

# ANÁLISIS DE RESULTADOS DE DIFERENTES MEDICIONES DE LA CONSTANTE DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL $G$

María Guadalupe Contreras Calderón, Luis Omar Becerra Santiago  
 Centro Nacional de Metrología  
 km 4.5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro  
 Tel. 442 2110500 ext. 3534 gcontrer@cenam.mx

**Resumen:** Existen cuatro fuerzas fundamentales en la naturaleza, la fuerza nuclear débil, la fuerza nuclear fuerte, la fuerza de interacción electromagnética y la fuerza de interacción gravitatoria  $G$ , siendo la última, una de las más importantes para describir propiedades del universo. Es por eso que una medición exacta de la constante  $G$  ha sido de interés para muchos científicos. Basados en las teorías de Newton y estudios de Einstein, se han realizado diversos experimentos para la determinación de  $G$ , logrando resultados con incertidumbres relativas de 10 – 30 ppm. El presente artículo hará un resumen de los experimentos realizados para medir el valor de la constante de gravitación universal  $G$ .

## 1. INTRODUCCIÓN

La constante de gravitación universal  $G$  determina la intensidad de la atracción gravitatoria entre los cuerpos, las masas de la tierra y de otros cuerpos celestes como la luna, el sol, los planetas, etc. Esta fuerza de tracción es de interés no solo para la astronomía sino también para la física, debido a que la gravitación es una de las cuatro fuerzas fundamentales (interacción nuclear débil, interacción nuclear fuerte, interacción electromagnética e interacción gravitatoria).

Las interacciones nucleares débil y fuerte son efectivas en las proximidades del núcleo atómico, mientras que la fuerza electromagnética y la fuerza gravitatoria actúan a grandes distancias.

De las cuatro fuerzas de interacción entre partículas que componen el universo, la gravitacional, es por mucho la fuerza más débil de todas y por tanto muy difícil de medir.

La magnitud de  $G$  está dada por la magnitud de la fuerza entre dos masas de 1 kg, separadas por 1 m. o sea, 0.000 000 000 066 7 Newton, la cual es aproximadamente  $3.7 \times 10^8$  veces más pequeña que la fuerza de atracción gravitacional ejercida por la tierra a cada uno de estos objetos de 1 kg que es de 9.78 N.

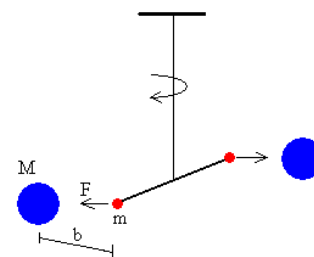
Estos valores ejemplifican que la magnitud de la fuerza de atracción gravitacional entre dos objetos separados una distancia  $x$  es prácticamente imperceptible comparada contra la fuerza de atracción gravitacional ejercida por la masa de la tierra sobre objetos ubicados en su superficie. [1]

## 2. MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONSTANTE UNIVERSAL GRAVITACIONAL $G$

La medición de la constante gravitacional se ha realizado con diferentes experimentos basados en las teorías de Isaac Newton, siendo el primero el realizado por Henry Cavendish y a partir de él se han hecho otros experimentos que han arrojado valores similares a los obtenidos por Cavendish pero con incertidumbres poco confiables.

### 2.1. Medición de Henry Cavendish

Henry Cavendish midió el valor de  $G$  utilizando una balanza de torsión o péndulo de torsión. El principio de Cavendish consiste en una barra suspendida por un cable delgado. En los extremos de la barra se colocaron dos masas iguales con valores conocidos, (Fig.1).



**Fig.1.** Balanza de torsión.

Al acercar a las masas dos esferas más grandes, Cavendish comprobó que la barra giraba produciendo una torsión en el cable. Este hecho mostró que realmente existe una atracción entre las masas.

## 2.2 Historia moderna de determinación de $G$

La historia moderna de la determinación de  $G$  viene de hace 30 a 35 años empezando desde los 70's con tres experimentos. Estos experimentos se realizaron en el Observatorio Nacional de Investigación de Metrología en Francia [1], en Instituto Astronómico de la Universidad de Moscú [4], y el experimento realizado en Oficina Nacional de Normas en USA [5].

CODATA sistema de valores de constantes fundamentales contiene el valor de  $G$  con una incertidumbre relativa de 128 ppm.

## 3. RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra un resumen de resultados de mediciones de  $G$ .

En la tabla se puede observar la gran dispersión de los resultados obtenidos del valor de  $G$ , lo que han hecho que sea imposible saber su valor con exactitud, situación originada por la debilidad de la interacción gravitatoria y la imposibilidad de aislar los efectos de la gravedad.

**Tabla 1.** Valores de la constante de gravitación universal  $G$

Autores de publicaciones	$G$ , $\times 10^{-11}$ $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$	Desv. estándar $\times 10^{-11}$ $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$	ppm
Ponticis, 1972	6.6714	0.0006	90
Luther and Towler, 1982	6.6726	0.0005	75
<b>CODATA, 1986</b>	<b>6.67259</b>	<b>0.00085</b>	<b>128</b>
Michaelis et. Al., 1995	6.7154	0.0006	90
Karagioz, Izmailov, 1996	6.6729	0.0005	75
<b>CODATA, 1998</b>	<b>6.673</b>	<b>0.010</b>	<b>1500</b>
Gundlach, Merkowich, 2000	6.674215	0.000092	14
Schalminger et al., 2002	6.67407	0.00022	33
<b>CODATA, 2002</b>	<b>6.6742</b>	<b>0.0010</b>	<b>150</b>
Armstrong, Fitzegerald, 2003	6.67387	0.00027	41
Schamminger et al., 2006	6.67425	0.00010	16
<b>CODATA, 2006</b>	<b>6.7428</b>	<b>0.00067</b>	<b>100</b>
<b>CODATA 2014</b>	<b>6.7408</b>	<b>0.00031</b>	<b>47</b>

## 4. DISCUSIÓN

La constante universal gravitacional es de interés en muchos campos de la ciencia por lo que muchos científicos están interesados en la medición de la constante con la mayor exactitud posible y determinar si realmente es una constante o un valor cambiante a través del tiempo.

## 5. CONCLUSIONES

El trabajo presentará una breve descripción de los experimentos para medir el valor de la constante de gravitación universal  $G$ , así como los resultados obtenidos.

## 6. BIBLIOGRAFIA

[1] M. U. Sagitov, V. K. Milyukov, et al., A new determination of the Cavendish gravitational constant, Dokl. Akad. Nauk SSSR 245 (3), 567 (1979) [Sov. Phys. Dokl. 245 (1–6), 20 (1981)].

[2] P. R. Heyl, A redetermination of the constant of Gravitation, J. Res. Natl. Bur. Stand. 5 (256), 1243 (1930).

[3] Rosi, G Sorretino, F, Cacciapuoti, Prevedelli, M (2014) Precision measurement of the Newtonian gravitational constant using col atoms. Nature, 510 (7506).

[4] M. U. Sagitov, V. K. Milyukov, et al., A new determination of the Cavendish gravitational constant, Dokl. Akad. Nauk SSSR 245 (3), 567 (1979) [Sov. Phys. Dokl. 245 (1–6), 20 (1981)].

[5] G. G. Luther and W. R. Towler, Redetermination of the Newtonian gravitational constant  $G$ , Phys. Rev. Lett. 48, 121 (1982).

[6] CODATA Value: Newtonian constant of gravitation. CODATA Value: Newtonian constant of gravitation. (2016). Physics.nist.gov. Retrieved 31 May 2016, from <http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?bg>