

# Universidad Autónoma de Chiapas

## Facultad de Ciencias en Física y Matemáticas

### Notas del Curso de Introducción a la Física

por

César Alvarez Ochoa

#### Objetivo General

Estas notas tiene por objetivo proporcionar en forma escrita los temas tratados en cada una de las clases del curso de Introducción a la Física, además de servir de apoyo adicional a la bibliografía proporcionada al inicio de cada semestre. Servirán también como material de apoyo para que el alumno conozca, se familiarice, comprenda y aplique los conceptos básicos de la física y pueda preparar exámenes mensuales.

#### Forma de Evaluación:

4 exámenes parciales 80%

Participación 5%

Tareas 15%

#### Objetivo Particular

Al término de las clases correspondientes a estas unidades y la revisión de este material el alumno será capaz de hacer operaciones con vectores. Tendrá las nociones básicas de punto material, tiempo absoluto y espacio absoluto. Podrá describir el movimiento de una partícula con velocidad constante, con aceleración constante, tiro parabólico y movimiento circular uniforme.

## 0.1 Índice:

### Introducción

- 1.1 Sistemas de Referencia no inerciales
- 1.2 Mediciones
- 1.3 Análisis dimensional
- 1.4 Cinemática
- 1.5 Herramientas Matemáticas
- 1.6 Algebra de Vectores
- 1.7 ¿Qué entendemos por movimiento?
- 1.8 Sistema de Referencia Inercial
- 1.9 Transformadas de Galileo
- 1.10 Movimiento Rectilinio Uniforme
- 1.11 Movimiento Uniforme Acelerado
- 1.12 Tiro Parabólico
- 1.13 Bibliografía

# 1 Introducción.

La mecánica clásica es la parte de la física que está más relacionada con la experiencia humana. Los fenómenos físicos que describe se relacionan a nuestro sentido común.

La mecánica clásica es válida solo cuando consideramos cuerpos moviéndose a velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz que es de 300 mil kilómetros por segundo. Para comparar, la velocidad de un avión es de 1000 kilómetros por hora en promedio. Existe otra restricción importante en la validez de la mecánica clásica y es que solo es válida para dimensiones mucho mayores a las dimensiones atómicas. La mecánica clásica falla en describir el movimiento de un electrón alrededor de su núcleo atómico por ejemplo.

La mecánica se divide para su estudio en cinemática y dinámica. La cinemática estudia el movimiento de los cuerpos sin atender las causas que lo producen.

Antes de ir más adelante tenemos que entender que es el movimiento de los cuerpos. Pensemos en un cuerpo que está aislado en el universo, entonces decimos que no tiene sentido hablar del movimiento de este cuerpo. Esto es así, por que solo tiene significado físico hablar de movimiento en relación a otros cuerpos que sirven de referencia, a los que llamaremos sistemas de referencia. Concluimos que si no existe un sistema de referencia al cual podamos referir el movimiento, no podemos hablar de movimiento. Supongamos que tenemos un sistema de referencia, entonces para este sistema de referencia el movimiento más simple que puede observarse que existe en la naturaleza será el movimiento a velocidad constante y en línea recta.

Galileo Galilei demostró en sus experimentos con planos inclinados y balines, que no se necesita de una fuerza para que un cuerpo se mueva como establecía la física de Aristóteles. Entonces un cuerpo se moverá a velocidad constante y en línea recta a menos que exista una fuerza que actúe sobre el cuerpo y cambie su velocidad y dirección. Esto último se conoce como la primera Ley de Newton o Ley de la inercia.

## 1.1 ¿Qué estudia la Física?

La física es una ciencia que se encarga del estudio matemático de las relaciones que existen entre la materia y la energía en cualquiera de sus formas. El estudio de estas relaciones se hace desde el nivel más fundamental de interacción.

## 1.2 Mediciones

Para poder llegar a un conocimiento objetivo de la naturaleza tenemos que medir las propiedades de la materia y la energía. Podríamos decir: "Si no se puede medir, no existe".

Para medir las diferentes propiedades de la materia y la energía el ser humano ha inventado un sistema de medidas llamado: Sistema Internacional S.I. en el cual a su vez se divide en dos sistemas: el sistema MKS que significa Metro, Kilogramo, Segundo y el sistema cgs que significa centímetro, gramo, segundo.

Cuando se escribe una ecuación, cada una de las variables simbolizan cantidades físicas, estas cantidades físicas se miden con alguna unidad en el SI. Estas unidades deben estar en el mismo sistema MKS o cgs. Cabe mencionar que existe otro sistema de medida llamado Sistema Inglés que no usaremos en este curso.

En trigonometría tenemos el radián y grado como unidad de ángulo plano y el estereadiano y grados cuadrados como unidad de ángulo sólido.

### Ejercicios:

¿Cuántos ergios hay en joule? Resp. 1 Joule = 10<sup>7</sup> ergios

¿Cuántas dinas hay en un Newton? Resp. 1 Newton = 10<sup>5</sup> dinas

¿Cuántos grados hay en un radian? Resp. 57.3 grados

¿Cuántos grados cuadrados hay en steradian?

	MKS	cgs
Longitud	Metro (m)	centimetro (cm)
Masa	Kilogramo (Kg)	gramo ((gr)
Tiempo	segundo (s)	segundo (s)

Table 1: Unidades Fundamentales

	MKS	cgs	equivalencia
area	m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> cm <sup>2</sup>
Volumen	m <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> = 10 <sup>6</sup> cm <sup>3</sup>
Luminosidad	J/s	erg/s	
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	
Velocidad	m/s	cm/s	
Aceleración	m/s <sup>2</sup>	cm/s <sup>2</sup>	
Fuerza	N	dina	1N = 10 <sup>5</sup> dinas
Trabajo	J	erg	1J = 10 <sup>7</sup> ergs

Table 2: Unidades Derivadas

### 1.3 Análisis Dimensional

Toda ecuación debe tener las mismas unidades fundamentales o derivadas de los dos lados del signo =  
Ejemplo: La siguiente ecuación es la representación matemática de la segunda Ley de Newton

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

$\vec{F}$  representa la fuerza, se mide en Newtons (N) en el sistema MKS. Entonces el producto  $m\vec{a}$  del lado izquierdo del signo = debe tener la misma unidad que la fuerza, es decir, se debe medir en Newtons (N) también. Lo que implica que kilogramo por metros sobre segundos cuadrados es equivalente a un Newton. Si las unidades no coinciden en ambos lados de la ecuación entonces hemos cometido un error y hay que revisar nuevamente las magnitudes involucradas.

### 1.4 Cinemática

La cinemática es la rama de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos sin atender a las causas que lo producen, es decir, sin conocer las fuerzas que actúan sobre los cuerpos.

Para hablar de movimiento de una partícula tenemos que especificar con respecto a que se mueve dicha partícula, es decir, tenemos que definir un sistema de referencia. Un sistema de referencia es un sistema cartesiano con un reloj. Si no existe un sistema de referencia, hablar de movimiento carece de sentido físico.

Supongamos que una partícula de masa  $m$  se mueve a lo largo de una trayectoria  $C$  entonces su posición con respecto a un sistema de referencia  $K$  va a estar dada por el vector de posición  $\vec{r}$

Se observa de la figura que la posición  $\vec{r}$  depende del punto que tomemos como origen.

El número de valores necesarios para especificar la posición de una partícula esta vinculada con la dimensión del espacio donde trabajemos. Así, por ejemplo, en un espacio de 1 dimensión necesitamos solo un valor o coordenada, en un espacio de 2 dimensiones necesitamos 2 valores o dos coordenadas y así sucesivamente.

En sistemas de una dimensión el vector de posición  $\vec{r}$  lo podemos escribir como

$$\vec{r} = xi, \quad (2)$$

donde  $x$  es la distancia al origen de coordenadas  $e_i$  es la dirección, a la derecha o izquierda del origen, en este caso como  $i$  es positiva, decimos que es a la derecha del origen de coordenadas. En 2

dimensiones el vector de posición se puede especificar con

$$\vec{r} = xi + yj \quad (3)$$

donde las variables  $x$  y  $y$  son las distancias respectivas al origen a lo largo de cada uno de los ejes del sistema de coordenadas cartesianos. Las variables  $i$  y  $j$  son las direcciones a lo largo de dichos ejes. Para un sistema de coordenadas de 3 dimensiones el vector de posición esta dada por:

$$\vec{r} = xi + yj + zk \quad (4)$$

No todos los sistemas de coordenadas son cartesianos, hay sistemas de coordenadas polares en dos dimensiones, hay sistema de coordenadas cilíndrico y esférico en 3 dimensiones y muchísimos otros que aquí no estudiaremos. En la resolución de problemas nosotros escogeremos el sistema de coordenadas que más nos convenga.

## 1.5 Herramientas Matemáticas

Repasemos algunas herramientas matematicas fundamentales para la buena comprensión de este curso.

**Teorema de Pitágoras:** Establece que en un triángulo rectángulo la suma del cuadrado de los catetos  $a^2$  y  $b^2$  es igual al cuadrado de la hipotenusa  $c^2$ . Este teorema es fundamental, pues en el estudio de los vectores es de gran importancia:

**Funciones trigonométricas:** En los triángulos rectángulos además del Teorema de Pitágoras se cumplen otras relaciones que conocemos como funciones trigonométricas: seno, coseno, tangente, secante, cosecante y cotangente.

## 1.6 Algebra de Vectores

Existen dos cantidades físicas: Cantidades escalares que son números. Ejemplo: la presión, la densidad, el volumen, la temperatura, la masa, etc. Y cantidades vectoriales: son cantidades que poseen una magnitud y una dirección y que podemos representar geoméricamente con una flecha como el caso del vector de posición: Ejemplos: La fuerza, la aceleración, el área, la velocidad, la aceleración, etc.

A los vectores podemos sumarlos, restarlos, multiplicarlos entre si pero no podemos dividirlos. Estas operaciones dan por resultado otro vector.

El efecto de multiplicar un vector por un escalar es hacerlo más grande, más chico, dejarlo igual, cambiarle su dirección o anularlo.

**Suma de vectores:** para sumar vectores geoméricamente los representamos con una flecha, luego formamos las flechas de los vectores que vamos a sumar y finalmente la flecha que une el principio del primer vector con el final del último vector es lo llamamos vector resultante  $R$ . Es importante notar que los vectores son invariantes ante traslaciones, es decir, no cambian si los movemos de un lugar a otro, conservando su tamaño y dirección.

## 1.7 ¿Qué es el movimiento?

Contestar a este pregunta no es sencillo por los prejuicios que traemos con nosotros y por la limitación de nuestros sentidos.

Como ya habíamos comentada anteriormente, siempre que hablemos de movimiento, este tiene que ser con respecto a algo (un árbol, la carretera, el piso, etc). No tiene sentido hablar de movimiento si no decimos con respecto a que nos movemos. Respecto a que nos movemos en física se llama sistema de referencia. Un sistema de referencia simple se construye utilizando 3 ejes perpendiculares uno con respecto a los otros a los que llamaremos  $x$   $y$  y  $z$ . Donde se interceptan estos tres ejes le llamaremos origen del sistema de coordenadas y corresponde a las coordenadas  $(0,0,0)$ . Una regla y un reloj nos servirán para medir distancias al origen de coordenadas y tiempos a un objeto que se mueve en el espacio de nuestro sistema, de manera que podamos ubicar su posición en cada momento.

Dado un sistema de referencia, podemos decir que el movimiento es el cambio de posición con respecto a este sistema de referencia.

## 1.8 Sistema de Referencia Inercial (SRI)

Para definir estos sistemas hace falta introducir otro concepto que en física se conoce como velocidad. La velocidad es el ritmo con que un objeto cambia su posición con respecto a un sistema de referencia. Un sistema de referencia inercial es aquel que se mueve a velocidad constante con respecto a otros sistema de referencia, es decir, su posición cambia de manera constante en el tiempo. Vale la pena mencionar que Isaac Newton pensaba que existía un sistema de referencia inercial absoluto, esto es un sistema universal al cual se podían referir todos los movimientos en el universo, este sistema de referencia de absoluto se le conocía como éter. El éter llenaba todo el espacio que hay en el universo.

En realidad, en el mundo en que vivimos no existe un sistema de referencia absoluto y todos los sistemas de referencia pasan a ser sistemas de referencia relativos, relativos al observador que los define. El movimiento pasa a ser entonces una cantidad relativa.

Una vez que se define un sistema de referencia inercial, todos aquellos sistemas que se muevan a velocidad constante con respecto a este sistema serán también sistemas de referencias inerciales.

Una vez que tenemos un sistema al cual referir el movimiento podemos encontrar propiedades intrínsecas del espacio. Por ejemplo, con respecto a un sistema de referencia un objeto que mueva en línea recta y a velocidad constante es equivalente a otro objeto que se mueva a otra velocidad (en otra dirección) constante y en línea recta, entonces el espacio tiene propiedades que son independientes de la dirección, decimos entonces que el espacio es homogéneo, es decir todas las direcciones son equivalentes.

Por otro lado, si varios sistemas de referencia u observadores estudian el movimiento de un cuerpo que se mueve a velocidad constante y en línea recta, este cuerpo se moverá con esas propiedades así definidas para todos los sistemas de referencia, independientemente de la posición que tengan en el espacio. El espacio es homogéneo, es decir todos los lugares del espacio son físicamente equivalentes, no existe un observador preferente.

Definimos a un sistema de referencia inercial como todo aquel sistema de referencia que se mueva con velocidad constante y en línea recta con respecto a otro sistema de referencia que a su vez es inercial. En un sistema de referencia inercial las ecuaciones que describen la los fenómenos físicos conservan su forma, es decir, las leyes de la física son válidas en todos los sistemas de referencia inerciales.

Un enunciado importante debido a Galileo Galilei es el siguiente:

“Las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales” Esto implica que la forma de las ecuaciones que describen el movimiento son la misma en todos los sistemas de referencia inerciales.

## 1.9 Transformaciones de Galileo

Nos relaciona las observaciones de posición y velocidad de un objeto que hacen dos personas ubicados en dos sistemas de referencia inerciales  $S$  y  $S'$ , donde el observador  $S'$  se mueve a velocidad  $V$  con respecto al observador  $S$ , Figura 1.

$$x' = x + Vt \quad (5)$$

$$y' = y \quad (6)$$

$$z' = z \quad (7)$$

$$t' = t \quad (8)$$

Tiempo Absoluto Tiempo absoluto significa que los intervalos de tiempo entre dos sucesos es el mismo para todos los observadores del Universo.

$$\Delta t' = \Delta t \quad (9)$$

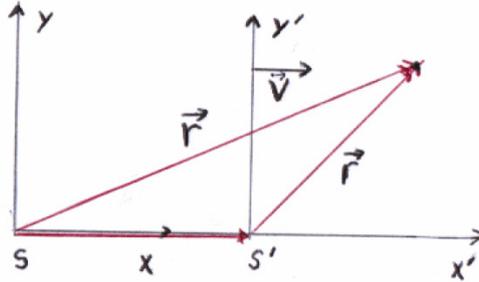


Figure 1: Relación entre los vectores en dos sistemas de referencia inerciales.

Ejemplo: La lluvia tarda una hora para todos los observadores del universo independientemente de como se muevan.

Espacio Absoluto Espacio Absoluto significa que la distancia entre dos puntos es la misma para todos los observadores del universo.

$$\Delta x' = \Delta x \quad (10)$$

Ejemplo: Un lápiz mide lo mismo para todos los observadores del universo independientemente de como se muevan.

Tiempo Relativo Tiempo relativo significa que los intervalos de tiempo entre dos sucesos dependen de quien los mida, esto es, que la duración de un suceso no es el mismo para todos los observadores del universo.

Espacio Relativo Espacio relativo significa que la distancia entre dos puntos depende de quien mide esa distancia, esto es, que la distancia entre dos puntos no es la misma para todos los observadores del universo.

Dado un SRI la posición de un objeto de masa  $m$ , al que llamaremos partícula (para por el momento no tomar en cuenta sus dimensiones y su forma) que se mueve a lo largo de una trayectoria  $C$  con velocidad  $\vec{V}$  esta determinada por el vector de posición  $\vec{r}$

Es coordenadas cartesianas  $\vec{r}$  puede escribirse como

$$\vec{r} = xi + yj + zk \quad (11)$$

donde  $i, j$  y  $k$  son vectores unitarios en la dirección de cada uno de los ejes cartesianos  $x, y$  y  $z$ . Es decir estamos ubicado la posición de un objeto en un espacio que consta de 3 dimensiones. En un espacio de una y dos dimensiones precisamos solo de una y dos coordenadas respectivamente.

La velocidad  $\vec{v}$  de un punto material esta entonces dada por la derivada con respecto al tiempo  $t$  del vector de posición  $\vec{r}$ . Es decir, la velocidad esta dada por el ritmo de cambio del vector de posición i.e.:

$$\vec{v} = \frac{dr}{dt} \quad (12)$$

Si el sistema de referencia no gira entonces los vectores unitarios permanecen constantes y nos queda la velocidad como:

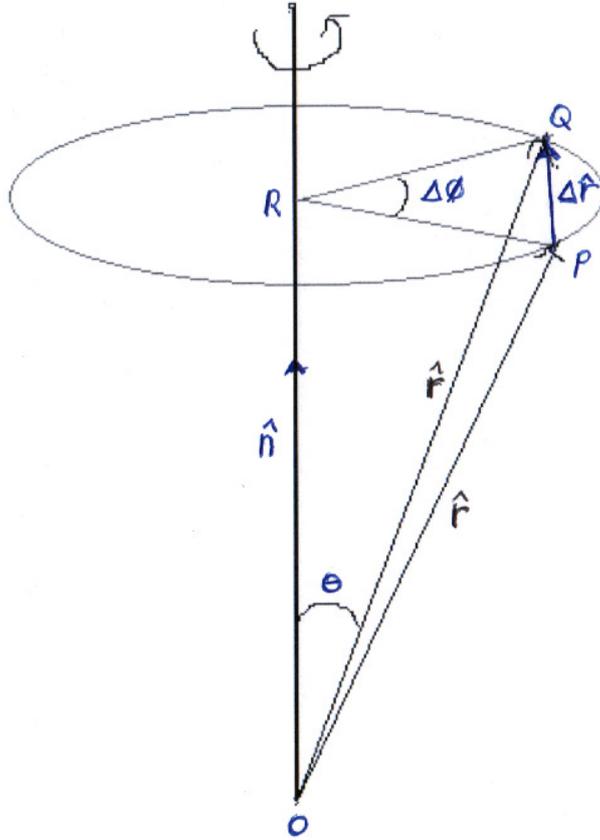


Figure 2: Representación de la variación del vector unitario

$$\vec{V} = \frac{dx}{dt}i + \frac{dy}{dt}j + \frac{dz}{dt}k \quad (13)$$

En el caso más general estos vectores varían de dirección y el sistema de referencia es no inercial quedando la velocidad como:

$$\vec{V} = \frac{dx}{dt}i + x\frac{di}{dt} + \frac{dy}{dt}j + y\frac{dj}{dt} + \frac{dz}{dt}k + z\frac{dk}{dt} \quad (14)$$

Donde las derivadas de los vectores unitarios  $i, j$  y  $k$  indican el ritmo de cambio de dirección de los ejes, es decir, el sistema esta girando. Ejemplo: Un avión sin control que se mueve azarosamente en el cielo.

La figura 2 nos ayudara a encontrar una expresión matemática que me indique como varía un vector unitario. Observamos que el extremo del vector unitario  $\hat{r}$  describe un círculo con centro en el punto donde pasa el eje de giro. Por lo tanto se cumple la siguiente relación:

$$\Delta\hat{r} = \overline{PQ}\Delta\phi \quad (15)$$

Ademas de la inclinación del vector unitario con respecto al eje de giro se cumple la relación

$$\overline{PQ} = \overline{OQ} \sin \theta \quad (16)$$

pero  $\overline{OQ} = 1$  por ser unitario. Sustituyendo  $\overline{PQ}$  en  $\Delta\hat{r}$  nos queda:

$$\Delta \hat{r} = \Delta \phi \sin \theta \quad (17)$$

Ahora sabemos que el producto cruz de los vectores unitarios  $\hat{\eta}$  y  $\hat{r}$

$$\|\hat{\eta} \times \hat{r}\| = \sin \theta \quad (18)$$

Utilizando la regla de la mano derecha, sabemos que el vector  $\hat{\eta} \times \hat{r}$  esta en la misma dirección del vector  $\Delta \hat{r}$

Por lo tanto nos queda:

$$\Delta \hat{r} = \Delta \phi \hat{\eta} \times \hat{r} \quad (19)$$

Definimos a la velocidad angular  $\vec{\omega} = \Delta \phi \hat{\eta}$  para obtener finalmente la expresión matemática que describe la variación de dirección de un vector unitario.

$$\Delta \hat{r} = \omega \times \hat{r} \quad (20)$$

### 1.10 Movimiento Rectilinio Uniforme

Una partícula de masa  $m$  se desplaza a través de una trayectoria  $C$  recta y se observa que recorre distancias iguales en tiempos iguales decimos que dicho cuerpo se mueve con velocidad constante en una línea recta. Este movimiento es el más simple de los movimientos y esta matemáticamente descrito por

$$V = \frac{d}{t} \quad (21)$$

donde  $d$  es la distancia y  $t$  es el tiempo.

### 1.11 Movimiento con Aceleración Constante

Una partícula de masa  $m$  se desplaza por una trayectoria  $C$  y se observa que su velocidad cambia con el tiempo. Decimos que este cuerpo tiene un movimiento con aceleración constante si su velocidad se incrementa o disminuye una cantidad constante en tiempos iguales. Una partícula cuya velocidad cambia en una cantidad constante cada segundo es un movimiento con aceleración constante. Por ejemplo, la aceleración de la gravedad, su valor es  $g=9.8$  m/s/s es decir que la velocidad cambia 9.8m/s cada segundo, al cabo de 2 segundos la velocidad será 19.4 m/s .

Las ecuaciones que describen dicho movimiento son:

$$a=\text{const.}$$

$$v(t) = at + v_0 \quad (22)$$

$$r(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + r_0 \quad (23)$$

Donde  $r_0$  y  $v_0$  son la posición y la velocidad inicial (condiciones iniciales) de la partícula,  $t$  es el tiempo.

Un ejemplo de este movimiento es un cuerpo en caída libre donde  $a = g=9.8$  m/s<sup>2</sup> que es la aceleración de la gravedad.

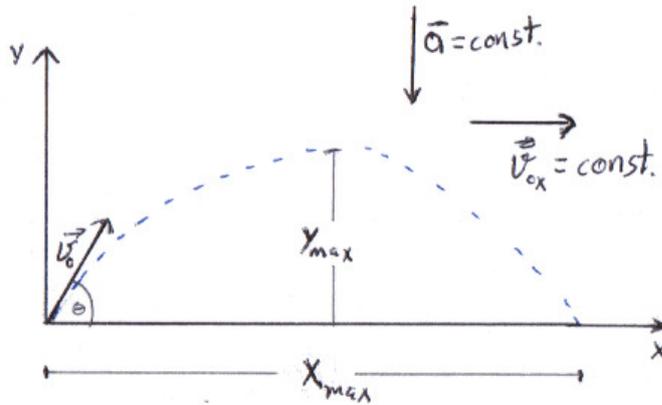


Figure 3: Representación de la variación del vector unitario

### 1.12 Tiro Parabólico

Este movimiento resulta de la combinación del movimiento rectilíneo uniforme en la dirección horizontal o eje  $x$ , y el movimiento con aceleración constante en la dirección vertical o eje  $y$ . Las ecuaciones que gobiernan dicho movimiento en cada dirección son las ecuaciones 22 y 23 para la aceleración constante y  $v=d/t$  para la velocidad constante.

. La composición de velocidad constante y aceleración constante da un movimiento parabólico (Figura 3). De la combinación de estas encontramos la distancia máxima ( $x_{max}$ ) y altura máxima ( $y_{max}$ ) alcanzada respectivamente y el tiempo de vuelo ( $t_{max}$ ).

## 2 Bibliografía

- Kittel, C., Knight, W.D., Ruderman, M.A. (1973). Berkeley Physics Course, Vol. 1, Mecánica. Editorial Revert.
- Alonso, M., Finn, E. J. (1995). Física. México: Addison Wesley Iberoamericana.
- Resnick, R., Halliday, D., & Krane. (1987). Física, 5a Edición, CECSA. Feynman, R.P., Leighton, R.B., Sands, M. (1987). The Feynman
- Lectures on Physics Vol. 1 Física. Mass. USA: Addison Wesley. Read.