**, se habrá convertido en o que se entiende por **técnica**.

La más remota manifestación de cierto interés sistemático por la ciencia viene de las civilizaciones que asistieron a la cuna del Egipto y del Nilo, en el cuarto y quinto milenio antes de la era cristiana. Es cuando el hombre estaba iniciando a entrar en la edad de **bronce** al aprender cómo endurecer su cobre que es bueno, con una mezcla de estaño, y de qué manera trabajaba la alacra mediante para hacer herramientas y armas.

Los Sumerios elevan la civilización a nivel **egipcio** al que cualquiera de los reyes que lo formaron hubiera alcanzado. También pasaron a Egipto desde su acento un alto nivel de civilización como lo demuestra la exacta determinación científica del año astronómico. Como el año astronómico, tengo parte de la revolución de la Tierra alrededor del Sol, tiene algo más de 365 días, en año no seguía exactamente al paso del siguiente, y los acontecimientos anuales como la crecida de Nilo, acontecían constantemente. Los egipcios no eran lo suficientemente precisos y los egipcios buscaban un año más preciso. Este fue la salida de las estrellas por el este. Cada estrella sale unos cinco minutos antes cada día respecto del anterior, de suerte que cada mañana pueden verse nuevas estrellas que en anteriores días se descubrían en el resplandor del Sol, que ya había salido. El primer día en que se hacía visible la estrella (Sirio) coincidía con los comienzos de la crecida del Nilo. Este era un reloj astronómico de precisión que marcaba los años astronómicos exactos. La observación demostró que la primera salida visible de Sirio se adelantaba al año en la proporción de un día cada cuatro años, de manera que el año astronómico consistía en 365 días y 1/4 y que la primera salida visible de una estrella repetía a su año original en el calendario civil después de 1461 años.

Los documentos más venerables acerca de temas científicos poseídos de Caldeo. Las bibliotecas de Nínive y Akkad han contribuido a la restauración del antiguo saber Caldeo. Parece que la numeración asirio-caldea ha tenido doble origen: una numeración sexagesimal de origen sumerio y una **decimal** de origen babilónico. Las unidades principales eran: 1, 10, 1000 (tal vez 716100) (que son) fraccionarios al origen de la numeración sexagesimal delba babilónica en las observaciones astronómicas, el más sutil número de 30 días y el año de 360 días parecen muy indicativos.

Ciertos textos hallados en Nínive de la época de Sargón I, hacia el 2000 antes de Cristo, contienen un extenso tratado de astronomía, establecido mediante un curioso método de observación y un sistema de cálculo. La **astronomía** Caldea servía una verdadera astronomía, ya que a ella le debíamos la determinación de la ruta solar, el conocimiento de la eclipses, y la división sexagesimal del círculo y del tiempo.

¿Cómo puede el hombre, ese adiflog que corre días están contando, sacar de sí los cielos? El saber no es cosa de hombres, sino que corresponde a los dioses. Fue al dios Thor, que movió a los montes las **ruecas** y las **ruedas**. Los sacerdotes son los que saben lo que los dioses han querido, los dioses sólo pueden recurrir a ellos conatos a la entrada del templo. Sin embargo cuando se misen las cosas de cerca, se descubre que los dioses no regalan, hay que ganar.

Los egipcios como los babilónicos, tenían una buena notación decimal para números enteros, pero fracasaron en las fracciones. Nuestro conocimiento de sus métodos aritméticos viene en su mayor parte de un papiro que forma parte de la colección Rind del museo Británico. El papiro comienza con la siguiente

Figura 6. Pantalla de Historia de la Mecánica

CONTENIDOS

- Inicios
- Alejandro
- Gregio
- Roma
- Islam
- El Medievo
- El Renacimiento
- Siglo XVI
- Siglo XVII
- Siglo XIX



CURSO DE MECÁNICA

HISTORIA DE LA MECÁNICA



SIGLO XVI

En la historia no hay discontinuidad, pero sí transformación. La época que se comienza en 1600, forma aún parte de lo que se conoce como Renacimiento, pero empieza a aparecer algunas variaciones anunciadoras de una nueva actitud.

La obra de **William Gilbert**, Del imán, apareció en 1600 y constituye otro como la tendencia de los cuerpos hacia un centro, de la gravedad no dependen de un punto en el espacio, sino de la masa.

El viaje hacia la naturaleza determina una nueva posición del hombre, comienza a ser el fundamento universal de todo acontecimiento, tanto en estructuras de acuerdo con los planes de la naturaleza, e indaga el desenvolvimiento de esta idea, da lugar a la ilustración, cuando se

Los avances científicos modifican hondamente las concepciones la representación que tenía el hombre de Dios. A pesar de la inercia,

La unidad de mundo y cielo se manifiesta en el siglo XVII a través de la necesidad de dirigirse a inteligencias dentro de los cuerpos persona que representa la unidad, sino que se refiere a la función.

Fernando Bacon llegó a ser el consuegro y confidente del conde de **Castro**, quien se le llama **Castro** nueva prudente que su consuegro el conde perdió el fren real y la cabeza. (Según sea el prototipo general y se pudo elegir de los que no se habían perdido ascender. Bacon acababa en una idea, la reforma y organización de las ciencias, empresa que descomponía Magna Instituta. El plan de su proyecto se halla en el prefacio del Novum Organum, es decir, del nuevo instrumento que Bacon quería ofrecer a investigar. Toda investigación comienza por una crítica y Bacon anatematiza contra la fuerza y entorpecimiento de la ciencia de su tiempo, síntomas de un fin prematuro. Dadas, en una actitud muy crítica, ignora a los grandes sabios extranjeros de su época. Pienso que las ciencias no progresan. Es el cansancio de la debilidad del saber.

Buena parte del Novum Organum trata de aquellos defectos que aparecen en el conocer. Bacon quiere proporcionar un buen instrumento que ayude a la mente de modo que pueda el cuerpo que permite hacer una concepción. Bacon tenía la voluntad de: intelecto, de ahí su estructuración del método científico como cata de observaciones, variación de experiencias, entendedo, traslación, etc.

Van Helmont tuvo la oportunidad de estudiar la química de 1605, que asoló **Andrés**. Se vio en aquien por interpretar el magnetismo animal y explicar ciertos milagros bíblicos mediante sus interpretaciones racionalistas.

Fue el primero en afirmar la existencia y pluralidad de los gases. Este nuevo nombre según algunos proviene del griego caos, que en latín es el caos. Es un espíritu oliente, es decir, tal vez porque no se puede encontrar en lugar alguno y además de invisible. También se encuentra en los caminos de los bosques, en las montañas y en los bosques. Algunos de estos espíritus son inflamables, otros no.

Van Helmont considera que es debido de suministrar el fuego de la antigua fábula de los **elementos**, ya que es un gas condensándose un vapor encendido. La tierra tampoco puede ser una sustancia elemental puesto que es producida por el agua y a su vez la produce. Los elementos clásicos se reducen a dos, el agua y el aire.

Rene Descartes nació en 1596 y se educó en las escuelas de la Iglesia. Por aquel entonces fama se atención la posibilidad de una ciencia orula, y es curioso apreciar los argumentos mediante los cuales se basó de la tentación con lo que lo sustituyó la **racionalización**. Descartes intentó la posibilidad de entender los cuerpos a través de la **unidad**, unidad de la matemática entre el álgebra y geometría, unidad de la física y la mecánica.

Figura 8. Pantalla de un tema con una nota.

En la figura 9 se presenta una biografía y en la figura 10, un documento histórico.

CONTENIDOS

[Inicio](#)
[Alejandra](#)
[García](#)
[Berna](#)
[Infam](#)
[El Medievo](#)
[El Renacimiento](#)
[Siglo XVII](#)
[Siglo XVIII](#)
[Siglo XIX](#)



CURSO DE MECÁNICA

HISTORIA DE LA MECÁNICA

BIOGRAFÍAS

William Gilbert



William Gilbert nació en Colchester, Essex, Inglaterra, el 24 de mayo de 1544. En mayo de 1568 ingresó en el St. Willington John's College de Cambridge. En 1600 obtuvo su Bachelor of Arts, en 1604, su Master of Arts. Finalmente, se doctora en 1609. Tras un paréntesis de que no existen pruebas fehacientes sobre su inspección de vida, sabemos que se instaló en Londres en 1573 como médico en ejercicio. Al poco tiempo ingresó en el colegio de Physicians londinense, donde alcanzó la Presidencia de dicho colegio colegiado en torno a 1600. En 1601 fue nombrado médico de la reina Isabel I, y, posteriormente, también de su sucesor, James I, aunque Gilbert apenas sobrevivió a la reina seis meses. Falleció probablemente víctima de la peste.

En 1600 cobró gran importancia como físico cuando publicó su libro De Magnete, donde se compilaron sus investigaciones sobre cuerpos magnéticos y atracciones eléctricas. Los trabajos de Gilbert se basaron esencialmente en la experimentación. Uno de sus experimentos consistió en demostrar que la brújula además de indicar la dirección nort-sur, apuntaba hacia la Tierra cuando se colocaba en senda vertical, porque la Tierra actúa como un gran imán.

William Gilbert encontró que una aguja magnética, se desvía cuando se acerca a una esfera magnética, y que se orientaba perpendicularmente a los polos magnéticos de la esfera. Gilbert catalogó a la Tierra como un gran imán de forma esférica, por lo cual la aguja magnética colaba hacia los polos magnéticos de la Tierra y no hacia los espacios, como lo habían indicado otros. William Gilbert es considerado uno de los primeros científicos dedicados al estudio de magnetismo.

Puede de su tiempo la brújula el estudio de otras fuerzas de atracción del Universo. Descubrió que además del imán, el cristal de roca y algunos gases se electrifican al ser frotados. Agrupó esta variedad de sustancias bajo el nombre de eléctricas. Propuso algunas teorías sobre la estructura del Universo, y escribió las ideas de Copérnico, y las ideas astronómicas de Nicolás de Cusa sobre las enormes distancias de las estrellas con relación a la Tierra.

En el campo de la astronomía empezó a trabajar las causas que determinaban que los planetas se movieran en sus órbitas y supuso que lo que los mantenía era una forma de atracción magnética.

El último libro que apareció fue un volumen titulado Graueine Gilbert Colchesteriensis, Medici Regis De Mundo nostro Sulpiciani Philosophia Nova. Opus posthumum, Ab Authore fratre collectum primum & dispositum, nunc Ex auctoritate Mss. eorumque editione, mejor conocido como De Mundo publicado en Amsterdam en 1601 este trata de una recopilación de escritos preparada por su hermano William Gilbert de Melford, que constaba de dos partes bien diferenciadas: "Physiologia Nova Contra Aristotelem, donde desmienta temas clásicos y astronómicos; y Nova Meteorologia contra Aristotelem, que trata fenómenos naturales como los vientos, las nieblas, las nebulas, el arco iris y los cometas.

En su honor se nombra la unidad de fuerza magneto nort-sur al sistema CGS.

Murió en Londres, Inglaterra, el 10 de diciembre de 1603.

Figura 9. Biografía de Gilbert

CONTENIDOS

[Inicio](#)
[Alejandra](#)
[García](#)
[Berna](#)
[Infam](#)
[El Medievo](#)
[El Renacimiento](#)
[Siglo XVII](#)
[Siglo XVIII](#)
[Siglo XIX](#)



CURSO DE MECÁNICA

HISTORIA DE LA MECÁNICA

Óptica

Isaac Newton

La luz del Sol consta de rayos diferentes en cuanto a la refracción.

La prueba mediante experimentos.

En una cámara muy oscura puse junto a un agujero redondo y como de un dedo de pulgada de ancho, alante en el postigo de una ventana, un prisma de cristal menudito el cual la luz de luz solar que entraba por el agujero pudiese refractarse hacia arriba en la pared opuesta de la cámara y formar allí una imagen en colores del Sol. Así en este experimento como en los siguientes, el eje del prisma (o sea la línea que pasa por medio del prisma de un extremo al otro, perpendicularmente a la arista del diámetro de refracción) era perpendicular a los rayos incidentes. En torno a este eje hice girar lentamente al prisma, y vi como la luz refractada se imaginó a colores del Sol, primero habido por la pared opuesta y luego volví por ella. Entre la fuente y la luz, allí donde la imagen pareció a que quedaba en el espacio, detrás del prisma y la fue en esa posición para que no se moviera más. Porque en esta posición eran iguales entre sí las refracciones de la luz, a ambos lados del ángulo de reflexión, es decir, la entrada de los rayos en el prisma y la salida de ellos. De la misma suerte en otros experimentos, siempre que quería ya que fueran iguales entre sí las refracciones, a ambos lados del prisma, señalaba el lugar en que la imagen del Sol formada por la luz refractada se debía entre sus dos movimientos contrarios en el punto común de su avance y retroceso, y al caer la imagen en dicho lugar, debajo sujeto al prisma, hoy que tener entendido que, a menos que se incline esta posición, en ella se colocan todos los prismas en los experimentos siguientes, por ser ella la más conveniente.

Puesto el prisma en esa posición hea que la luz refractada cayese perpendicularmente sobre una hoja de papel blanco a color rojo en la pared opuesta de la cámara y observé la imagen y la figura del Sol formada por la luz en el papel. La imagen era colorada, pero no oval, formada en dos lados rectos y paralelos y en los dos extremos semeiaban. A entre ambos lados estaba limitado de modo redondo, pero en los extremos muy confuso e indistintamente, apagándose y desvaneciéndose allí la luz de manera gradual. El ancho de esta imagen correspondía al diámetro del Sol, y era como de diez pulgadas de ancho, incluyendo la penumbra, pues la imagen se hallaba como a dieciocho pies y medio de distancia del prisma, y a esta distancia su anchura, restándole el diámetro del agujero del postigo, o sea un cuarto de pulgada, subía en el prisma un ángulo como de medio grado, que en el diámetro aparente del Sol. Pero el largo de la imagen era como de diez pulgadas y cuartos, y el largo de sus dos lados rectos como de ocho pulgadas, y el ángulo de reflexión del prisma, con que se obtenía longitud tan grande era de 61 grados.

La imagen del aspecto FT era de colores, roja en su extremo menos refractado T y violeta en su extremo más refractado P, y amarilla, verde y azul en los espacios intermedios. Lo cual concuerda con la primera proposición, según la cual las luces que difieren en color también difieren en refractabilidad. En los experimentos precedentes creí el largo de la imagen, a saber que rojo más tenue y extremo por una parte y por otra hacia el azul más tenue y extremo, exceptuando sólo una pequeña penumbra, cuyo ancho apenas pasaba de un cuarto de pulgada, como antes se dijo.

¿No pueden transformarse unas en otros cuerpos densos y la luz, y no recibir los cuerpos gran parte de su actividad de las partículas de luz que entran en la composición de ellos? Porque todos los cuerpos fijos, al calentarse, emiten luz mientras siguen haciendo el calor suficiente y, no procamos, la luz se debiere en los cuerpos cuanto sus rayos dan en las partes de ellos, como lo demuestramos antes.

No conozco ningún cuerpo menos resistente que el agua, y sin embargo, el agua se rompe, mediante distensiones repetidas, en tierra faja, como lo he experimentado tal. Y luego, y entonces dicha tierra, sujeta aquí para soportar el calor suficiente, resplandeciente por el calor, o menos que los demás cuerpos.

La resistencia de los cuerpos en luz y la luz en cuerpos es cosa muy conforme con el proceder de la naturaleza, la cual parece complacerse en las transformaciones. Por medio del calor se hace el agua, que es una luz impetuosa y muy fluida, en vapor, que es una especie de aire, y por medio del frío, en hielo, que es una piedra dura, transparente, rígida y fuerte, y esto genera por medio del calor, fuerza a vapor en agua mediante el frío. La tierra por medio del calor se vuelve fuego, y mediante las atracciones de la gravedad, del magnetismo y de la electricidad, se encienden y se funden en varias especies de aire, y todo por medio de la fermentación, y a veces se ella, vuelve a transformarse en cuerpo sólido.

¿No tendrán las partículas pequeñas de los cuerpos ciertas potencias, virtudes o fuerzas mezcladas a las cuales obran a distancia, no solamente sobre los rayos de luz para atraerlos, refractarlos o desviarlos, sino también una virtud activa, para producir gran parte de los fenómenos de la naturaleza? Porque se han sabido que los cuerpos actúan unos sobre otros mediante las atracciones de la gravedad, del magnetismo y de la electricidad, y estos manifestan a indole y ser del proceder de la naturaleza, y nos hacen tener por cosa no improbable el que existan otras potencias atractivas, además de las enumeradas, porque la naturaleza es muy constante y conforme consigo misma.

Si en el Cálculo de las Partículas de la Naturaleza (1687) Newton documenta los experimentos, entonces dichas atracciones por medio del impulso. Las que tiene atracciones, pueden efectuarse dichas atracciones por

Figura 10. Documento Histórico.

12

En las figuras 11 y 12 se muestran las páginas de entrada al método experimental y la página de modelos potenciales.

CONTENIDOS

Minimos Cuadrados
Modelos Potenciales
Modelos Exponenciales

CRÉDITOS



**CURSO DE MECÁNICA
MÉTODO EXPERIMENTAL**



El método de mínimos cuadrados

Veamos el siguiente experimento hipotético. Al medir sus calificaciones un alumno obtuvo los datos que se muestran en la tabla 1.

No de Materia	Calificación
1	10
2	8
3	6
4	20
5	7

Tabla 1. Datos de las calificaciones del alumno contra materia.

En el caso de lecturas no reproducibles, se ha establecido que el valor más representativo del conjunto de datos es el valor promedio $\bar{X}$ definido como:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Para las calificaciones de nuestro estudiante, el valor promedio de éstas es:

$$\bar{X} = \frac{10 + 8 + 6 + 20 + 7}{5} = \frac{51}{5} = 10.2$$

Si hacemos una gráfica secuencial con los datos obtenidos, y se trata a ésta la recta horizontal que mejor distinga los puntos, como se ilustra en la figura 1.



Figure 1. Gráfico de calificaciones contra materia.

El método de la ordenada de la recta se obtiene en forma aproximada el valor promedio. Podemos medir las diferencias entre el valor de la recta, y el valor de cada calificación como se ilustra en la figura 2.

Definimos la desviación y_i de un punto de ordenada y_i respecto de la recta, como la diferencia que existe entre la ordenada del punto y_i y la ordenada de la recta, o sea:

Fig 11. Método Experimental

CONTENIDOS

Minimos Cuadrados
Modelos Potenciales
Modelos Exponenciales

CRÉDITOS



**CURSO DE MECÁNICA
MÉTODO EXPERIMENTAL**



Modelos potenciales

No es siempre posible adaptar una recta a un conjunto de datos experimentales. Consideremos, por ejemplo, que la gráfica de la figura 3 representa dos conjuntos de datos con características de los experimentos:



Figure 3. Datos experimentales no lineales

Es posible pensar que las curvas más simples que puedan adaptarse a estos conjuntos de datos experimentales, de acuerdo con los criterios establecidos con anterioridad, sean funciones del tipo:

$$y = ax^n$$

denominadas potenciales, entre las que se encuentran la parábola y la hipérbola.

Todas las curvas de este tipo, con $n > 0$, hacen que cuando $y < 0$, $x < 0$, y cuando $y > 0$, $x > 0$. Para estas mismas curvas si $n < 0$, y $0 < x$, $y < 0$.

Si el conjunto de datos experimentales se pueden adaptar curvas de tipo potencial, es difícil decidir los valores de a y n . El problema se complica, ya que no necesariamente la curva toca todos los puntos experimentales, y además la apariencia de ésta depende de los escalas elegidas para representarlos en la gráfica. La forma de hacer esto es linealizar la curva. Si la curva es del tipo potencial entonces tenemos que $y = ax^n$, por lo que si sacamos el $\ln$, tendremos:

$$\ln y = \ln(ax^n)$$

$$\ln y = \ln a + n \ln x$$

$$\ln y = \ln a + n \ln x$$

Supongamos que tenemos laminas de hierro, con forma cuadrada, se pesaron para conocer su masa, y se midieron sus lados. Se desea encontrar la relación entre la masa y el lado. Los datos obtenidos son los que se presentan en la tabla 4.

m	L
9	1
12	2
30	3

Fig 12. Modelos Potenciales

4. INCERTIDUMBRES

Un hecho importante es que al tener el estudiante que posicionar el cursor sobre el punto que desea medir, pequeñas variaciones representan varios pixeles, por lo que no necesariamente todos miden lo mismo y de la misma forma. Lo anterior nos lleva al hecho de la incertidumbre en la medida y a fortalecer las técnicas estadísticas como herramientas necesarias para el modelado.

En la figura 13 se muestra la gráfica resultante del experimento del movimiento rectilíneo y uniforme.

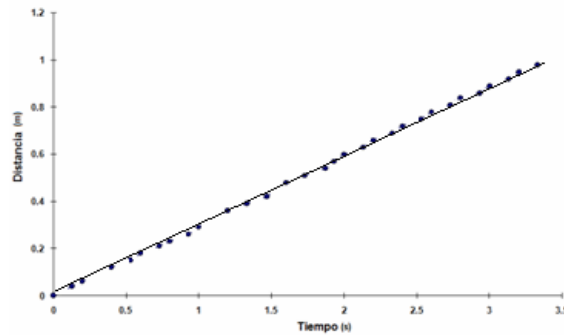


Figura 13. Gráfica del movimiento rectilíneo y uniforme

Podemos observar en la gráfica cómo los puntos, representando los datos del experimento, no caen exactamente en la línea que representan el modelo matemático. Esto es debido a la incertidumbre introducida durante la medida de la distancia y del tiempo; y al hecho de que los fenómenos físicos nunca siguen los modelos exactamente. Esta experiencia se repitió una docena de veces, obteniendo cada vez que los datos son ligeramente diferentes, como ocurre en los laboratorios reales.

El tamaño de la incertidumbre nos marca el valor del intervalo de la medida. Este intervalo nos da la capacidad de resolución del instrumento de medida.

Si la resolución en pixeles de la película es de 320 pixeles en x y el valor del riel filmado es de un metro, por ejemplo, la resolución que tendremos en metros es de $1/320$ de metro, es decir 0.003125 m, que son 3,125 mm. La resolución en Y será para una altura de un metro de 1 M con 240 pixeles de tamaño será de 0.004167 m, o sea de 4.167 mm. Para la precisión que deseamos en nuestro experimento es más que suficiente.

Los objetos filmados no tienen una extensión de un pixel, tienen más de un pixel, por lo que la incertidumbre al colocar el mouse dentro de ellos para conocer su posición será del tamaño de alto y largo del objeto. Por ejemplo en el caso de los balines en el riel de canal el tamaño en pixeles de balín es de cuatro pixeles de diámetro, por lo que su incertidumbre será de 11 mm en X y de 16 mm en Y. Esto porque se puede dar el click en cualquier parte dentro de la imagen del balín.

Mostramos los resultados obtenidos con una práctica particularmente demostrativa, el oscilador resorte-masa. Resultó un gráfico en el que es fácilmente observable la función seno que se genera en dicho movimiento. Sin embargo, los profesores con experiencia en la sala de clase, saben cuál difícil es obtener este mismo gráfico en el laboratorio. Podemos afirmar sin duda alguna que en la mayoría de las escuelas lo único que se estudia es la Ley de Hooke. De nuevo las incertidumbres están presentes.

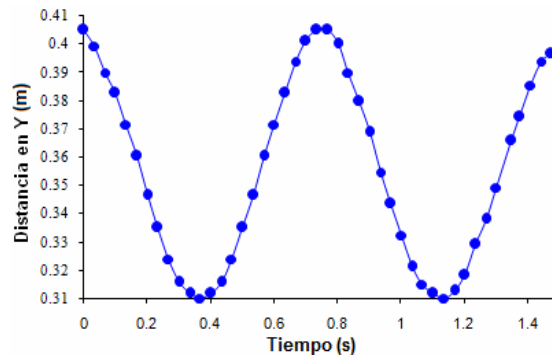


Figura 14. Gráfica de los datos del experimento resorte-masa.

5. INVESTIGACIÓN CON ESTUDIANTES

El curso de Mecánica se ha usado lo largo de cinco ciclos anuales de primer y de tercer año de preparatoria, en una escuela de la ciudad de México. El número de estudiantes que han utilizado el curso ha sido, durante este periodo, 300.

Analizamos con los alumnos la estructura de los diferentes temas y relaciones para saber qué cosas causan a los estudiantes problemas en el funcionamiento del curso, ¿qué de las cosas que se presentan en él lo motivó más?, la forma de la exposición de los temas. De los resultados obtenidos con los estudiantes de los cinco cursos, hemos construido la versión actual, pero estamos incluyendo una nueva versión las correcciones necesarias, así como la incorporación de esas cosas que encontramos necesarias de las entrevistas con ellos.

Un hecho importante que se ha presentado en la observación con los estudiantes, es el significado de los términos. Mientras que para el profesor, palabras como demostrar tiene un significado determinado, en los alumnos cuenta con otro. De esta manera si los estudiantes son cuestionados en un examen con el uso de la palabra demostrar, por ejemplo: demuestra que el cambio de la energía es igual al trabajo mecánico, el estudiante responde con la ecuación, pero si cambiamos la forma de la pregunta eliminando la palabra demostrar por la siguiente: desarrolla que el trabajo es similar al cambio de energía cinética, responden con el desarrollo matemático.

En las discusiones anteriores a los experimentos se dieron importantes creencias y faltas en ellos. Por ejemplo para los estudiantes moverse es cambiar de lugar, por lo que el movimiento es simple cambio de lugar, así, el tiempo nunca fue presente en la discusión por parte de ellos. ¿Tiene algún sentido realizar el experimento sin la incorporación en su idea de movimiento del tiempo? Ninguno, ya que el gráfico, como lo es en los libros de texto, es algo sin sentido para ellos, por lo que lograr la incorporación de esta idea en el curso es fundamental, e incluimos esta típica discusión en el texto del tema de movimiento.

Otro punto que aparece siempre en la discusión es el hecho de la ausencia de un punto de referencia. No tienen en su esquema de creencias la necesidad de él, por lo que formar esta necesidad lleva a otra discusión, la cual está también incluida en el texto del curso.

Si los estudiantes se enfrentan a lo que creen, y esta creencia es evidenciada y complementada, la aceptan reconstruida, no se les pide que dejen de creer en lo que creen sino que modifiquen su creencia, lo cual hacen porque simplemente la complementan con nueva evidencia.

Otro de los resultados importantes es como los estudiantes no perciben los movimientos como los presentamos en la teoría. Un hecho significativo que se ha repetido a lo largo de los diferentes cursos es el siguiente: Al realizar el primer experimento que llamamos movimiento rectilíneo y uniforme, para los estudiante es sorpresa al graficar encontrarse con una línea recta con un ángulo de inclinación, ellos esperaban encontrar una imagen de los datos que correspondiera a lo que ven en el video, es decir una línea recta paralela al eje del tiempo. Esto permite al profesor analizar con ellos que se percibe y que se mide. La idea de velocidad constante no es clara en ellos, por lo que no es fácil que entiendan la gráfica. Pero resulta que lo que graficaron es lo que midieron, ellos lo realizaron, no les queda duda de que la imagen de la gráfica que obtienen es verdadera, por lo que el análisis de los gráficos permite una construcción teórica del concepto de velocidad, que ahora pueden seguir de forma clara.

Después de este experimento nos vamos al plano inclinado y les pedimos lo mismo que en el caso anterior, ¡Sorpresa! No hay recta. La gráfica es una curva. En este caso nos quedó clara la extrapolación de los estudiantes, esperaban una recta con mayor pendiente, ya que perceptualmente el balón se movió más rápido en el plano inclinado. En este caso usando los resultados obtenidos en el primer experimento y analizando los datos a partir de lo que ya construyeron fue posible llegar al concepto de aceleración y a las ecuaciones para el movimiento.

En este caso encontramos que los estudiantes del tercer año de preparatoria ya llevaron un curso de Geometría Analítica, por lo que la idea matemática de una recta debe ser clara para ellos, lo mismo que

la de pendiente de la recta. En los cursos fue clara la imposibilidad de relacionar estos conceptos en los resultados experimentales, por lo que después de algunas discusiones de los estudiantes con los profesores a partir de los conceptos de velocidad y aceleración pudieron instalar la idea de recta y pendiente en ellos. Otra idea que aparece de la forma del curso es la de área bajo una curva, esto aclaró en las clases de matemáticas el concepto de integral.

CONCLUSIONES

Comparando los resultados de los estudiantes nos damos cuenta que las cosas más significativas que encontramos fueron:

1. La imposibilidad de construir a partir de los datos experimentales las soluciones completas al experimento.
2. La imposibilidad de construir un esquema teórico que represente lo obtenido en el laboratorio.
3. La absoluta disociación entre la parte teórica de este esquema de experimentos y los resultados de estos.

Por lo que la participación del profesor es fundamental para lograr los objetivos del desarrollo teórico de los estudiantes, lo que no es fácil de realizar en el esquema de educación a distancia, lo que nos dio la idea del material que realizamos, ya que busca lograr lo que esperamos que logre el profesor en el aula. Entre los hechos que podemos destacar, hay dos que encontramos importantes para la educación en México:

1. La posibilidad de que los estudiantes en México tengan acceso a toda la información que, en forma enciclopédica, puede encontrarse en el curso es mínima, puesto que en México las bibliotecas de las escuelas no tienen esta información. Las bibliotecas públicas del país tampoco tiene este tipo de información. En este sentido ha sido una ayuda enorme para los alumnos de estos cursos, incluso para otros temas como las matemáticas, química y biología.
2. La posibilidad de analizar por medio de las películas de experimentos y las simulaciones de máquinas y procesos, ha motivado a ver el laboratorio de su curso, no como un lugar donde comprueben que la teoría, dada en el curso, es correcta, sino como un lugar donde encontrar cosas interesantes que pueden motivar dudas para oponerse a su interpretación de la realidad con la realidad experimental. Lo mencionado permite generar un modelo conceptual que se puede implantar en problemas de otra disciplina.

Un problema importante que encontramos en el sistema educativo mexicano es la limitación en las capacidades de los laboratorios de la escuela experimental. Los alumnos, dados el gran número de ellos, no tienen las oportunidades para reproducir un experimento en que se han encontrado problemas. Nuestro LBV permite a los estudiantes a repetir muchas veces los experimentos en su propia casa y comparar sus datos con otros estudiantes en el curso.

Uno de los aportes importantes es el tipo de discusión que pueda ser desarrollado en clase, ya que la interactividad presente en el curso motiva a navegar en él, como lo hacen en la WWW, y esto les permite relacionar y a dudar.

Este curso fue probado ya con los maestros de un curso de la Escuela Latinoamericana de física. Los resultados obtenidos son muy satisfactorios. En este momento 15 docentes están trabajando en programas equivalentes, en diferentes escuelas del país.

REFERENCIAS

Agazzi Y. (1971) *Temas y problemas de la filosofía de la Física*. Barcelona, España: Herder.

Blanche (1972). *El método experimental y la filosofía de la Física*. México D.F. México: Fondo de Cultura Económica.

Gamboa F., Pérez J. L., Lara F., Miranda A., Caviedes F., Juárez R., Kemper N. (1999). *Specification and Development of a Physics Video Based Laboratory for High School Level*. Advances in Multimedia and Distance Education, Syed M. R., Baiocchi O. R., & Lasker G. E. (Eds.) Baden-Baden. Germany.

Heisenberg.(1976). *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Ariel, Ariel.

Von Weisacker. (1970). *La imagen física del Universo*. Salamanca, España: Biblioteca de Autores Cristianos (BAC).