

## Actividad 1: Ley de gravitación universal

### PROPÓSITO

Se espera que los estudiantes identifiquen cómo una expresión proveniente de la Física responde a un modelo matemático de función potencia con exponente negativo. Analizarán relaciones de interdependencia, fijando algunos parámetros y variando otros, y también compararán la función afín con la potencia de exponente -2.

### Objetivos de Aprendizaje

**OA 3.** Construir modelos de situaciones o fenómenos de crecimiento, decrecimiento y periódicos que involucren funciones potencia de exponente entero y trigonométricas  $\sin(x)$  y  $\cos(x)$ , de forma manuscrita, con uso de herramientas tecnológicas y promoviendo la búsqueda, selección, contrastación y verificación de información en ambientes digitales y redes sociales.

**OA e.** Construir modelos realizando conexiones entre variables para predecir posibles escenarios de solución a un problema, y tomar decisiones fundamentadas.

**OA f.** Evaluar modelos para estudiar un fenómeno, analizando críticamente las simplificaciones requeridas y considerando las limitaciones de aquellos.

### Actitudes

- Pensar con conciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.

**Duración:** 6 horas pedagógicas

## DESARROLLO

## UN MODELO PARA LA ATRACCIÓN UNIVERSAL

Piensa en el universo. ¿Sabías que todos los cuerpos en él, incluidos nosotros, se atraen unos a otros? Esta atracción universal es la fuerza de gravitación universal, formulada por Newton. La ley señala que *todos los cuerpos del universo se atraen con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa*. Se puede expresar matemáticamente como:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

donde  $M$  y  $m$  son las masas de los cuerpos que interactúan,  $r$  es la distancia de separación entre los cuerpos y  $G$  es la constante de gravitación universal, cuyo valor en unidades del Sistema Internacional es:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} N \cdot \frac{m^2}{kg^2}$$

La expresión enunciada sirve únicamente para masas puntuales y cuerpos esféricos, ya que se comportan como si toda su masa se concentrara en su centro, por lo que la distancia se mide desde sus centros.

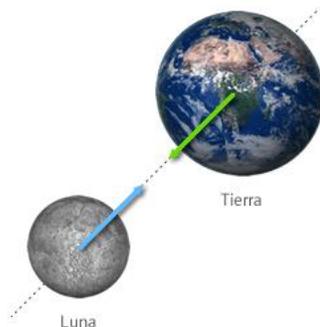


Fig. 1: Imagen extraída de <https://www.curriculumnacional.cl/link/https://www.fiscalab.com/apartado/fuerza-gravitatoria#contenidos>

1. Consideren la expresión que determina la fuerza de gravitación universal entre dos cuerpos:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

- a. ¿Cómo interpretarían la frase *Todos los cuerpos del universo se atraen con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas*?
- b. ¿En qué cantidades se ve reflejada esta relación de proporcionalidad directa?
- c. Si aumenta el producto entre las masas, ¿cómo varía el valor de la fuerza de gravitación universal?

Conexión  
interdisciplinaria:  
**Ciencias para la  
Ciudadanía**  
OA d, 3° y 4° medio

Formen grupos según la cantidad de computadores disponibles y, usando el recurso digital laboratorio de fuerza de gravedad (<https://www.curriculumnacional.cl/link/https://phet.colorado.edu/es/>), separen los cuerpos libremente y midan con la regla la distancia entre sus centros.

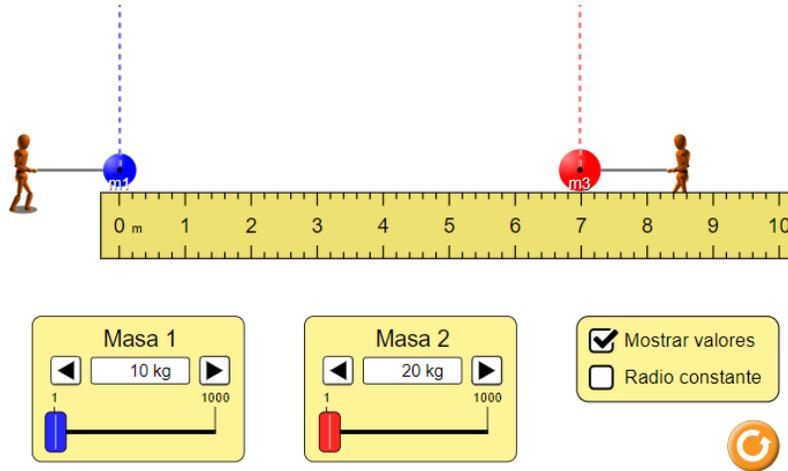


Fig. 2: Recurso digital: Laboratorio de fuerza de gravedad.  
<https://www.curriculumnacional.cl/link/https://phet.colorado.edu/es/>

- Dejando fija la distancia, varíen las masas y completen la tabla con la fuerza de gravitación universal que se obtiene en cada caso.

Tabla 1: Relación entre el producto de las masas y la fuerza de gravitación universal

$M$						
$m$						
$M \cdot m$						
$F$						

- En un plano cartesiano, ingresen los puntos determinados por  $(M \cdot m, F)$ .
  - ¿Cómo varía  $F$  en función del producto de las masas?
  - ¿Cómo es la forma de la gráfica?
  - ¿Conocen alguna función que responda a esta relación de crecimiento?
  - ¿Cómo se vincula este modelo con lo dicho por Newton sobre la relación de proporcionalidad directa?
- Ahora presten atención a la última frase de la ley formulada por Newton: *...se atraen con una fuerza que es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.* ¿Qué sentido le dan a esta frase?
- En el recurso digital Laboratorio de fuerza de gravedad, establezcan un valor fijo para las dos masas. Determinen el producto de ellas, que ahora será constante.

- a. Variando la distancia entre los cuerpos, medida desde sus centros, completen la tabla con algunos valores y determinando a la vez la fuerza de gravitación universal.

Tabla 2: Relación entre la distancia al cuadrado de las masas y la fuerza de gravitación universal

$r$						
$r^2$						
$F$						

- b. En un plano cartesiano, ingresen los puntos determinados por  $(r^2, F)$ . ¿Cómo varía  $F$  en función de la distancia de los cuerpos al cuadrado?
- c. ¿Cómo es la forma de la gráfica?
- d. ¿Conocen alguna función que responda a esta relación de crecimiento?
6. Tracen una línea que mejor aproxime la relación entre los puntos marcados.
- a. ¿Cómo se vincula este modelo con lo dicho por Newton sobre la relación de proporcionalidad inversa?
- b. Comparen su gráfica con otros grupos y señalen si hay diferencias al considerar otro producto de las dos masas. Destaquen también las semejanzas entre los modelos obtenidos.
- c. ¿Cómo varía la fuerza de atracción gravitatoria entre dos cuerpos a medida que crece o decrece la distancia entre ellos?
- d. ¿Qué ocurriría con  $F$  en términos matemáticos si  $r = 0$ ?
- e. ¿Cómo se interpreta en el contexto que  $r = 0$ ?
7. Comparen las restricciones de los valores que puede tomar la variable  $r$  sin contexto y considerando el contexto del problema.
8. Comparen el modelo de la fuerza de atracción gravitacional cuando se fija el valor de la distancia entre los cuerpos y varía el producto de las masas, respecto del modelo cuando se fija el producto de las masas de los cuerpos y varía la distancia entre ellos.
- a. ¿Cómo varía  $F$  en cada caso?
- b. ¿Cambian en cada caso los valores que puede tomar  $F$ ? ¿Qué ocurre con el recorrido en cada caso?
- c. ¿Cómo son los modelos matemáticos de crecimiento descritos en cada caso?
- d. ¿Qué relación hay entre el exponente de la variable usada en las situaciones de la Tabla 1 y la Tabla 2, con el modelo obtenido?

### ORIENTACIONES PARA EL DOCENTE

1. La expresión matemática que permite determinar la fuerza de gravitación universal posee cuatro cantidades variables: la fuerza de gravitación, la masa de un cuerpo, la masa de un segundo cuerpo y la distancia entre ellos medida desde sus centros. Además, una constante, la constante de gravitación universal. La variable dependiente es la fuerza. Para efectos de este estudio, se usará pares de variables, fijando los valores de las otras.

2. Se sugiere analizar la expresión algebraica con el curso, considerando como variables la fuerza de gravitación universal y el producto de las masas de dos cuerpos que interactúan. Es importante saber que la variable será el producto de las dos masas, transformando estas dos cantidades variables ( $M$  y  $m$ ) en solo una a estudiar: el producto de ellas.
3. El “laboratorio de gravedad” es un laboratorio ficticio, debido a la muy baja magnitud de las fuerzas de gravedad que actúan entre las masas de cuerpos que están en consideración (en el ejemplo:  $0,000000000275N$ ). La unidad de “1N (Newton)” representa aproximadamente la fuerza con la cual la Tierra atrae una masa de 100g. Se recomienda expresar estas magnitudes con potencias de 10 ( $0,000\ 000\ 000\ 275N = 2,75 \cdot 10^{-10}N$ ). El laboratorio de gravedad sirve para descubrir la siguiente ley: la fuerza de gravedad es proporcional al producto de las masas que se atraen y, a la vez, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.
4. Se recomienda comparar los dos casos obtenidos del modelo de gravitación: la función potencia de exponente 1, cuando  $r$  es constante, y la función potencia de exponente -2, cuando el producto de las masas es constante. Se espera que los jóvenes entiendan que un mismo modelo de función potencia es aplicable a diversos casos, en tanto el exponente cambia de valor.
5. Se sugiere los siguientes indicadores para evaluar formativamente los aprendizajes:
  - Interpretan información, utilizando modelos que involucran funciones potencia y trigonométricas para deducir resultados.
  - Varían parámetros de modelos existentes que involucran funciones potencia y trigonométricas para comparar resultados.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

*Sitios web sugeridos para estudiantes y profesores:*

- Laboratorio de fuerza de gravedad  
[https://www.curriculumnacional.cl/link/https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab\\_es.html](https://www.curriculumnacional.cl/link/https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab_es.html)
- Orientaciones para el estudio inicial de la fuerza de gravitación universal  
<https://www.curriculumnacional.cl/link/https://www.fisicalab.com/apartado/fuerza-gravitatoria#contenidos>