

(GUÍA DEL ESTUDIANTE)

Título: Estudio de la dinámica: Utilizando la fuerza y la masa

Autor: Prof. Héctor A. Reyes Medina

Materia/Nivel: Ciencia 7 - 9

Objetivo general: Estudiar a través de la dinámica la Primera ley de Newton, aplicando el conocimiento de los conceptos masa y fuerza y determinando la condición de equilibrio para diferentes casos en una mesa de fuerza.

Objetivos específicos:

Durante la actividad, los estudiantes:

- Definirán los conceptos: dinámica, masa, masa inercial, peso, fuerza, vector y suma de vectores.
- Dibujarán vectores y los sumarán utilizando el método analítico basado en sus componentes.
- Utilizarán la calculadora gráfica TI-84 Plus para interpretar datos y valores representados en la gráfica.
- Utilizarán la mesa de fuerza para determinar equilibrios.
- Clarificarán sus concepciones previas acerca de Primera y Segunda ley de Newton.
- Establecerán diferencias entre los conceptos dinámica, masa, masa inercial, peso y fuerza.
- Utilizarán el la calculadora gráfica TI-84 Plus, el CBL y el dual-range force sensor para medir fuerzas.
- Calcularán la ventaja mecánica actual y la ventaja mecánica ideal.
- Determinarán la eficiencia de una máquina simple y desarrollarán conclusiones.
- Resolverán ejercicios relacionados a la Primera ley de Newton.

Tiempo sugerido: 4 periodos de clase (aproximadamente)

Materiales y equipo por grupo:

- Guía del estudiante para cada alumno.
- Guía del maestro para el profesor.
- Calculadora gráfica TI - 84 plus para cada grupo.
- 1 mesa de fuerza
- papel cuadriculado
- 1 regla con centímetros
- 1 conjunto de masas
- 4 poleas para la mesa de fuerza

- 1 polea doble
- 1 rollo de cabuya
- 3 soportes de metal
- 3 anillos de metal
- 4 porta masas para la mesa de fuerza
- 3 masas calibradas a 500 g

Introducción:

Estudio de la mecánica

El estudio de la mecánica es el estudio del movimiento de los cuerpos, y su evolución en el tiempo, bajo la acción de fuerzas o energía. Explicamos en las capacitaciones pasadas que la Mecánica Newtoniana, también conocida como Mecánica Clásica, se ocupa de estudiar el movimiento, dando origen a otras disciplinas como la cinemática y la dinámica. La cinemática es la rama del conocimiento que describe cómo se mueven los objetos sin tener en consideración las causas que lo producen. Por otro lado, la dinámica describe y cuantifica los factores capaces de producir alteraciones en un sistema físico, como lo es el movimiento. Naturalmente, cuando no hay alteración en el movimiento, podemos deducir que existe un equilibrio entre las fuerzas que actúan sobre los cuerpos. Al estudio de este no movimiento se le conoce como estática. Por lo tanto, la Mecánica Newtoniana se puede definir como el estudio de la cinemática, la dinámica y la estática. Cuando estudiamos la dinámica y la estática debemos introducir los conceptos fuerza, masa y equilibrio.

Las Fuerzas Fundamentales

En un mundo complicado y complejo como en el que vivimos, hay muchas fuerzas distintas, involucradas en los procesos físicos. Por esta razón, al momento de estudiar cómo se comporta la materia en la naturaleza, los científicos pretenden reducir todas las fuerzas a solamente cuatro: Fuerza nuclear fuerte, Fuerza nuclear débil, Fuerza gravitacional y Fuerza eléctrica. A estas fuerzas se les conoce como fuerzas fundamentales.

La fuerza nuclear fuerte y la fuerza nuclear débil se encuentran en el corazón del átomo. Estas fuerzas se encargan de mantener el átomo unido. La fuerza nuclear fuerte mantiene unidos los protones y los neutrones. Esta fuerza es tan potente que puede superar la repulsión natural de los protones. El poder que posee la fuerza nuclear fuerte se puede liberar a través de las reacciones nucleares que ocurren en el Sol. Sin embargo, a pesar de su poder, su alcance es tan pequeño, que sólo se pueden apreciar a distancias menores 1 femtómetro, que son 10^{-15} metros.

La fuerza nuclear débil es aquella que se puede apreciar cuando decaen los neutrones (partículas beta) en los núcleos de los átomos radioactivos como el uranio y el plutonio. Esta fuerza tiene efectos que no necesariamente son débiles, ya que sus efectos aunque sutiles, son evidentes. Véanse los casos de contaminación con radioactividad. Por lo tanto, el nombre "débil" no proviene de sus capacidades, sino de que es 10^{13} menos potente que la fuerza nuclear fuerte.

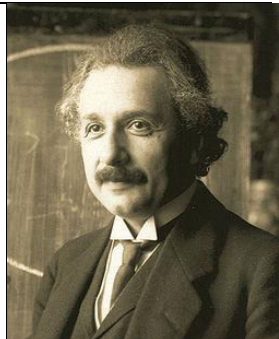
La tercera fuerza fundamental es la fuerza gravitacional. Esta fuerza origina la aceleración que experimentan todos los objetos cercanos a un planeta. Esta fuerza es la más antigua y familiar para el ser humano, ya que todos los objetos caen hacia la Tierra. Esto se debe a que la fuerza gravitacional acelera las masas hacia el centro gravitacional del planeta. Aunque percibimos la gravedad desde hace mucho tiempo, el ser humano desconocía mucho de ésta. Por ejemplo, antes de Newton se desconocía que gracias a la gravedad la luna cae y que la gravedad es una fuerza de atracción.

La cuarta fuerza es la que mantiene a la materia unida, esta es la fuerza eléctrica. Gracias a *Benjamín Franklin* que estudiando los efectos de la electricidad, se le ocurrió la idea de imaginar que la electricidad era una especie de fluido eléctrico. Para Franklin si un objeto poseía carga positiva, es que contenía mucho fluido eléctrico y si contenía carga negativa, es que poseía poco fluido eléctrico. La electricidad es la fuerza entre cargas positivas y negativas. Esta fuerza tiene la capacidad de mantener la estructura de las cosas en el universo.

Si todo posee cargas de acuerdo a la teoría de la *Fuerza Eléctrica*, por qué no nos damos cuenta de las cargas que nuestro cuerpo está cargado eléctricamente. Por qué el pan no electrocuta a la tostadora o por qué las personas no se fríen unos a otros cuando se saludan, como el aceite caliente a la comida. Esto se debe a que toda la materia es neutral, por lo tanto, poseen la misma cantidad de cargas negativas y positivas creando un equilibrio perfecto. Toda la materia está compuesta de átomos neutralmente cargados y equilibrados.

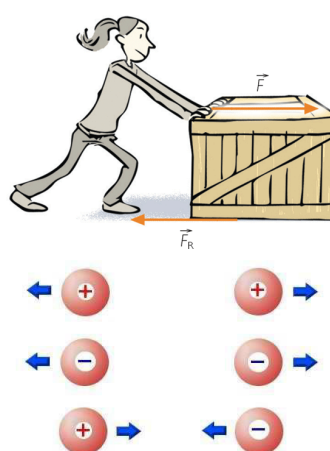
Las fórmulas matemáticas que describen la *Fuerza Gravitacional* y la *Fuerza Eléctrica*, son sorprendentemente similares. La masa resulta inherente a la gravedad, como la carga es inherente a la electricidad. Como la masa siempre es positiva, la gravedad siempre atrae. Sin embargo, las cargas pueden ser negativas o positivas. Una carga positiva y otra negativa se atraerán. Por otro lado, si las dos cargas son iguales, positivas o negativas, se repelerán. En otras palabras como sus fórmulas demuestran simbólicamente, las fórmulas de la gravedad y de la electricidad son tan parecidas que un átomo casi parece un pequeño sistema solar. Cuando los científicos se dieron cuenta de esto, se plantearon una cuestión

lógica, ¿puede haber una fuerza que sola explique la naturaleza fundamental de todas las cosas del universo? Así comenzó el continuo estudio de los científicos para encontrar una teoría unificada. Durante los últimos 20 años de su vida Albert Einstein trabajó en esto y aunque no lo logró, sus trabajos y hallazgos fueron muy prometedores.

$F_g = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ <p>Ecuación de la Fuerza Gravitacional</p>	$F_e = K_e \frac{q_1 q_2}{r^2}$ <p>Ecuación de la Fuerza Eléctrica</p>	
---	--	---

Las Fuerzas

Cuando nos ocupamos de la relación entre la fuerza ejercida sobre un objeto y el cambio de movimiento de dicho objeto, debemos definir lo que se denominan *fuerzas de contacto* y *campo de fuerzas*. Por *fuerzas de contacto* entendemos, fuerzas que representan el resultado del contacto físico entre dos objetos. Las fuerzas que no implican contacto físico entre dos objetos, sino que actúan a través del espacio vacío, se conocen como *campo de fuerzas*. La *Fuerza Gravitacional* y la *Fuerza Eléctrica* son ejemplos de fuerzas que se ejercen por acción de campos.



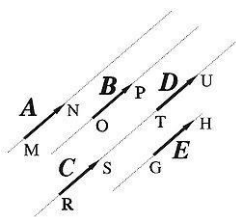
En el nivel atómico todas las fuerzas clasificadas como *fuerzas de contacto* resultan ser causadas por *Fuerzas Eléctricas*. Sin embargo al interpretar fenómenos a nivel macroscópico resulta conveniente utilizar ambas clasificaciones.

Estudio de los Vectores

En física definimos un vector como una herramienta geométrica utilizada para representar una magnitud física del cual depende únicamente una longitud y una dirección. Recordemos que existen magnitudes escalares, que solamente expresan cantidad y las magnitudes vectoriales, que expresan cantidad y dirección. Por lo tanto, resulta útil y medular comprender algunas propiedades de los vectores.

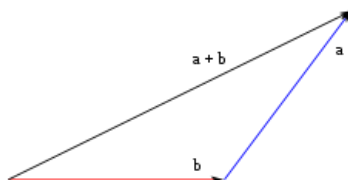
Igualdad en los Vectores

Dos vectores **A** y **B** son iguales se tienen las mismas unidades, la misma magnitud y la misma dirección. Por lo tanto, $\mathbf{A} = \mathbf{B}$ sólo si $A = B$ y **A** y **B** apuntan en la misma dirección.

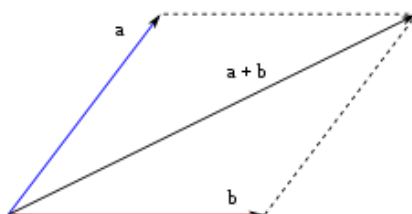


Suma de Vectores

Cuando dos o más vectores se suman todos ellos deben tener las mismas unidades. Para sumar un vector **B** al vector **A**, se debe dibujar el vector **A** sobre papel cuadriculado, representando su magnitud con la escala adecuada y luego se dibuja el vector **B** utilizando la misma escala a partir de la punta del vector **A**. El vector resultante es $\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$. A este método se le conoce como el *método triángulo para la suma*.



Otro método gráfico alternativo es la *regla del paralelogramo para la suma*:



En este método, los extremos iniciales de los vectores **A** y **B** se dibujan juntos y el vector resultante **R** es la diagonal del paralelogramo que tiene a los vectores **A** y **B** como lados. Es importante saber que la suma de vectores es

independiente del orden en que se sumen. Esta propiedad se conoce como *ley conmutativa de la suma*.

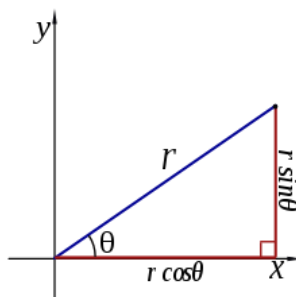
$$A + B = B + A$$

Si se suman tres o más vectores, su suma es independiente de la forma en que se agrupen. Esta propiedad se denomina como *ley asociativa de la suma*.

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

Estudio de los Vectores

A veces es mejor representar un punto en un plano mediante sus *coordenadas polares planas* que en las coordenadas cartesianas regulares. Esto no facilita el estudio de los movimientos vectoriales que no ocurren sobre los ejes de x y y . Aquí se muestra un sistema de coordenadas donde r es la longitud de la línea que une el origen con el punto y θ es el ángulo entre dicha longitud y un eje fijo (normalmente, el eje positivo de x), midiendo θ en sentido contrario a las agujas del reloj.



A partir del triángulo rectángulo que se forma podemos establecer:

- ✓ *Que $\sin \theta = y/r$.*
- ✓ *Que $\cos \theta = x/r$.*

Partiendo de las *coordenadas polares planas*, se pueden obtener las coordenadas cartesianas mediante las siguientes ecuaciones al despejar por x y por y :

- ✓ *Que $r \sin \theta = y$.*
- ✓ *Que $r \cos \theta = x$.*

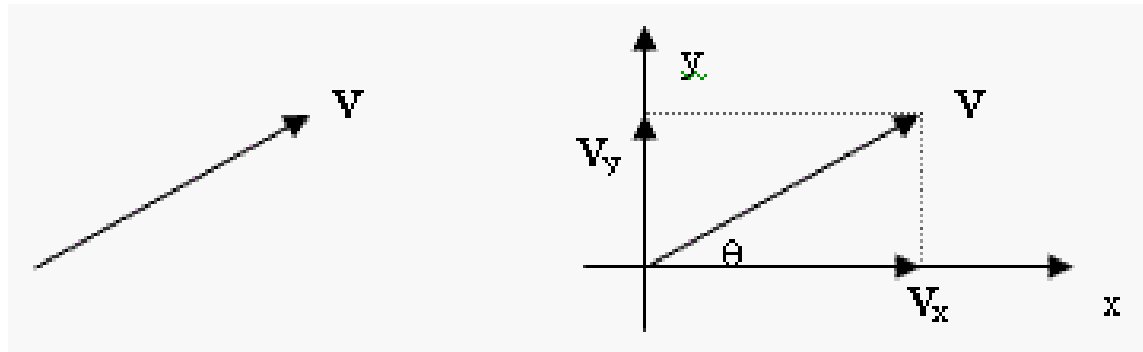
De aquí podemos deducir que $\frac{r \sin \theta}{r \cos \theta} = \frac{y}{x}$ y que $\tan \theta = \frac{y}{x}$

Aplicando el Teorema de Pitágoras obtenemos que $r^2 = x^2 + y^2$

Por lo tanto, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

El método geométrico de suma de vectores no es un procedimiento recomendado en situaciones donde se requiera gran precisión o en problemas donde se utilicen tres dimensiones. Por lo tanto, nos conviene utilizar un método

donde utilicemos las proyecciones de los vectores en un sistema de coordenadas cartesiano y aplicar la trigonometría y el Teorema de Pitágoras.



Si v representa una velocidad, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ por lo tanto,

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

Primera Ley de Newton

La primera ley de Newton se conoce como la *ley de Inercia*. En términos sencillos, esta ley nos dice que cuando no actúan fuerzas sobre un objeto, su aceleración es cero. Por lo tanto, todo objeto tiene una tendencia a mantener su estado original de movimiento en ausencia de fuerzas. A esta tendencia se le denomina *Inercia*. No resulta fácil visualizar la ley de inercia en acción ya que es difícil eliminar por completo todas las fuerzas ejercidas sobre un objeto. En ausencia de fuerzas externas, los objetos en reposo permanecen en reposo y los objetos en movimiento continúan en movimiento con una rapidez constante en línea recta. Por lo tanto, esta ley nos dice que la velocidad no cambia *si no actúa fuerza alguna* sobre el objeto. La proporcionalidad nos indica que *si actúa alguna fuerza* entonces se producirá un cambio en el movimiento, que se mide por la aceleración. Esta noción constituye la base de la *Segunda ley de Newton*.

La Masa Inercial

La masa inercial es la medida de la resistencia de un objeto a cambiar su movimiento como respuesta a una fuerza externa. Por lo tanto, una bola de boliche posee una masa inercial mayor a la masa inercial de una pelota de baloncesto. La masa no debe confundirse con el peso. La masa y el peso son cantidades diferentes. El peso de un objeto es igual a la magnitud de la fuerza gravitacional ejercida por el planeta donde se encuentre el objeto.

Segunda Ley de Newton

La *segunda ley de Newton* responde la pregunta, ¿qué le ocurre a un objeto sobre el que actúa una fuerza neta distinta de cero, basados en la explicación de masa que expusimos? Supongamos que se ejerce una fuerza horizontal \mathbf{F} sobre un bloque y el bloque se mueve con cierta aceleración \mathbf{a} . Los experimentos demuestran que, si se aplica una fuerza dos veces más grande al mismo objeto, la aceleración se duplica. Si se aumenta la fuerza aplicada a $3\mathbf{F}$, la aceleración original se triplicará.

Esto quiere decir que la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúe sobre el e inversamente proporcional a su masa. La fuerza neta es el Vector suma de todas las fuerzas externas, que actúan sobre el objeto de masa \mathbf{m} .

$$a \propto \frac{\sum F}{m} \quad \text{Por lo tanto,} \quad \sum F = ma$$

Actividad I: Explorando la mesa de fuerza

El propósito de este experimento es determinar la condición de equilibrio para los diferentes casos que provea el profesor utilizando la mesa de fuerza y demostrar sus resultados por el método analítico de componentes.

Pasos para realizar la actividad:

1. Reparta los siguientes materiales a los grupos de trabajo:
 - mesa de fuerza
 - papel cuadriculado
 - 1 regla de 30 centímetros
 - 1 conjunto de masas
 - 4 poleas para la mesa de fuerza
 - 4 porta masas para la mesa de fuerza
2. Divida los alumnos en subgrupos de dos o tres estudiantes.
3. Monte la mesa de fuerza como aparece en la ilustración sin ubicar las masitas y el hilo.



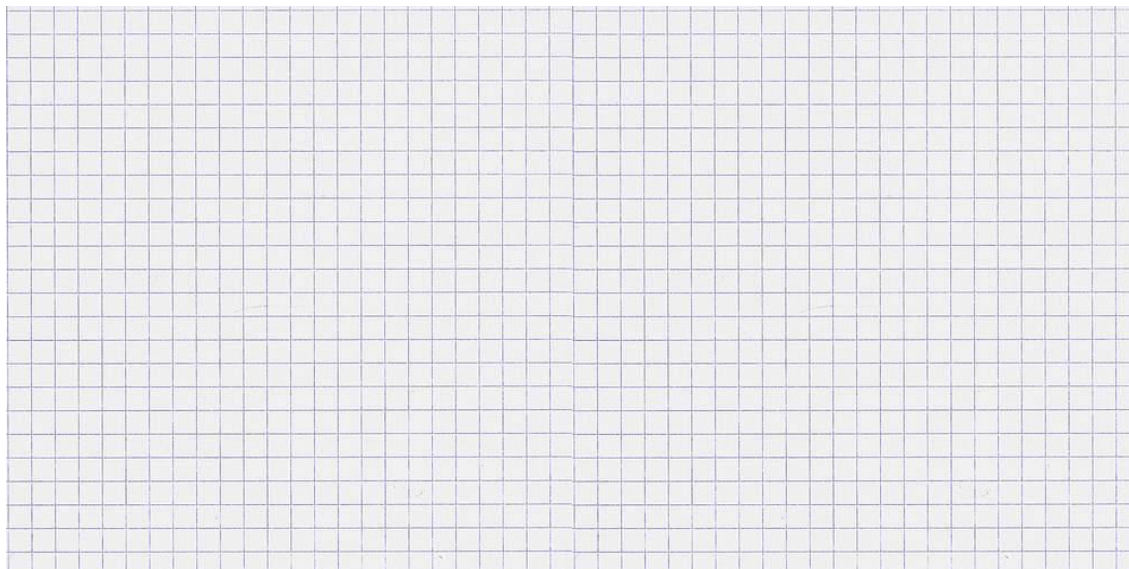
4. Los estudiantes anotarán los datos en la Hoja de Trabajo #1 y contestarán las preguntas que se indican.

Hoja de trabajo #1

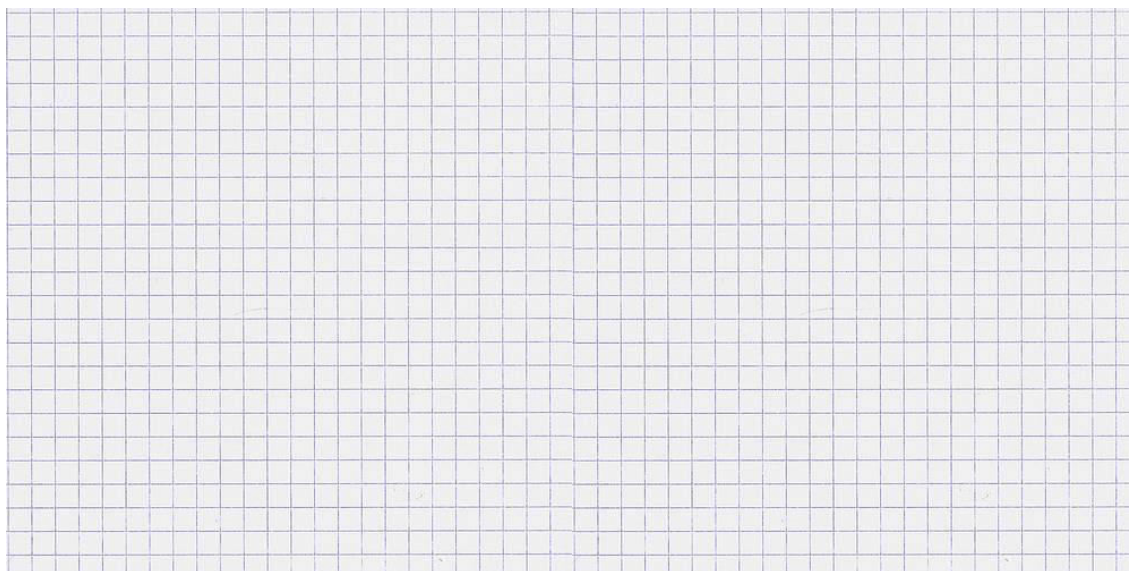
Actividad I: Explorando la mesa de fuerza

A partir de la experiencia de esta actividad, Diagrama los vectores que representan el equilibrio en el espacio provisto. Recuerda utilizar el plano cartesiano como marco de referencia.

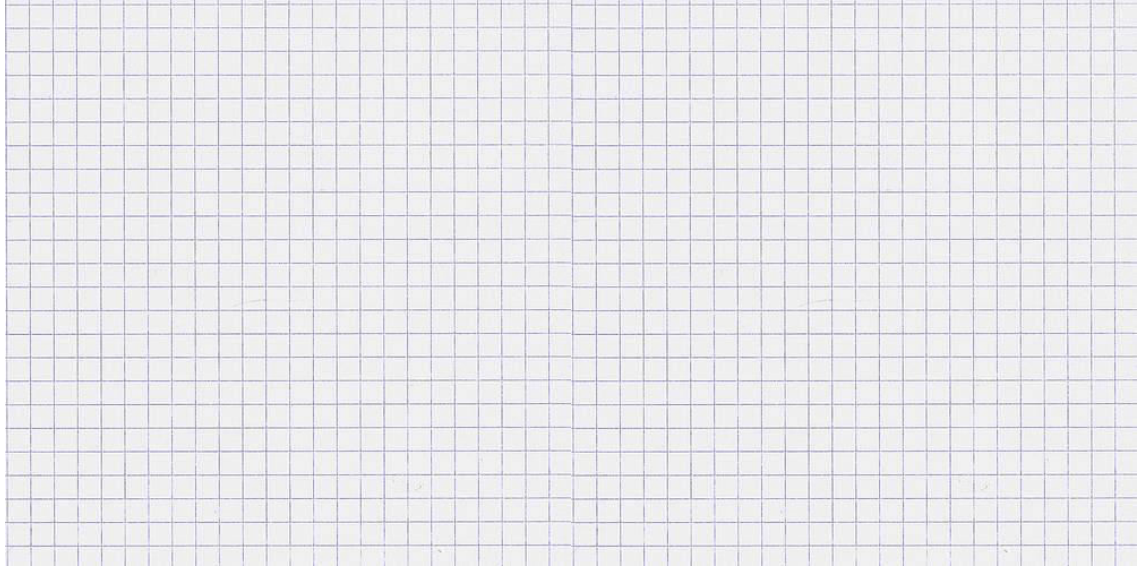
1. Halla el equilibrio del sistema utilizando dos masas (M_1 , M_2). Establece la relación de las fuerzas.



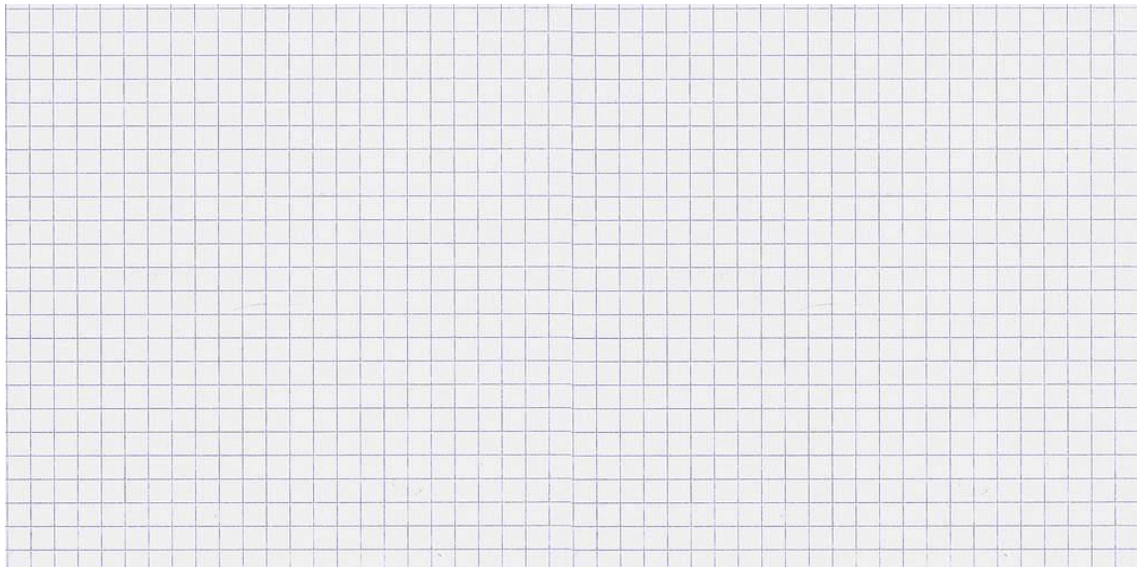
2. Busca un modo en el que se pueda hallar el equilibrio utilizando tres masas con magnitudes iguales ($M_1 = M_2 = M_3$).



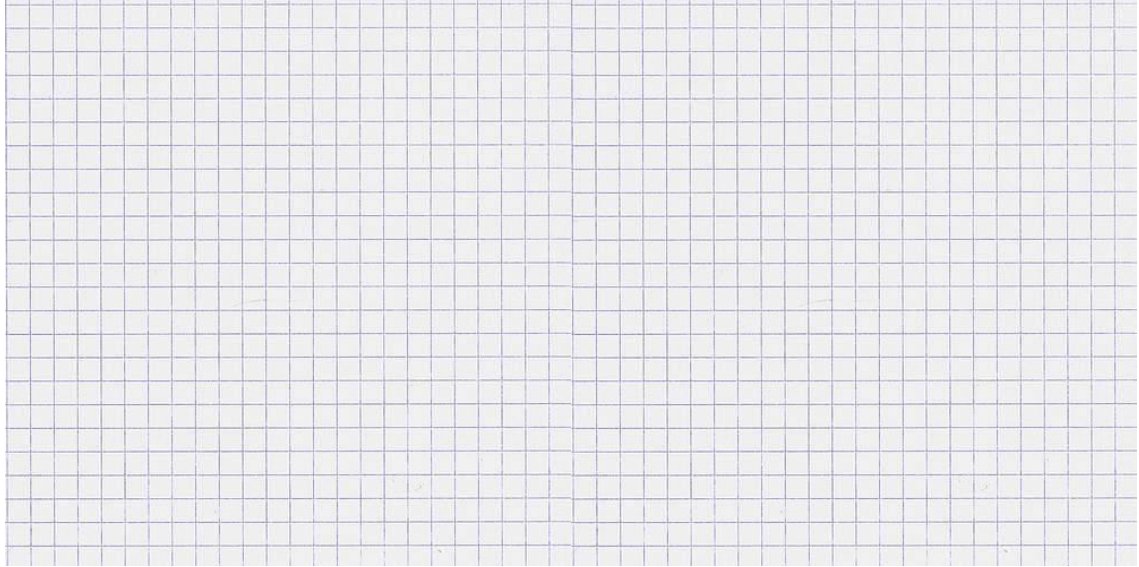
3. Halla el equilibrio del sistema utilizando tres masas con magnitudes diferentes ($M_1 \neq M_2 \neq M_3$).



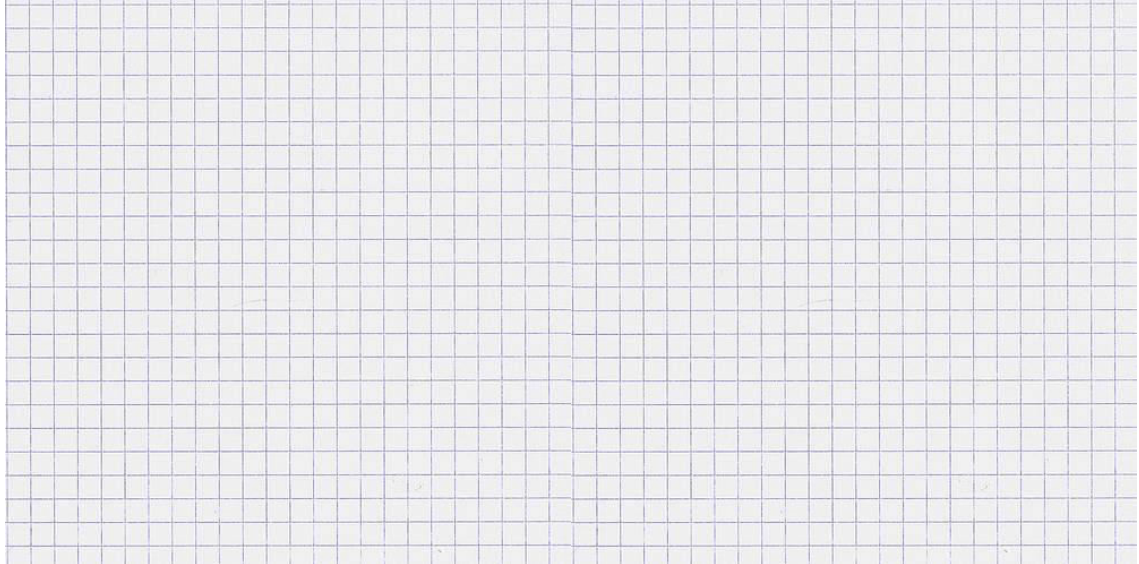
4. Utiliza ($M_1 = M_2$; $M_3 = 1/2 M_1$) para hallar el equilibrio del sistema de tres masas.



5. Dado: $M_1 = M_2$ y un ángulo de 90° entre ellos. Encuentre M_3 tal que el sistema esté en equilibrio.



6. ¿Se puede equilibrar el sistema utilizando tres pesos diferentes donde ($M_1 > M_2 > M_3$)? Sugerencia : $M_1 \leq M_2 + M_3$



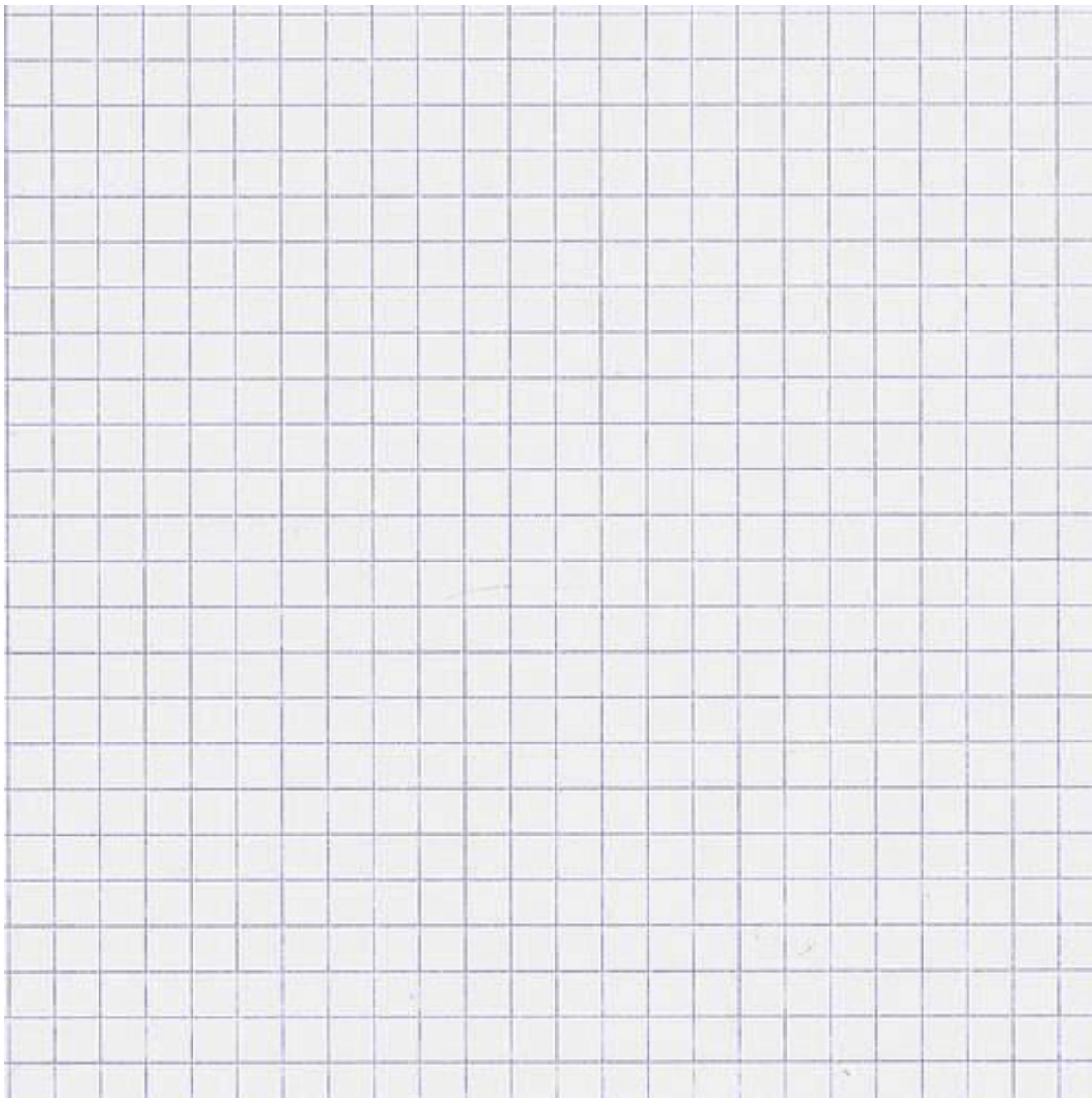
Hoja de trabajo #2

Ejercicios de Práctica "Assessment"

Con estos ejercicios se puede corroborar si están claros los conceptos rapidez promedio, velocidad promedio y sus diferencias.

Ejercicio:

Demuestre en papel cuadriculado los resultados de alguno de los casos trabajados por el método de componentes.



Actividad II: Máquinas simples utilizando poleas

El propósito de esta actividad es que el estudiante se relacione con el concepto fuerza y masa inercial a través del uso de poleas y cuerdas.

Explicación de las máquinas que utilizaremos:

Máquina 1: Una polea es una máquina simple que posee una cuerda que pasa a través de una rueda. Esta máquina simple se encuentra agarrada a un soporte sólido y permite el cambio de dirección de la fuerza. Un extremo de la cuerda se encuentra amarrado a una masa de 500 g que representa una fuerza de resistencia. La fuerza de esfuerzo es la fuerza que se emplea en el otro extremo de la cuerda (Vea figura 1)

Máquina 2: Una polea móvil es una máquina simple que se mueve a través de una cuerda con una fuerza de resistencia y la dirección de la fuerza no cambia.

Máquina 3: Una sistema de poleas es una máquina que posee una simple polea o una combinación de estas. Estas poleas se utilizan para realizar más fácilmente el trabajo.

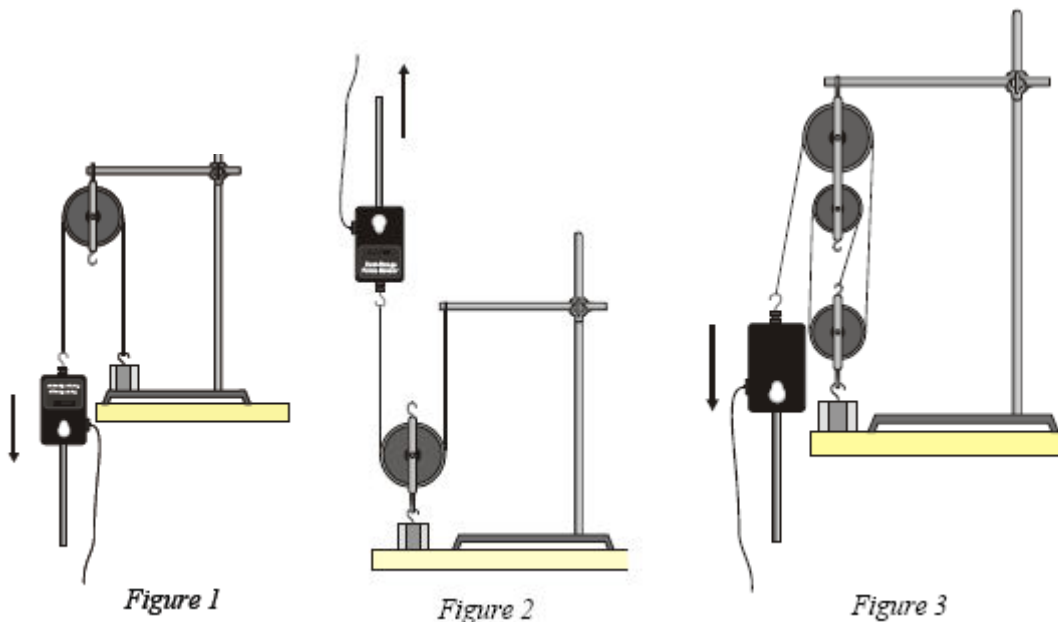




Figure 1

Figure 2

Figure 3

Pasos para realizar la actividad:

1. Reparta los siguientes materiales a los grupos de trabajo:
 - 1 polea doble
 - 1 rollo de cabuya
 - 3 soportes de metal
 - 3 anillos de metal
 - 4 masas de 500 g
 - 1 soporte de metal
 - 1 anillo de metal
2. Divida los alumnos en subgrupos de tres.
3. Construyan las tres máquinas representadas en las figuras utilizando los materiales provistos.
4. Conecte la calculadora al CBL y conecte el sensor en el canal 1 del CBL.
5. En la calculadora, oprima la tecla  y selecciona Physics.

VERNIER SOFTWARE
PHYSICS
WITH THE CBL
FOR THE TI-83
Oprime  .09/09/02 [ENTER]

Proceso para recoger datos en la calculadora:

- Seleccione Set Up Probe del Main Menu (oprimiendo 1).

- Oprima 1 para seleccionar 1: One.

- Seleccione 2: Force.

```
***MAIN MENU*** :
1:SET UP PROBES
2:COLLECT DATA
3:ANALYZE
4:TRIGGERING
5:ZERO PROBES
6:RETRIEVE DATA
7:QUIT
NUMBER OF PROBES
1:ONE
2:TWO
3:THREE
```


- Seleccione 2: Dual-Range 5N.

- Conecte el sensor en el canal 1.

- Seleccione 1: Use Stored del menú Calibration.

- Seleccione 2: Collect Data.

- Seleccione 1: Monitor Input del menú Data

Collection y oprima

ENTER

```
SELECT PROBE :
1: MOTION
2: FORCE
3: ACCELEROMETER
4: MICROPHONE
5: PRESSURE
6: TEMPERATURE
7: MORE
```

```
FORCE SENSOR :
1: STUDENT FORCE
2: DUAL-RANGE 5N
3: DUAL-RANGE 10N
4: DUAL-RANGE 50N
5: PASCO 10N
6: PASCO 50N
```

```
PLUG THIS PROBE :
INTO CHANNEL 1
```

```
[ENTER]
**CALIBRATION** :
1: USE STORED
2: PERFORM NEW
3: MANUAL ENTRY
```

```
***MAIN MENU*** :
1: SET UP PROBES
2: COLLECT DATA
3: ANALYZE
4: TRIGGERING
5: ZERO PROBES
6: RETRIEVE DATA
7: QUIT
DATA COLLECTION :
1: MONITOR INPUT
2: TIME GRAPH
3: TRIGGER/PROMPT
4: TRIGGER
5: RETURN TO MAIN
```

Explorando el uso de las máquinas

1. Coloque la masa que utilizará colgando del sensor. Después que se estabilicen las lecturas, lea la fuerza en Newtons.
2. Esta es la fuerza de resistencia (F_r) para los tres sistemas de poleas que estudiaremos. Este valor será el que se escriba tres veces en la Tabla 1.
3. Coloque el sensor en la máquina 1 y levante la masa de resistencia 5 cm de la mesa, en la dirección que se indica en la figura 1. Lea y anote en la Tabla 1 la fuerza de esfuerzo.
4. Repita este paso con las otras dos máquinas.
5. Los estudiantes organizarán los datos en la Tabla 1 y contestarán las preguntas que se incluyen en la Hoja de Trabajo #3.

Hoja de trabajo #3
Actividad II: Máquinas simples utilizando poleas

Tabla 2: Recopilación de datos

Sistema de Poleas	Fuerza de Resistencia (N)	Fuerza de Esfuerzo (N)	Cuerdas de Soporte
1			
2			
3			

A partir de la experiencia de esta actividad, contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Calcule la ventaja mecánica actual de cada sistema?

$$VMA = F_r/F_e$$

2. La ventaja mecánica ideal (VMI) de una polea es igual a número de cuerdas soporte que posea el sistema.

3. Calcule la eficiencia de los sistemas con la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = VMA/VMI \times 100$$

Sistema de Poleas	VMA	VMI	Eficiencia
1			
2			
3			

4. ¿Cómo compara la ventaja mecánica del sistema 2 con el 1?

5. ¿Cómo afecta el esfuerzo necesario para levantar una resistencia el incrementar el número de poleas?

6. Describa algunos factores que causaron que la eficiencia de los experimentos no fuera 100%.

Referencias:

- Departamento de Educación, (2000). *Estándares: Programa de ciencia*. Puerto Rico: Autor.
- Departamento de Educación, (2007). *Estándares de contenido y expectativas de grado: Programa de ciencia*. Puerto Rico: Autor.
- Texas Instruments, (2005). *Vernier EasyData Guide book*.
- Texas Instruments, (2005). *TI Classroom Activities: Graphing your motion. Lab 35*. Physical Science with Vernier.
- Giancoli, D., (2005). *Physics: Principles with applications. 6th ed*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Stollberg, R. & Hill, F. (1967). *Física: Fundamentos y Fronteras*. 1ra ed. Mexico: Publicaciones Cultural.