

---

# TEMA 4b. LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA (II): Isaac Newton



# Tema 4a: La revolución científica (I): Isaac Newton

---

1. La mecánica cartesiana
2. Huygens y el nuevo camino
3. La mecánica newtoniana



## 1. La mecánica cartesiana

---

Descartes intentó desarrollar una cosmovisión coherente con los nuevos descubrimientos físicos y astronómicos y con su **epistemología racionalista**.

Pero este enfoque alejado de la experimentación junto con su confianza en las matemáticas, haría que la mayor parte de sus aportaciones a la mecánica fueran fallidas.

Su máxima, “pienso luego existo” era la base de la potencia deductiva de la mente.



## 1. La mecánica cartesiana

---

Su física se basaba en un visión mecanicista del mundo según la cual todo era causado mediante interacciones directas.

Pero suponía un dualismo materia – alma:

- La **res extensa** era la materia identificada con el espacio que ocupaba.
- La **res cogitans** era el alma (Dios)

El mundo era una gran maquinaria de materia perfectamente engranada animada por Dios.



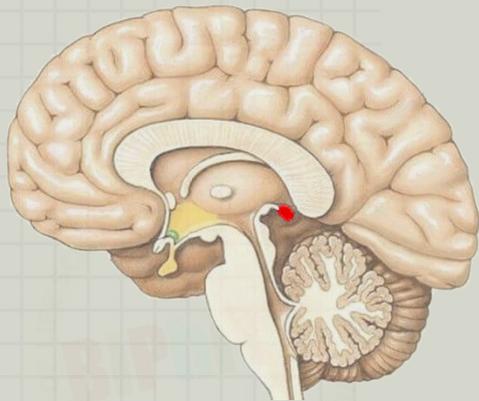
# 1. La mecánica cartesiana

La conexión entre el cuerpo y el alma, es decir, la intervención divina en el mecanicismo material, se realizaba a través de la glándula pineal<sup>(1)</sup>.

Esta premisa condicionaba todo el comportamiento de la materia y se basaba en sus **tres leyes de intercambio de los movimientos** de causas segundas a la causa última divina.

Todo el espacio debía estar ocupado, por lo que en su propuesta **el vacío resultaba imposible**.

<sup>(1)</sup> La glándula pineal o epífisis cerebral es una glándula endocrina que segrega la hormona melatonina que regula los ritmos circadianos y otras funciones relacionadas con la reproducción.



# 1. La mecánica cartesiana

---

## 1º ley o ley de la pasividad:

Los cuerpos se mantienen como estaban: tanto su forma, como su reposo o movimiento.

## 2º ley o ley de la inercia

Los cuerpos en movimiento lo mantienen de forma rectilínea uniforme

## 3º ley o ley de los choques

Cuando los cuerpos chocan conservan la cantidad de movimiento

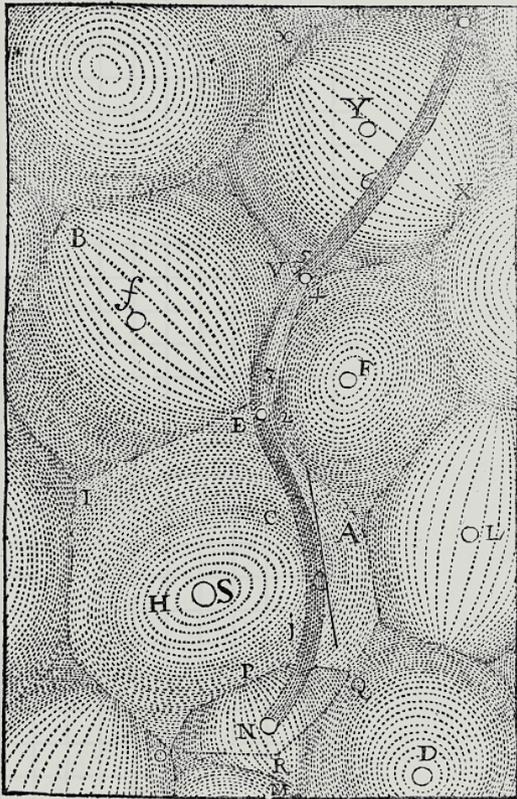


# 1. La mecánica cartesiana

En base a esto elaboró una **teoría de choques** infame, no tanto porque no fuera acertada sino porque era contraria a la más simple observación

Igualmente planteó una **teoría de los vórtices** para explicar el movimiento de los planetas en la que el espacio estaba lleno de éter que creaba remolinos que desplaza los planetas.

Pero era poco más que una especulación porque no permitía deducir ninguna ley.



Vórtices de éter entre los planetas

# 1. La mecánica cartesiana

---

No obstante, Descartes hizo contribuciones a la física dignos de mención, sobre todo en sus estudios sobre óptica acerca de la difracción de la luz y su aplicación al arco iris.

En definitiva, sus leyes de óptica, sus dos primeros principios del movimiento y, sobre todo, la creación del eje de coordenadas y la geometría analítica fueron aportaciones importantes para la ciencia, al margen de otras consideraciones<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Steven Weinberg le pone “a caldo”, aunque no tanto como a Bacon. Su principal crítica es que su método científico se basa en una deducción racional más que en la comprobación experimental, algo que para Weinberg, no es real.

## 2. Huygens y el nuevo camino

---



**Christiaan Huygens** (1629-1695) fue uno de los máximos exponentes del modelo deductivo-experimentalista, junto a Boyle, Hooke y, por supuesto, Newton

Desarrolló el camino abierto por Galileo de forma que la ciencia dejó de verse como conocimiento demostrado para entenderse como conocimiento empíricamente corroborado.

Ahora se comprendería, a lo sumo, como una verdad contingente y revisable.

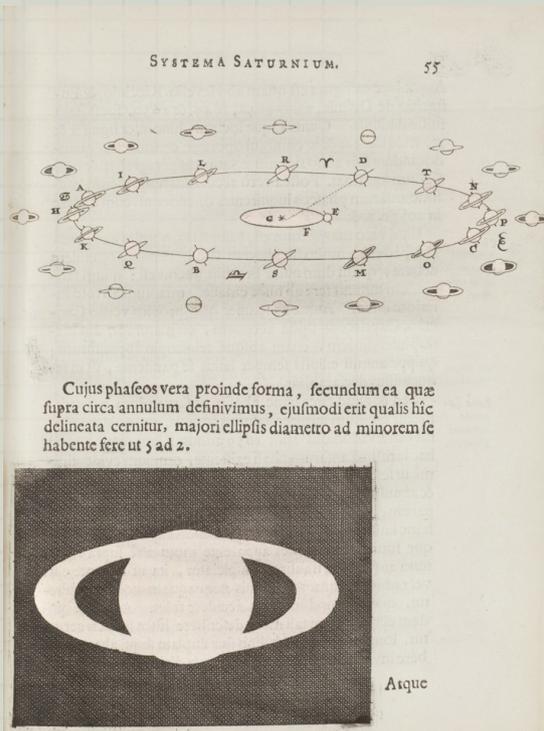


## 2. Huygens y el nuevo camino

Huygens señaló que Bacon no había apreciado la función de las matemáticas, mientras que Descartes había desestimado la función de la experimentación.

Entre sus hallazgos, destacan:

- El descubrimiento de los anillos de Saturno, su satélite mayor (Titan) y sus fases
- El desarrollo de telescopios capaces de distinguir la sombra del anillo sobre el planeta



## 2. Huygens y el nuevo camino

- El invento de un reloj de péndulo muy preciso con el que calculó la aceleración de la gravedad<sup>(1)</sup>
- Las leyes de conservación de las fuerzas vivas<sup>(2)</sup> y de las colisiones, tan erradas en Descartes
- La propuesta de la **naturaleza ondulatoria** de la luz
- La ley de la fuerza centrífuga de un movimiento circular, es decir, la **aceleración asociada al movimiento de una trayectoria curva.**

Esto último sería clave en la obra de Newton

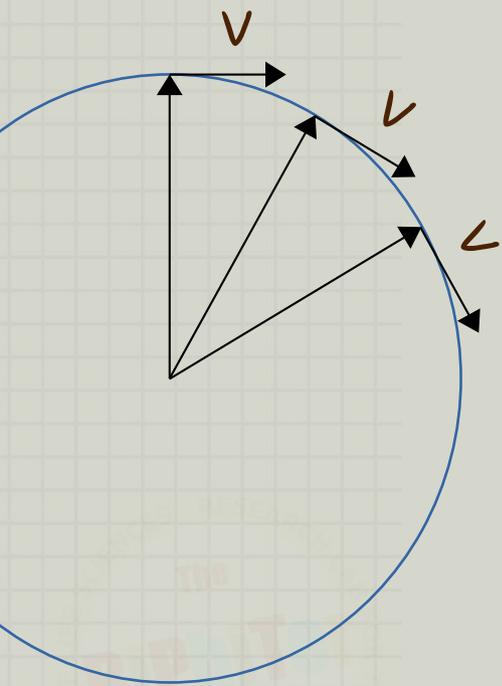
<sup>(1)</sup> Las conversiones de unidades que hace Weinberg llevan los 15 1/12 pies de París que recorre un cuerpo en el primer segundo de caída libre del cálculo de Huygens a la cifra de 32,2 pies/s<sup>2</sup> (9,814 m/s<sup>2</sup>) frente a los 32,17 pies/s<sup>2</sup> de la actualidad (9,805 m/s<sup>2</sup>)

<sup>(2)</sup> Con fuerzas vivas se refería a la conservación de la energía cinética antes y después de un choque

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

## 2. Huygens y el nuevo camino

$$\vec{v} = \frac{\vec{e}}{t}$$



La velocidad es el espacio recorrido por unidad de tiempo, pero hay que considerar el espacio como un vector, es decir, con dirección y sentido.

Desde este enfoque, la aceleración será la variación de la velocidad (entendida también como un vector)

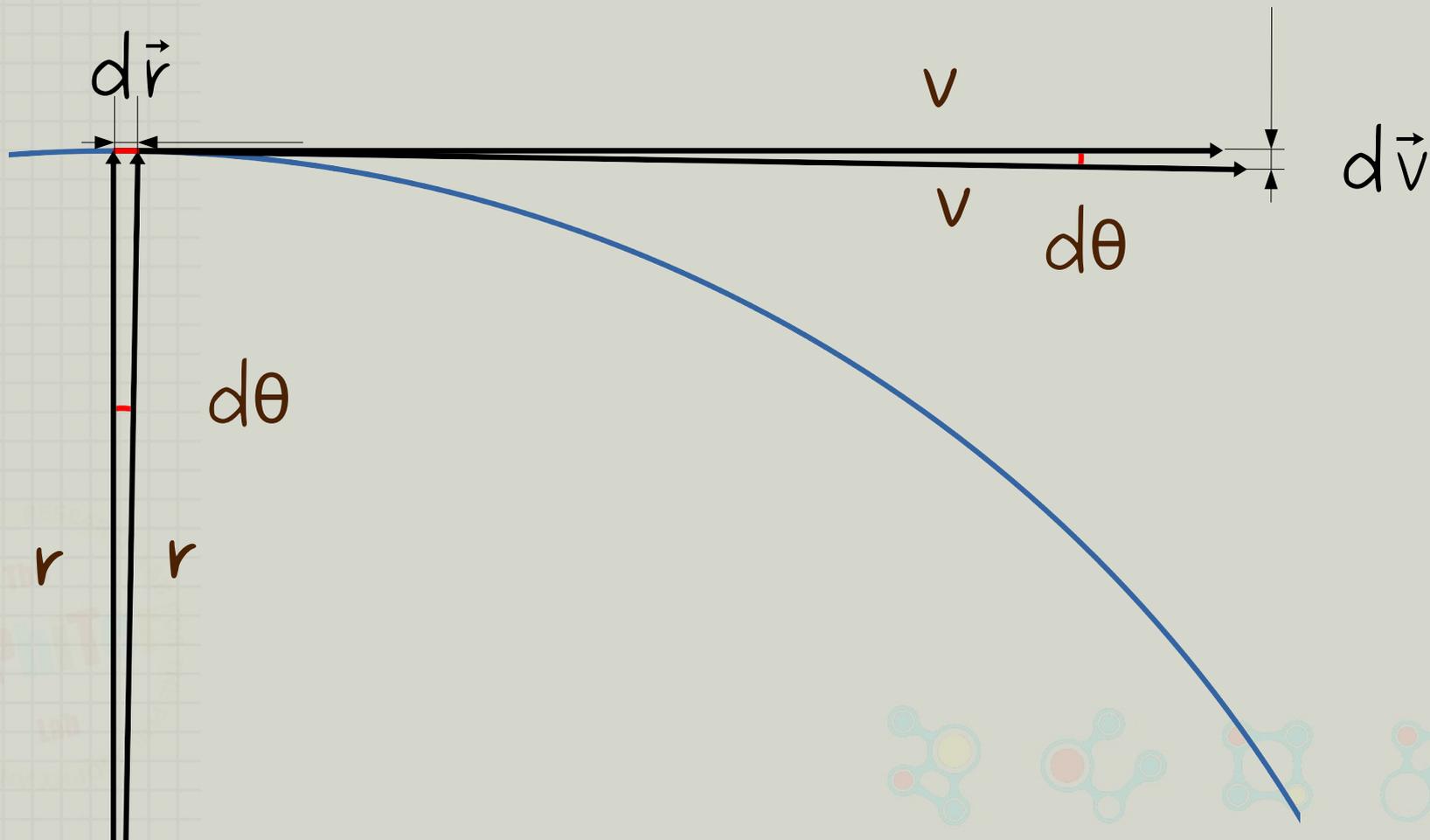
Un móvil girando en torno a un centro, cambia su velocidad porque cambia de dirección, no su módulo.

Por tanto, estará sometido a una aceleración que lo dirige hacia el centro: la **aceleración centrípeta**.



## 2. Huygens y el nuevo camino

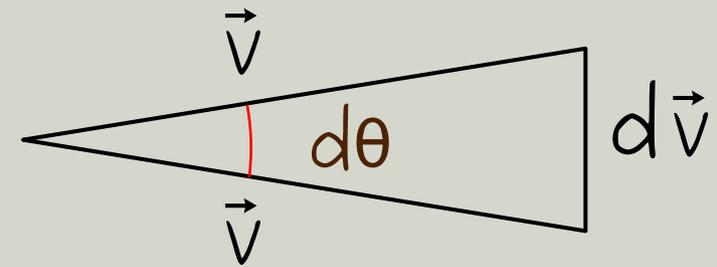
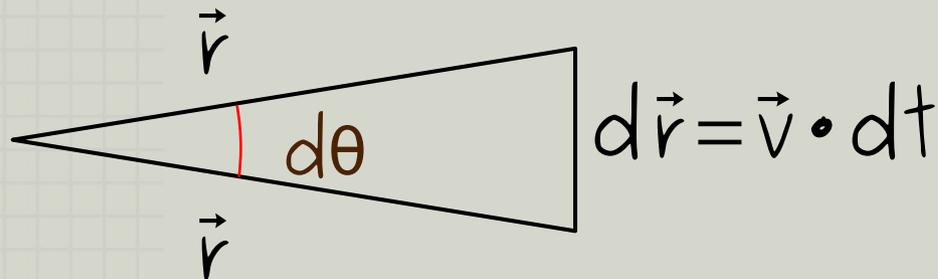
Si tomamos incrementos de tiempo infinitesimales, los **triángulos** determinados por dos vectores  $r$  y su incremento y por dos  $v$  y su incremento, **son semejantes** al (casi) compartir  $d\theta$



## 2. Huygens y el nuevo camino

Además, el espacio recorrido es la velocidad por el incremento del tiempo  $\vec{r} = \vec{v} \cdot t$

Si los exageramos



Al ser semejantes, son proporcionales, luego según el **teorema de Tales...**

$$\frac{\vec{v} \cdot dt}{\vec{r}} = \frac{d\vec{v}}{\vec{r}}$$

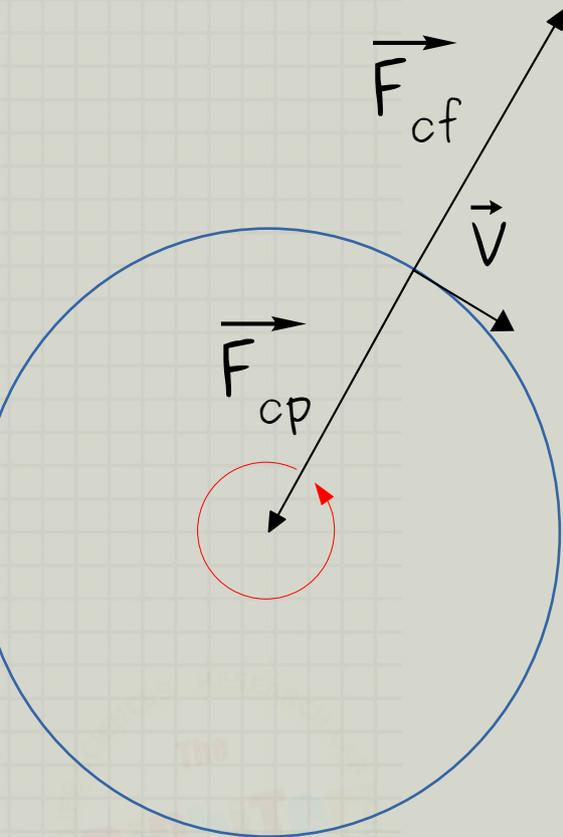
Despejando...

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\vec{v}^2}{\vec{r}}$$

y

$$\vec{a}_c = \frac{\vec{v}^2}{\vec{r}}$$

## 2. Huygens y el nuevo camino



Es decir, un cuerpo que gira alrededor de un centro sufre una aceleración centrípeta que le obliga a girar. Huygens postuló la existencia de una tendencia de los cuerpos a escapar del movimiento circular y que necesitaba una **fuerza** compensatoria de la anterior que llamó **centrífuga**.

Cuando se hace girar un peso con una cuerda, es ésta la que resiste la fuerza centrífuga, pero los planetas no están atados al Sol.

## 2. Huygens y el nuevo camino

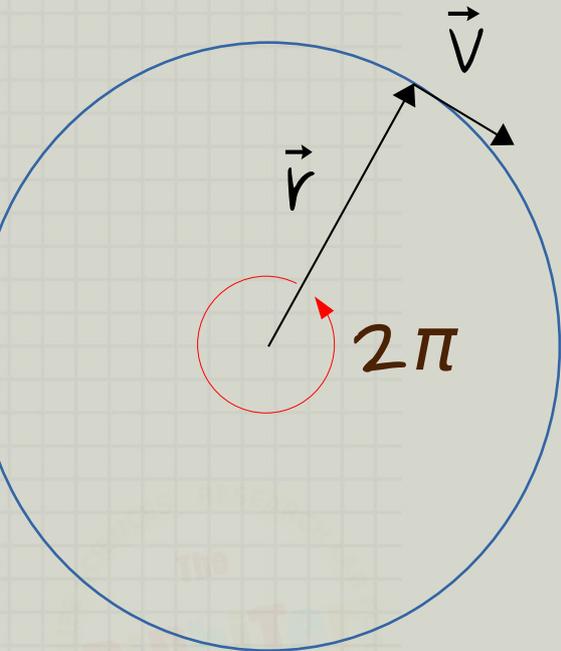
Por otra parte, sabemos que la velocidad lineal de algo que gira es proporcional al radio...

$$\vec{v} = \frac{2\pi\vec{r}}{t}$$

Relacionando esto con la aceleración centrípeta...

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(2\pi r/t)^2}{r}$$

$$a_c = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{r \cdot t^2}$$



## 2. Huygens y el nuevo camino

Relacionando esto con la tercera ley de Kepler...

$$T^2 = K \cdot R^3$$

Y desarrollamos un poco...

$$a_c = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{r \cdot t^2} = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{r \cdot K \cdot r^3} = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{K \cdot r^4} = \frac{4\pi^2}{K \cdot r^2}$$

Tenemos...

$$a_c = \frac{4\pi^2}{K} \cdot \frac{1}{r^2}$$

luego

$$a_c = G \cdot \frac{1}{r^2}$$

## 2. Huygens y el nuevo camino

---

Es decir, la aceleración hacia el centro de un cuerpo que gira es **inversamente proporcional al cuadrado de la distancia**.

Y por lo tanto, la fuerza de atracción entre el Sol y los planetas sigue la misma relación de  $1/r^2$

Esta relación será clave en el desarrollo de la teoría de la gravedad de Newton quien llegó a las mismas conclusiones que Huygens, probablemente **sin** conocer el trabajo de éste.



### 3. La mecánica newtoniana

**Isaac Newton** (1643-1727) fue un filósofo natural que dio paso a la física moderna<sup>(1)</sup> al representar en forma de ecuaciones<sup>(2)</sup> las regularidades físicas.

Newton escribió tres tratados imprescindibles para el futuro de la física y de la ciencia en general:

- En **Opticks**, hace un análisis de las propiedades de la luz, a la que da un **carácter de partícula**
- En el **Método de las fluxiones** sienta las bases del cálculo, inventando la derivada y la integral

<sup>(1)</sup> Se podría decir que fue el último filósofo natural y el primer científico.

<sup>(2)</sup> Galileo introduce las matemáticas, Kepler usa ecuaciones, lo mismo que Huygens, pero la generalización del lenguaje matemático es obra de Newton en su tratado *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, conocidos como los Principia

### 3. La mecánica newtoniana

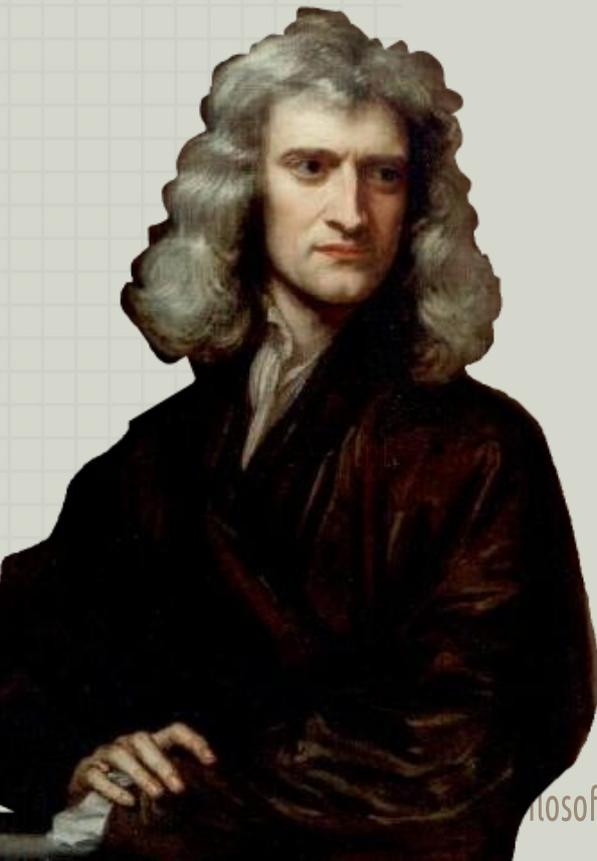
En los **Pincipia**, expone su tratado de mecánica que se desarrolla en oposición a las ideas de Descartes.

La obra comienza con cuatro definiciones al estilo de los Elementos de Euclides:

#### Definición I <sup>(1)</sup>

La cantidad de materia (**masa**) es una medida de la misma que resulta de su densidad y volumen.

Luego la **masa** es una propiedad intrínseca de la materia diferente de la extensión cartesiana



<sup>(1)</sup> No son definiciones literales



### 3. La mecánica newtoniana

#### Definición II

La cantidad de movimiento<sup>(1)</sup> (**momento**) es una medida de éste que resulta de su velocidad y su masa

#### Definición III

La **fuerza inherente** de la materia es la propia de cada cuerpo que lo mantiene en su estado.

#### Definición IV

La **fuerza impresa** es la acción ejercida sobre un cuerpo para sacarlo de su estado

<sup>(1)</sup> Hoy lo denominamos momento lineal, se representa con la letra p y se expresa como el producto de la masa por su velocidad.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

En las definiciones V, VI, VII y VIII define la aceleración centrípeta y sus propiedades.

Tras esto, añade un esolio en el que se niega a definir, pero describe, espacio y tiempo.

### 3. La mecánica newtoniana

---

Por tanto, entiende la **fuerza** como principio causal de la variación de movimiento. Es inmaterial y diferente al momento (impulso) galileano.

El enfoque mecanicista cartesiano, consideraba que solo el choque, entendido como causa material directa, era motivo de cambio

En este sentido Newton no es mecanicista porque la fuerza es inmaterial y actúa a distancia.



### 3. La mecánica newtoniana

---

De forma similar a los principios del movimiento de Descartes, Newton describe sus leyes del movimiento

#### Primera ley o ley de la inercia

Todo cuerpo permanecerá en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado por fuerzas externas a cambiar su estado.

De nuevo<sup>(1)</sup> se pone de manifiesto la negación del estado natural de reposo aristotélico.

<sup>(1)</sup> Esta primera ley fue formulada casi de forma idéntica por Descartes y asumida por Galileo aunque entendida como movimiento circular uniforme.

### 3. La mecánica newtoniana

## Segunda ley o ley de la interacción y la fuerza

El cambio de movimiento<sup>(1)</sup> es proporcional a la fuerza motriz externa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.

Esta ley se puede expresar como que la aceleración que adquiere un cuerpo es proporcional a la fuerza que se le aplica y a su masa.

<sup>(1)</sup> Con esta expresión se refiere a la variación de la cantidad de movimiento en el tiempo, matemáticamente

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{t} = \frac{m \cdot \Delta \vec{v}}{t}$$

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{t} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

### 3. La mecánica newtoniana

## Tercera ley o ley de acción-reacción

Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria; las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentidos opuestos.

$$\vec{F}_{ac} = \vec{F}_{reac}$$

Tras las definiciones y las leyes, Newton extrae una serie de 6 corolarios<sup>(1)</sup>, como el **corolario III** en que demuestra la **ley de la conservación del movimiento**.

$$\vec{p}_{antes} = \vec{p}_{después}$$

<sup>(1)</sup> Otros corolarios tratan de :

**Corolarios I y II:** Sobre la naturaleza vectorial de las fuerzas y como se pueden sumar mediante la “regla del paralelogramo”

**Corolario IV** que trata sobre el centro de gravedad de un sistema de masas

**Corolarios V y VI** que tratan de los sistema de referencia inerciales, similares al principio de relatividad galileano

### 3. La mecánica newtoniana

---

Tras esta introducción los **Principia** se estructuran...

**Libro I:** Estudio del movimiento de un cuerpo sometido a fuerzas y sin resistencia del medio<sup>(1)</sup>

- Dada una fuerza calcula qué movimientos produce
- Dado un movimiento calcula qué fuerza lo produce

En este libro deduce que las fuerzas centrales son proporcionales al  $1/r^2$  y que provocan movimientos que siguen secciones cónicas<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> En el vacío, por ejemplo.

<sup>(2)</sup> Es decir, deduce las leyes de Kepler



### 3. La mecánica newtoniana

---

**Libro II:** Estudio del movimiento de un cuerpo en un medio que ofrece resistencia (fluidos) según diversas leyes posibles de la fuerza de resistencia

Imagina medios que ofrecen diferente resistencia, por ejemplo según la velocidad o el cuadrado de la velocidad... Luego intenta asignar esto a las distintas resistencias conocidas.

En el fondo es un intento de refutación de la teoría de vórtices cartesiana al no encontrar ningún medio que de como resultado la propuesta cartesiana

Además le sirve, por ejemplo, para calcular la velocidad de las ondas sonoras, aunque no de forma correcta porque no consideró la influencia de la temperatura.

### 3. La mecánica newtoniana

**Libro III** o El sistema del mundo: es la aplicación de sus leyes a la astronomía

Así, generaliza la ley del inverso del cuadrado formulando<sup>(1)</sup> la **ley de la gravitación universal**

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

También explica las irregularidades observadas<sup>(2)</sup> en las órbitas de los planetas respecto a los cálculos de Kepler.

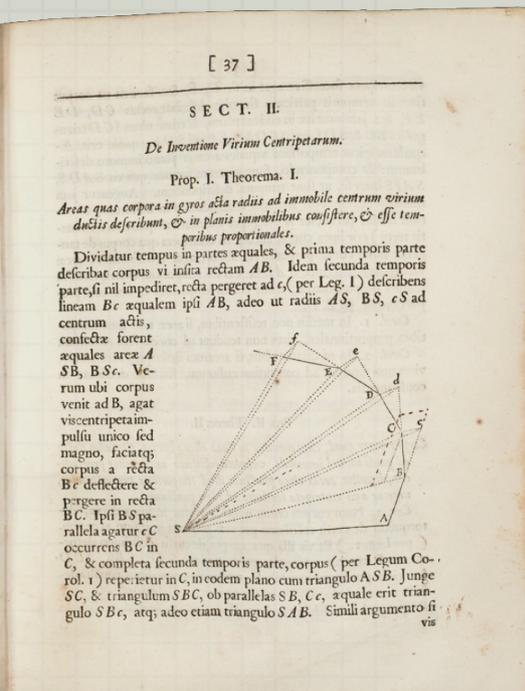
<sup>(1)</sup> Aunque no expresándolo así

<sup>(2)</sup> Las observaciones cada vez más precisas no coincidían con la aplicación de las leyes de Kepler, que no dejaban de ser unas leyes derivadas de la observación y por tanto, expuesta a errores.

### 3. La mecánica newtoniana

## Deducción de la 2ª ley de Kepler

Newton lo demuestra proposición I de la sección II del libro I



## Deducción de la segunda ley de Kepler

La ley dice que la línea que une el Sol con un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales.

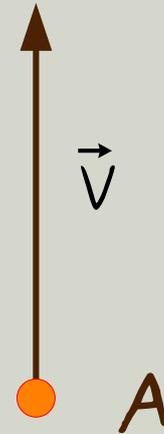
Newton va a considerar un cuerpo que se mueve a una velocidad constante y se ve sometido a una fuerza que modifica su velocidad inicial.

Aplica la ley de suma vectorial (paralelogramo) deducida en el corolario I para trazar la trayectoria.

### 3. La mecánica newtoniana

Supongamos un planeta que se mueve con una velocidad lineal uniforme

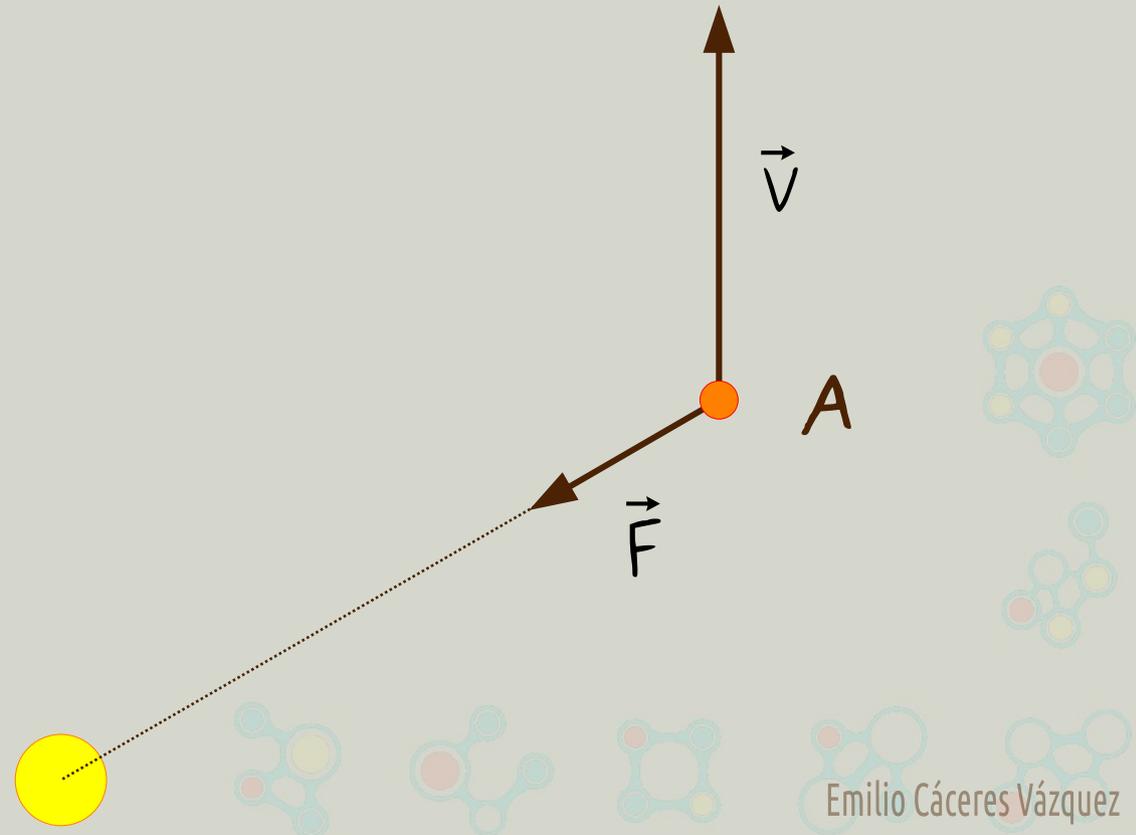
#### Deducción de la 2ª ley de Kepler



### 3. La mecánica newtoniana

#### Deducción de la 2ª ley de Kepler

En función de su distancia al Sol, se verá afectado por una fuerza centrípeta, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia

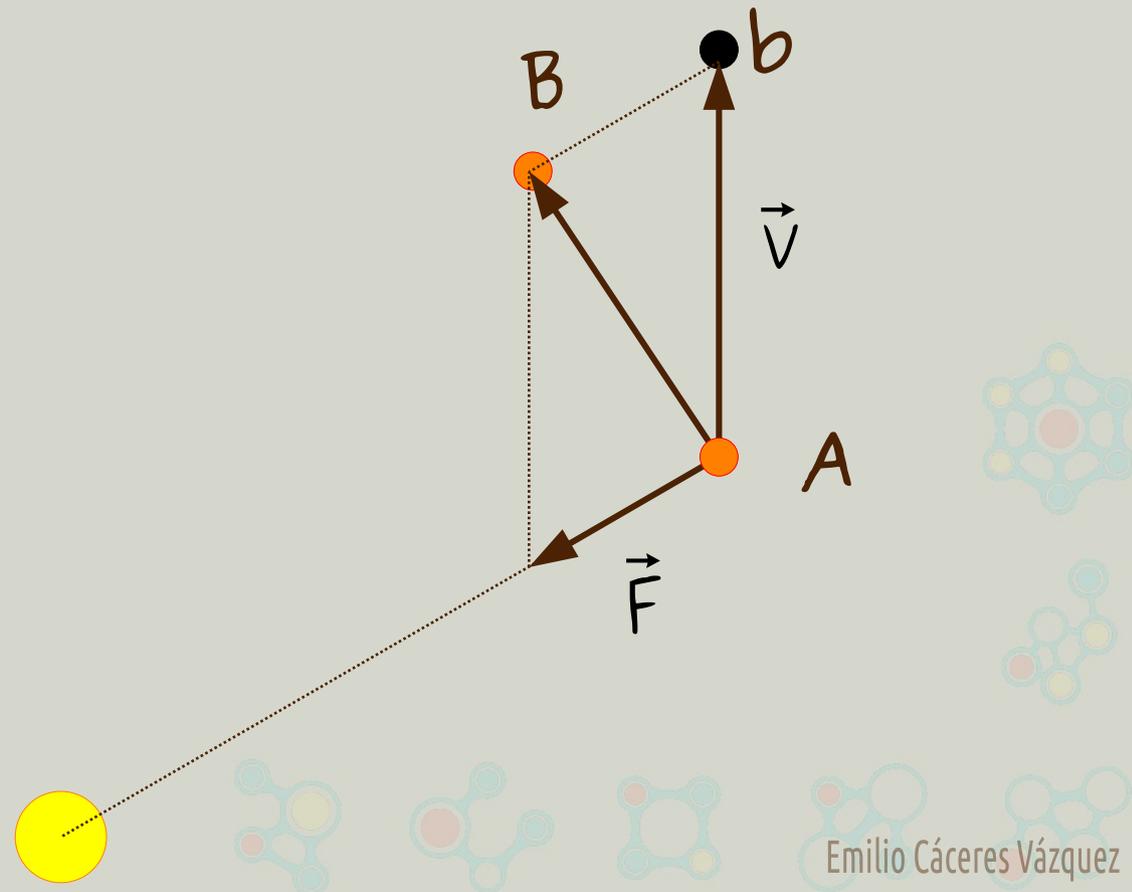


### 3. La mecánica newtoniana

#### Deducción de la 2ª ley de Kepler

Según la suma vectorial (corolario I), esta fuerza cambiará la velocidad del planeta (solo en dirección) de esta forma terminará en B en vez de en b.

Es como la descomposición de movimientos de Galileo

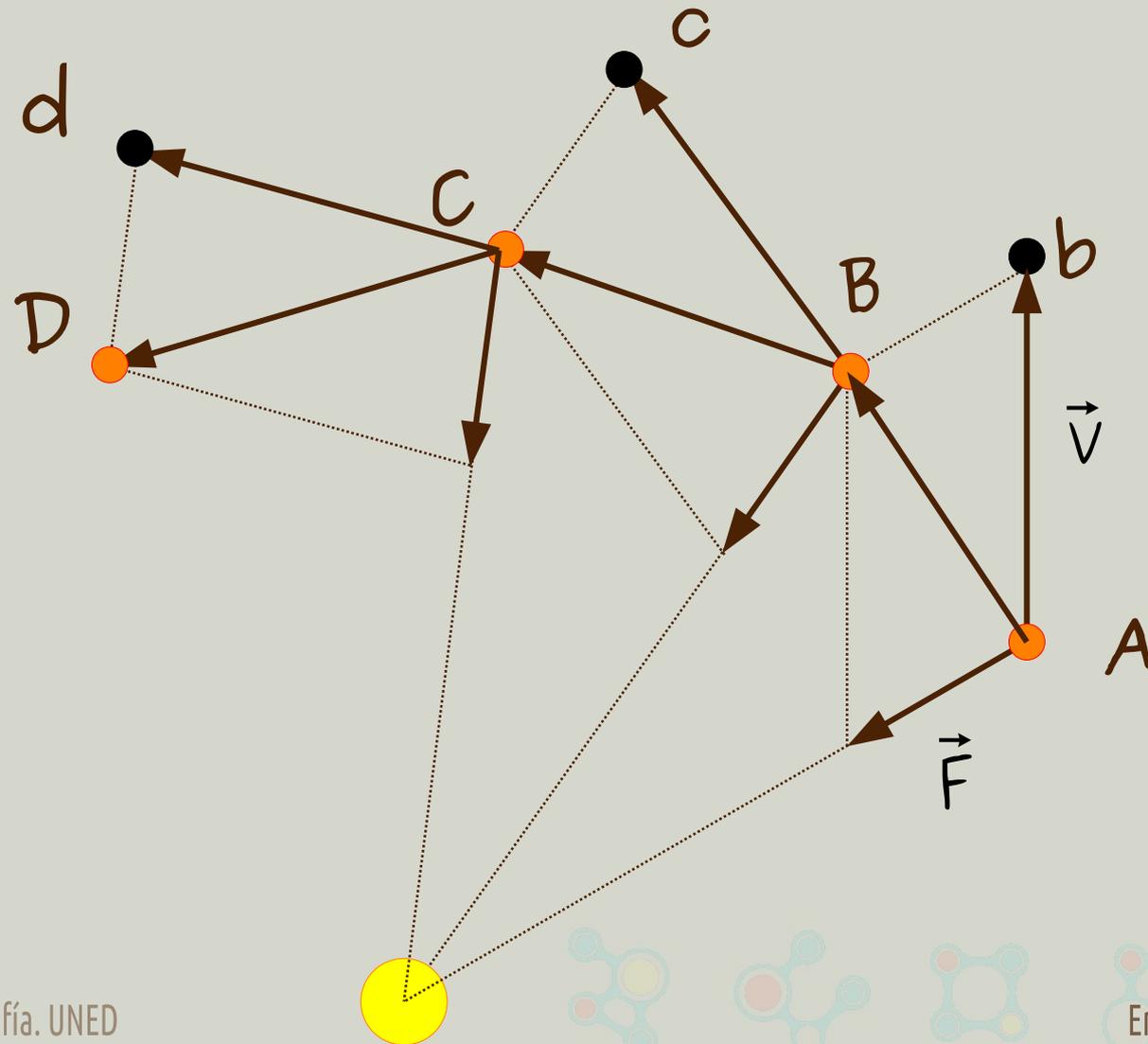




### 3. La mecánica newtoniana

#### Deducción de la 2ª ley de Kepler

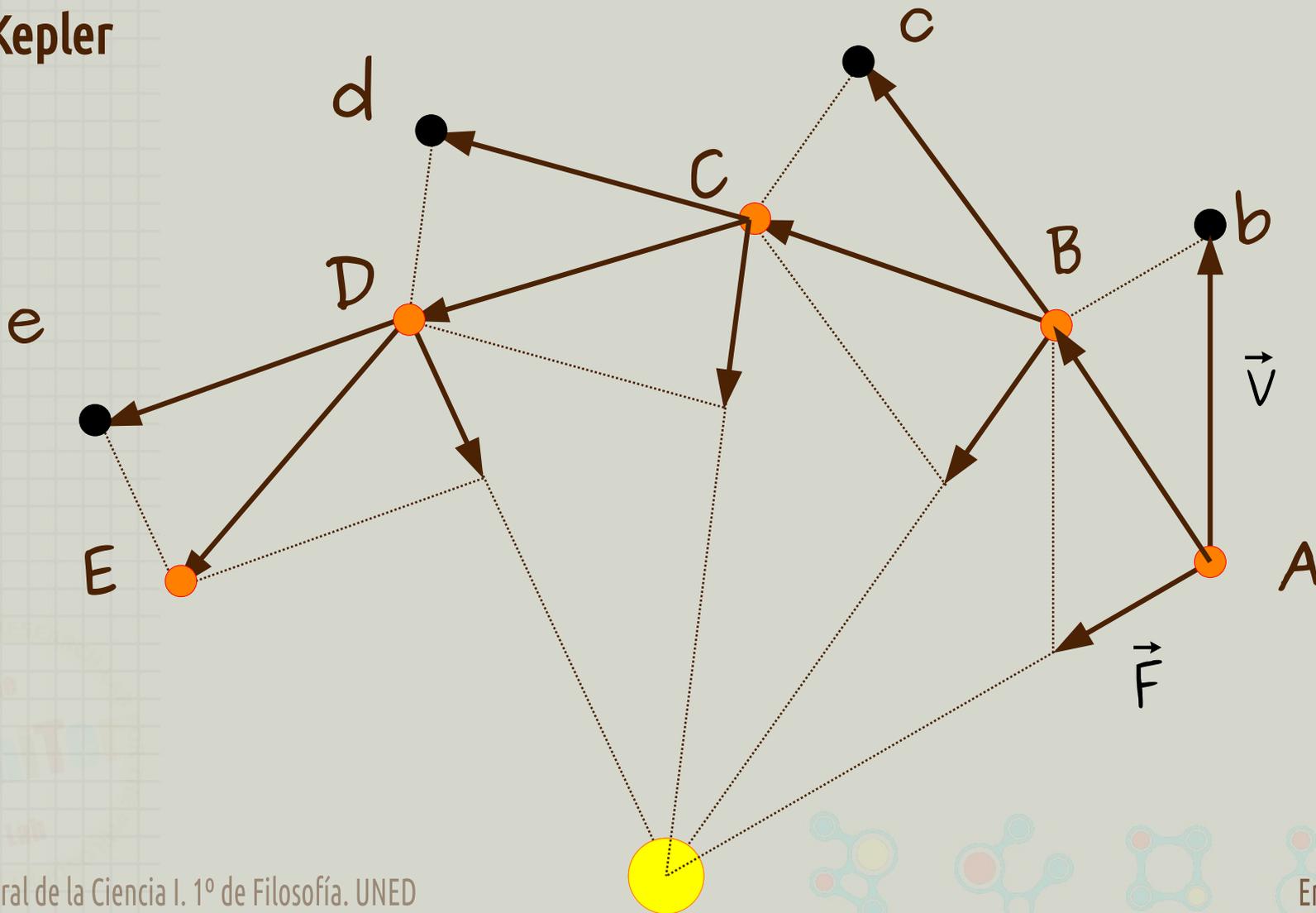
Después a D en vez de a d...



### 3. La mecánica newtoniana

Igualmente a E

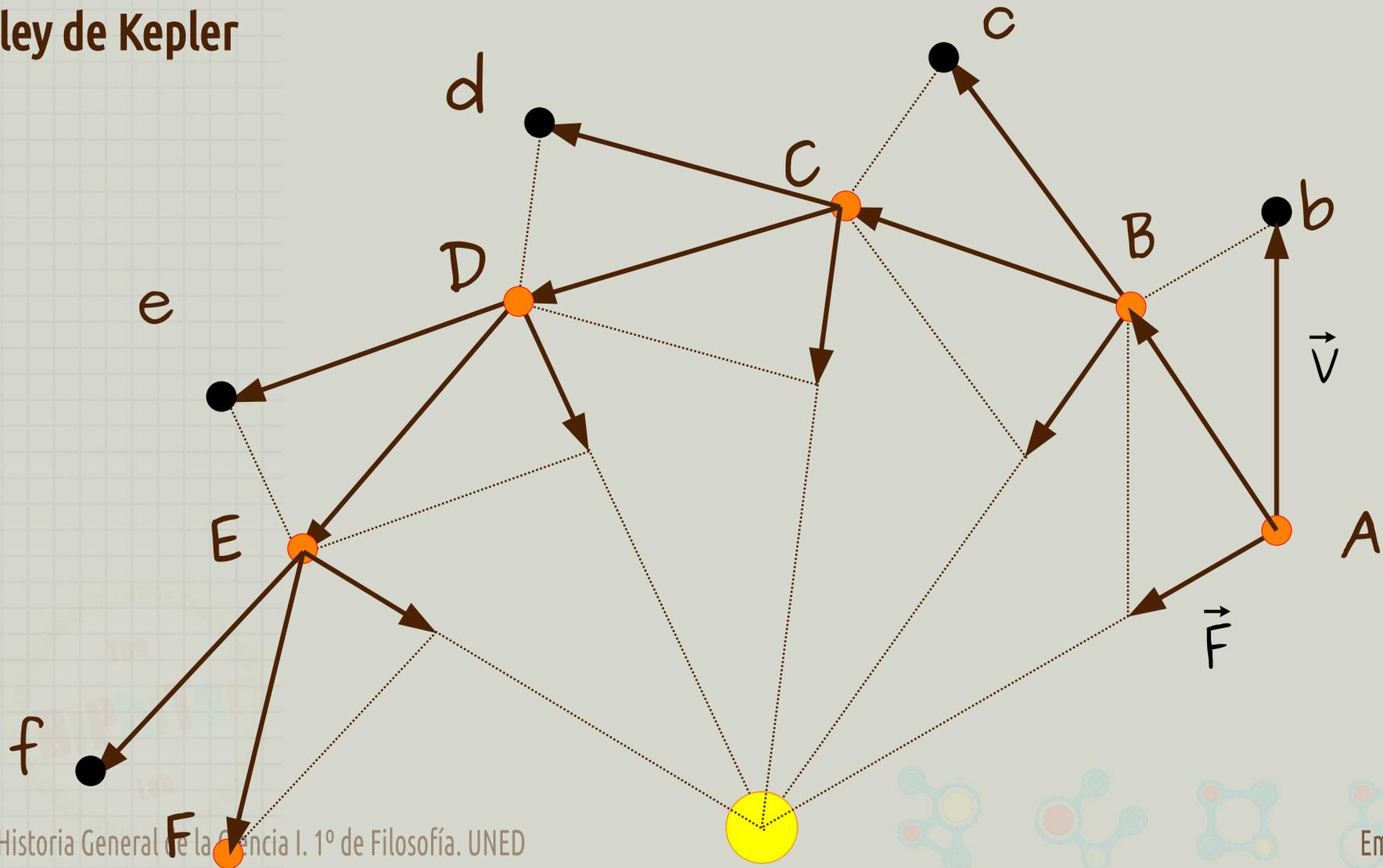
#### Deducción de la 2ª ley de Kepler



### 3. La mecánica newtoniana

a F ...

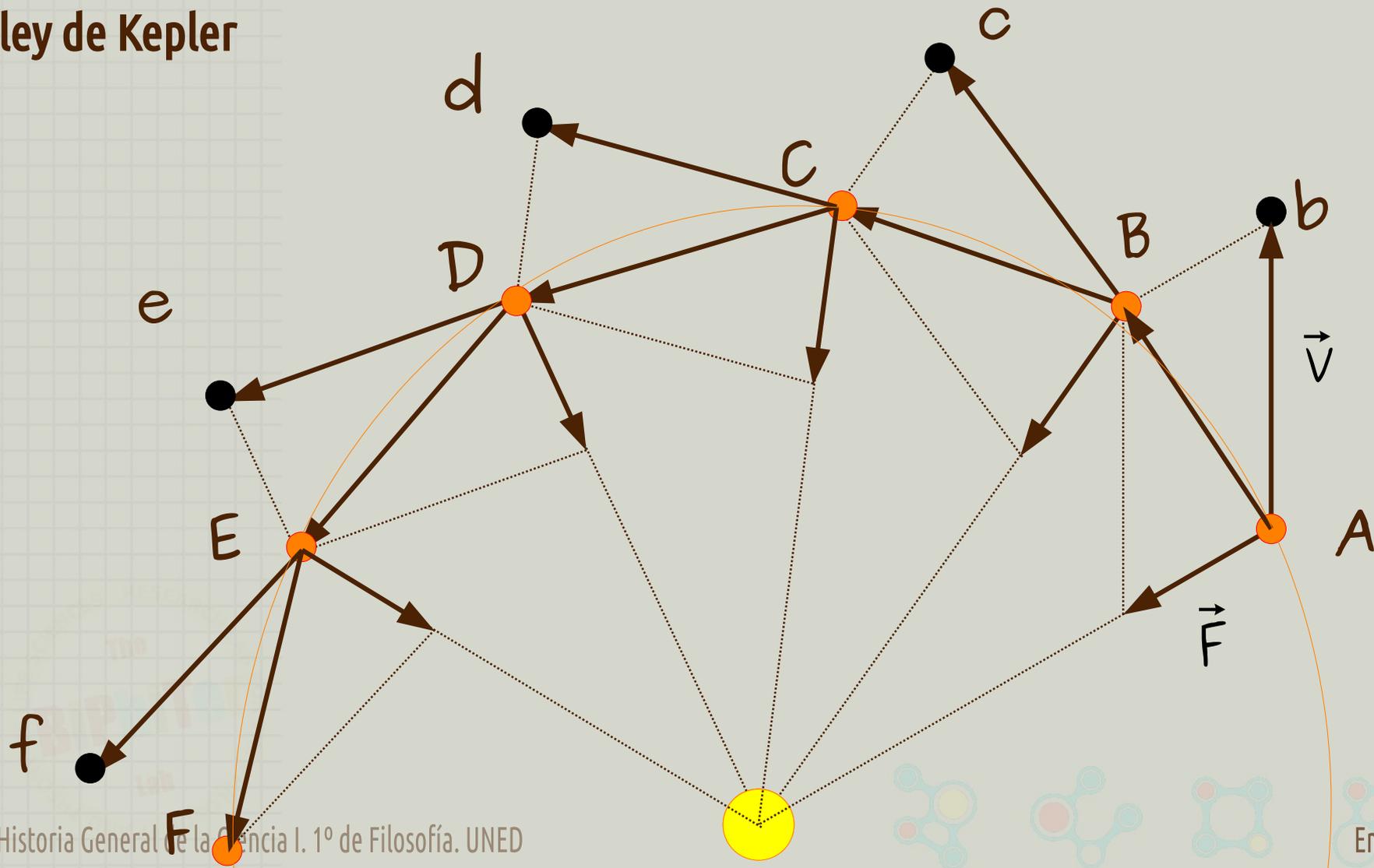
#### Deducción de la 2ª ley de Kepler



### 3. La mecánica newtoniana

... forma que se puede comprobar que la atracción centrípeta ...

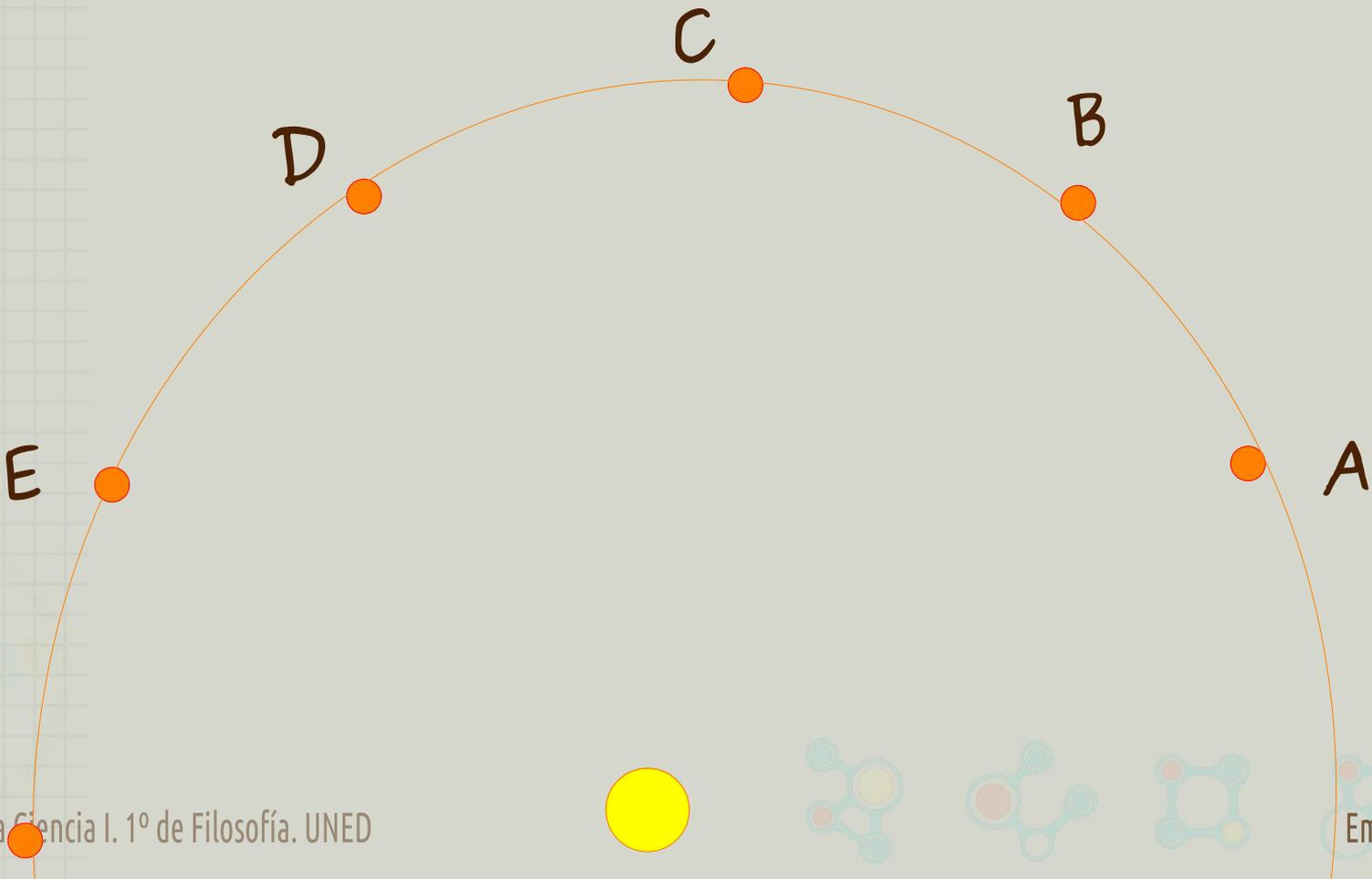
#### Deducción de la 2ª ley de Kepler



### 3. La mecánica newtoniana

... hace girar

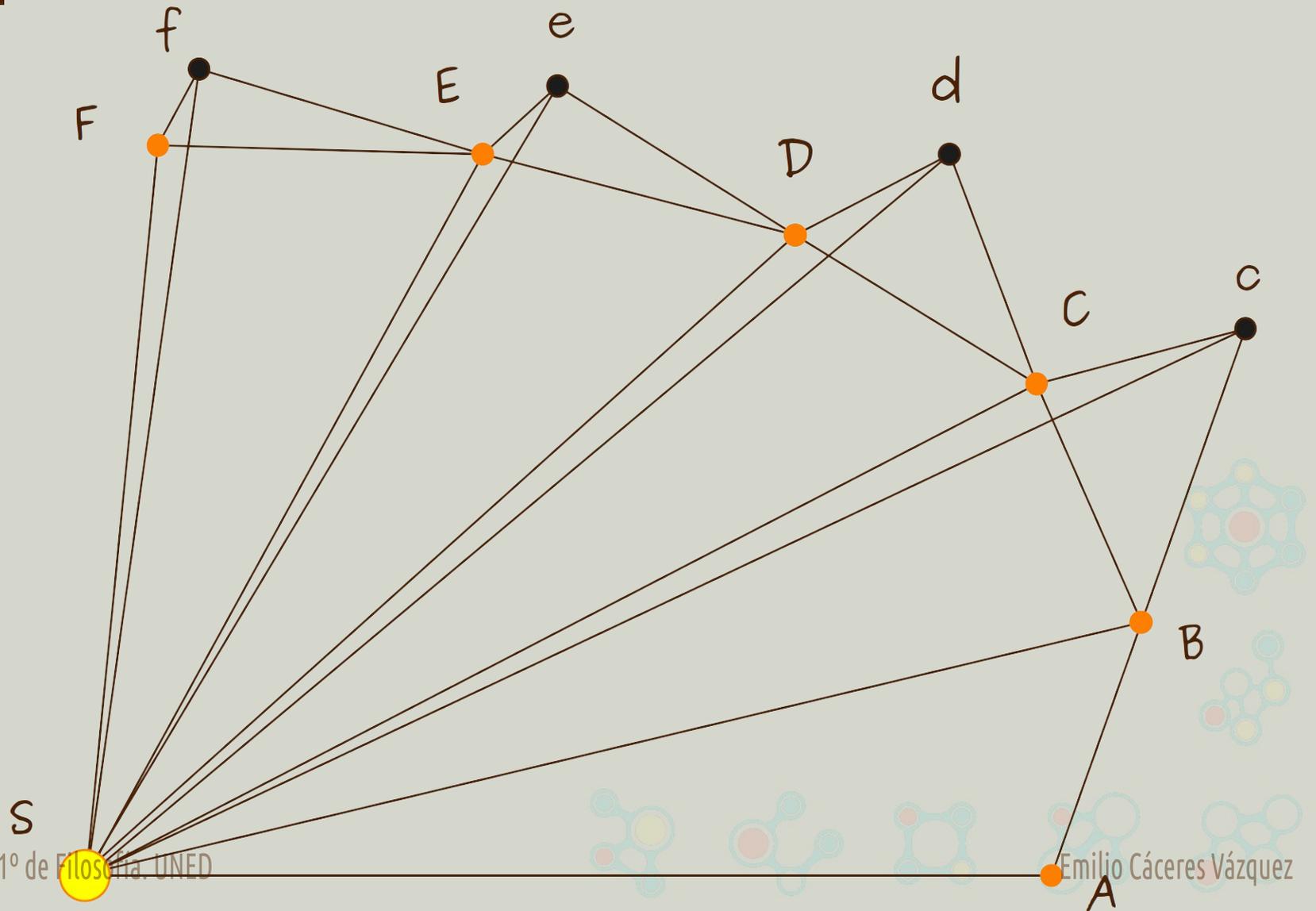
#### Deducción de la 2ª ley de Kepler



### 3. La mecánica newtoniana

Veamos lo mismo sobre el esquema que hizo Newton

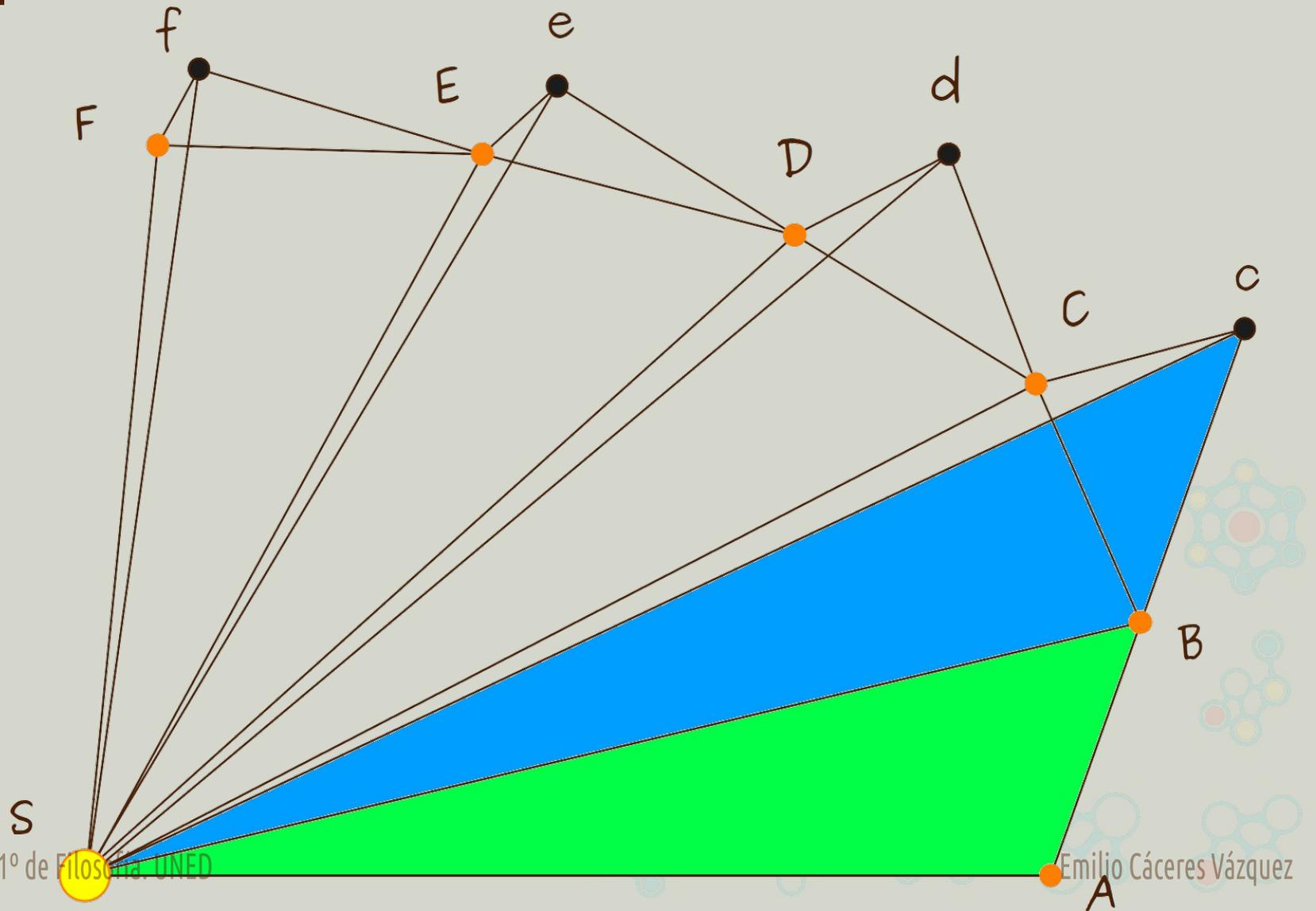
#### Deducción de la 2ª ley de Kepler



### 3. La mecánica newtoniana

Por una parte, los triángulos  $ASB$  y  $BSc$  tienen la misma superficie...

### Deducción de la 2ª ley de Kepler

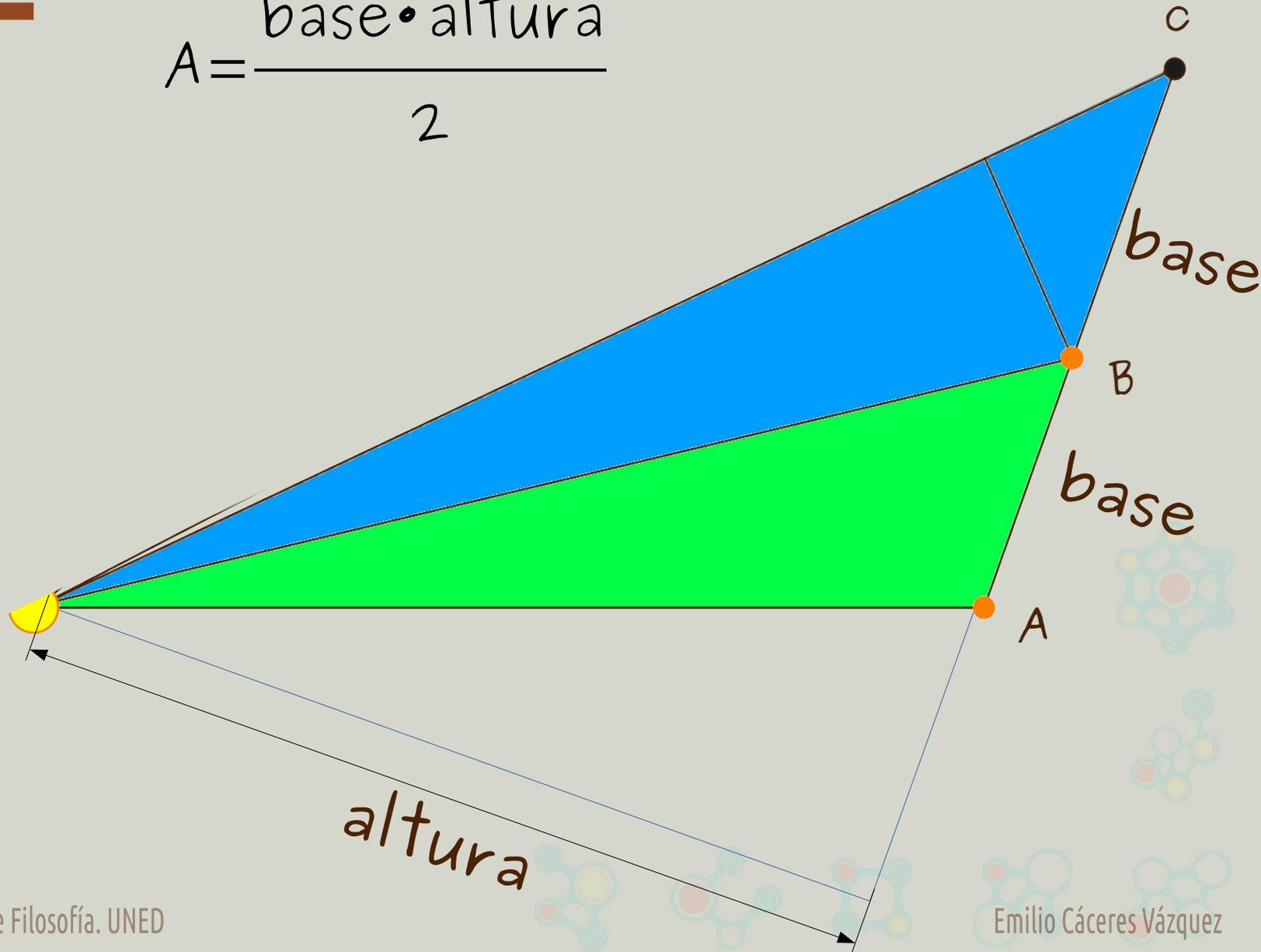


### 3. La mecánica newtoniana

... porque tienen la misma base y altura

#### Deducción de la 2ª ley de Kepler

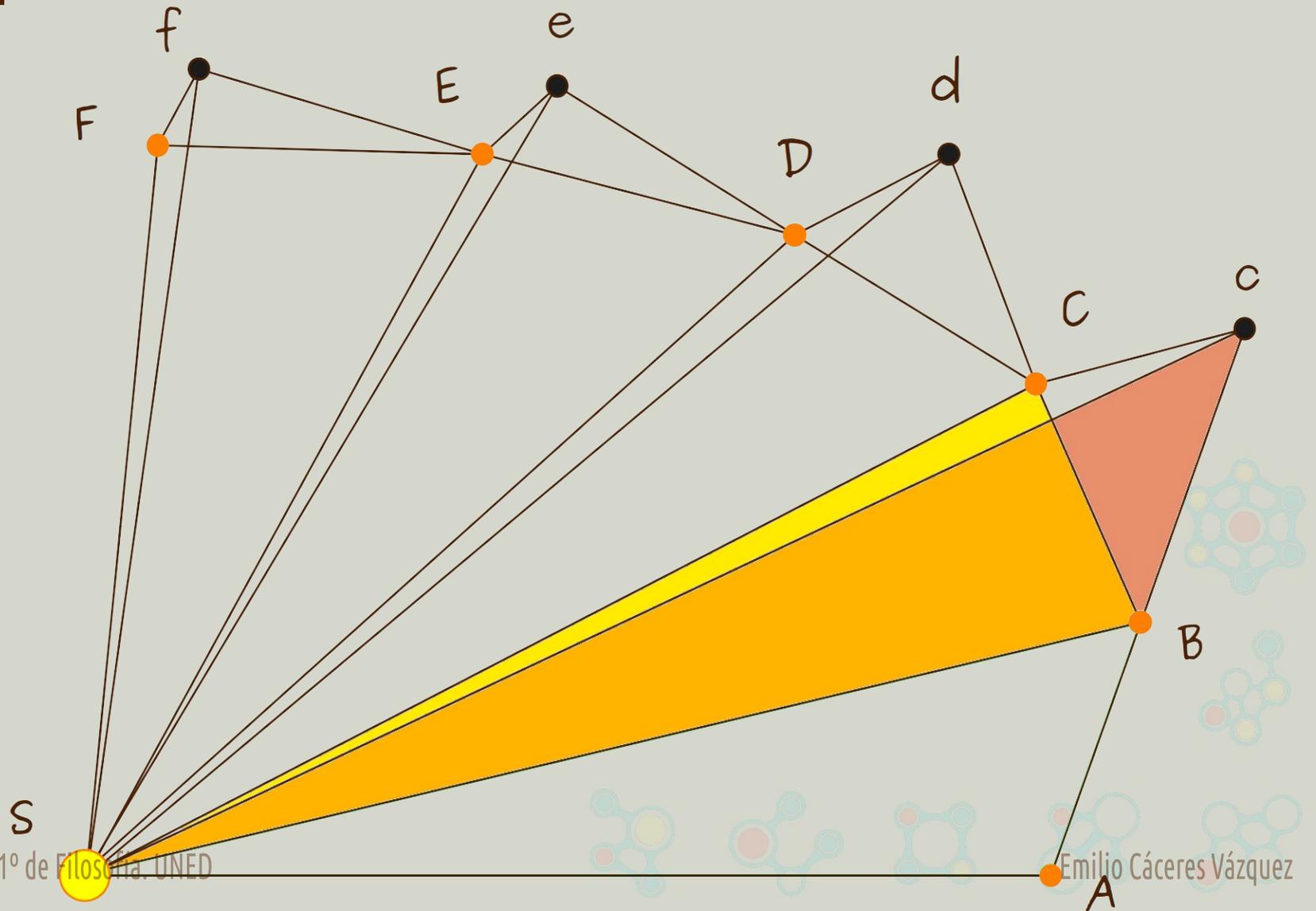
$$A = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2}$$



### 3. La mecánica newtoniana

#### Deducción de la 2ª ley de Kepler

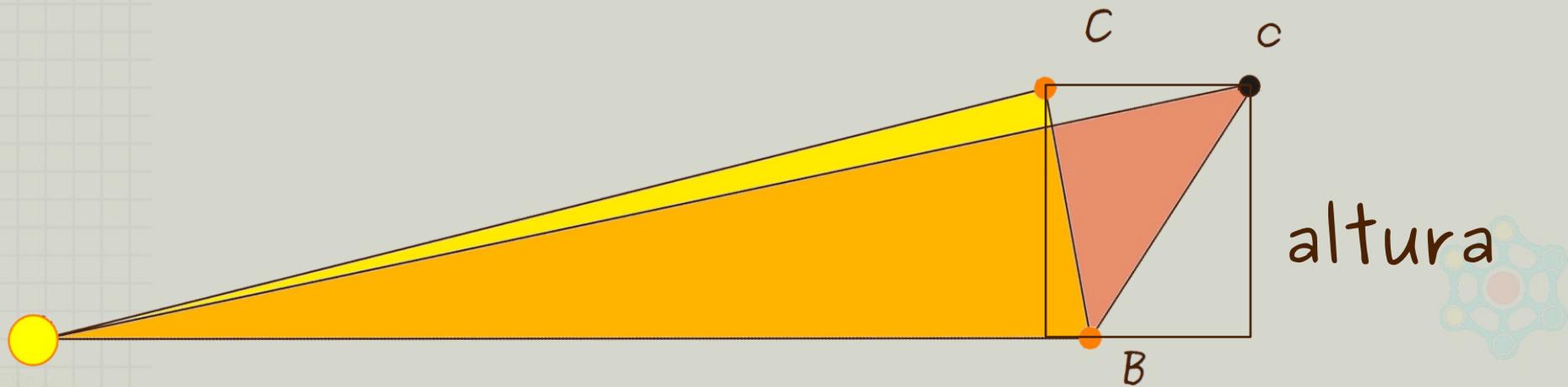
Por otra, los triángulos  $SBC$  y  $Sbc$  también tienen la misma superficie...



### 3. La mecánica newtoniana

#### Deducción de la 2ª ley de Kepler

... por que también tienen la misma base ( $BC$  y  $Bc$ ) y la misma altura. Observad que  $C$  y  $c$  están en una línea paralela a  $SA$

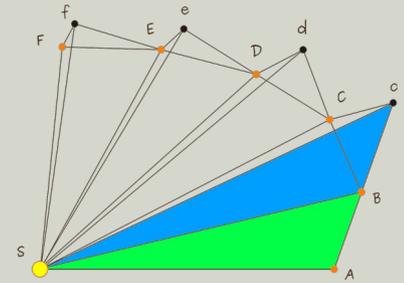


### 3. La mecánica newtoniana

## Deducción de la 2ª ley de Kepler

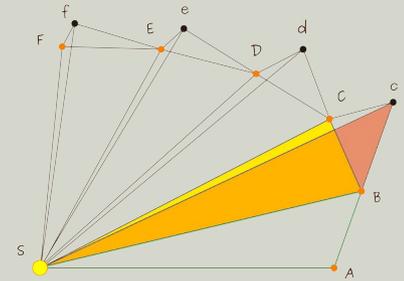
Por lo tanto hemos visto que:

$$S_{ASB} = S_{BSc}$$



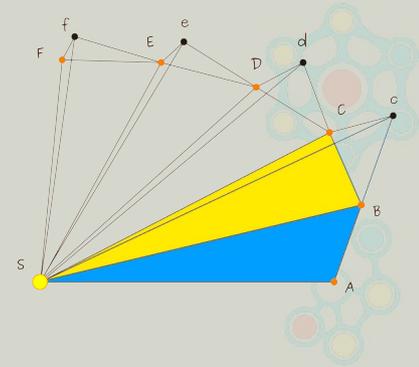
y que

$$S_{BSc} = S_{BSC}$$



luego

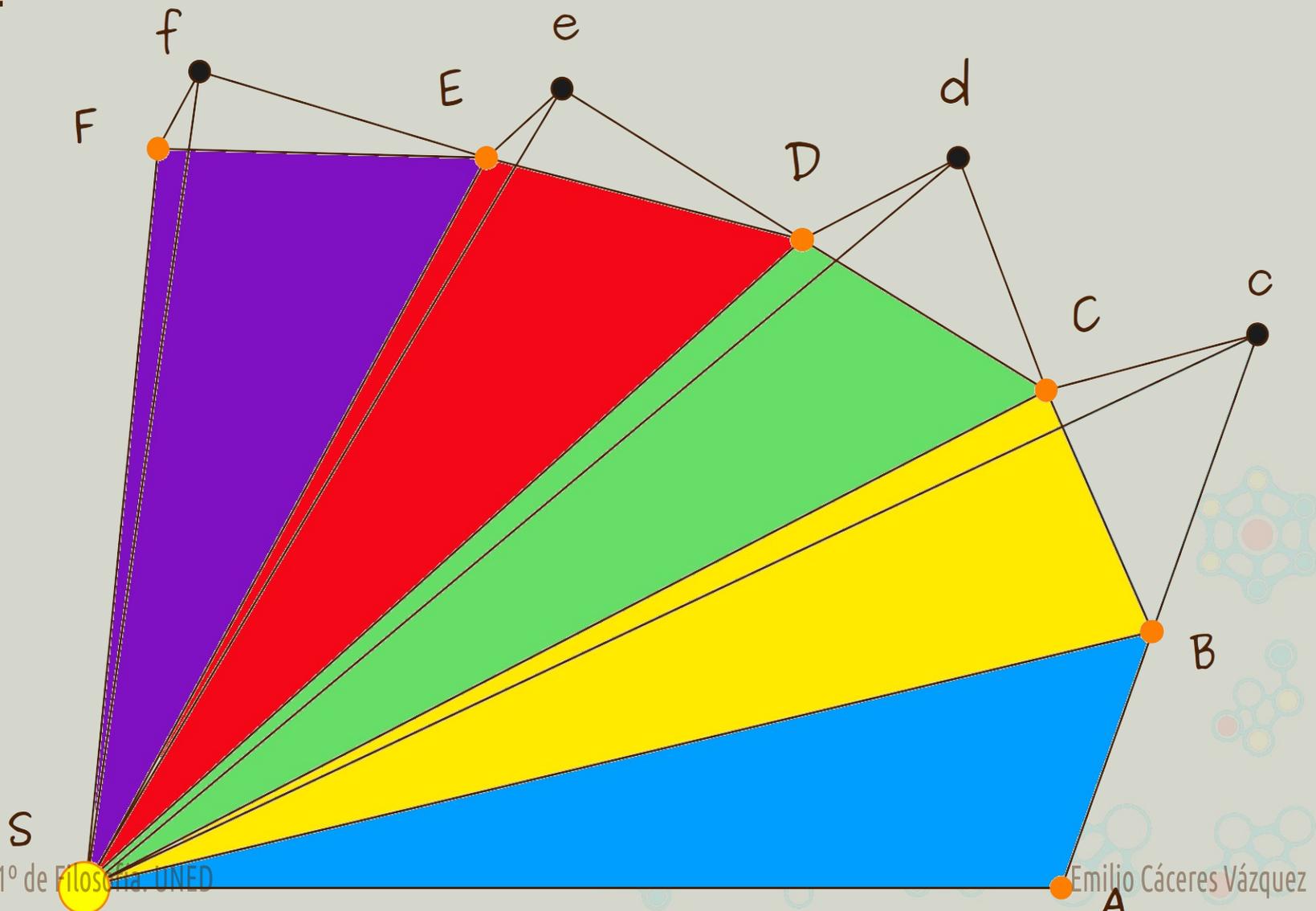
$$S_{ASB} = S_{BSC}$$



### 3. La mecánica newtoniana

Es decir, todas las áreas barridas son iguales

#### Deducción de la 2ª ley de Kepler

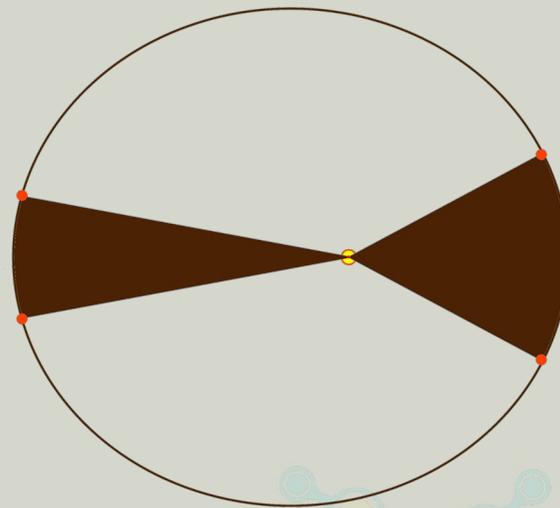


### 3. La mecánica newtoniana

#### Deducción de la 2ª ley de Kepler

Y si en vez de considerar tiempos discretos, se piensa en tiempos infinitesimales, la trayectoria es una curva pero la **ley de la conservación de la velocidad areolar** sigue siendo válida.

Newton demostraba a partir de sus tres leyes la asunción matemática de Kepler.



### 3. La mecánica newtoniana

#### Unificando la física terrestre y celeste

Hasta aquí, Newton había “reformulado” las leyes de Kepler desde una perspectiva más amplia.

Pero no lo había relacionado con los fenómenos terrestres hasta que:

*“comparé la Luna en su órbita con la fuerza de la gravedad en la superficie de la Tierra y descubrí que se correspondían de manera bastante aproximada”*

Calculó la aceleración centrípeta de la Luna y comprobó que se correspondía con la esperada en la superficie considerando el cuadrado de la distancia.

### 3. La mecánica newtoniana

#### Unificando la física terrestre y celeste

Es decir, la gravedad es un fenómeno universal, el mismo que explica las leyes de Kepler para los planetas y los movimientos de caída de Galileo.

Concluyó (tras muchas observaciones y mediciones) que había una fuerza central tanto en los planetas, los satélites y los objetos cotidianos que atraía en un función inversa del cuadrado de la distancia.

Todos los cuerpos la generaban, al margen de su naturaleza, **solo dependía de la masa.**



### 3. La mecánica newtoniana

#### Unificando la física terrestre y celeste

En resumen, Newton propuso que:

- cualquier cuerpo genera una fuerza de atracción
- que depende de su masa
- es de tipo centrípeto, es decir radial e inversa al cuadrado de la distancia
- y afecta a los demás cuerpos en función de su masa

Newton no lo expresó así en los Principia, ni pudo calcular el valor de G porque no conocía las masas del Sol o de la Tierra.

Pero es la forma en la que se recoge tradicionalmente la idea de la gravitación universal

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

### 3. La mecánica newtoniana

#### La ley de caída de los graves de Galileo

Pensemos en dos cuerpos x e y atraídos por la Tierra

$$F_x = G \cdot \frac{M_T \cdot m_x}{r^2}$$

$$F_y = G \cdot \frac{M_T \cdot m_y}{r^2}$$

Si vemos la relación entre las fuerzas...

$$\frac{F_x}{F_y} = \frac{G \cdot \frac{M_T \cdot m_x}{r^2}}{G \cdot \frac{M_T \cdot m_y}{r^2}}$$

es decir

$$\frac{F_x}{F_y} = \frac{m_x}{m_y}$$

### 3. La mecánica newtoniana

#### La ley de caída de los graves de Galileo

Lo que se puede reescribir así

$$\frac{F_x}{m_x} = \frac{F_y}{m_y}$$

Según la segunda ley de Newton, para la gravedad...

$$F = m \cdot g \quad \text{es decir} \quad \frac{F}{m} = g$$

Es decir, la caída de un grave es independiente de la masa del objeto porque siempre acelera con  $g$ .

### 3. La mecánica newtoniana

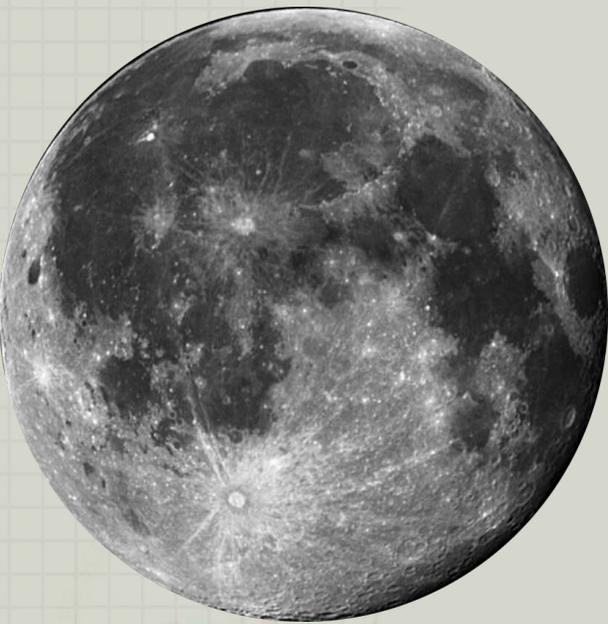
¿Todos los cuerpos caen?

Cualquier cuerpo que cae será atraído con la misma aceleración y por lo tanto el cambio de velocidad solo dependerá de la velocidad inicial y del tiempo.

Además, el espacio aumenta al cuadrado.

Pero puede surgir una duda...

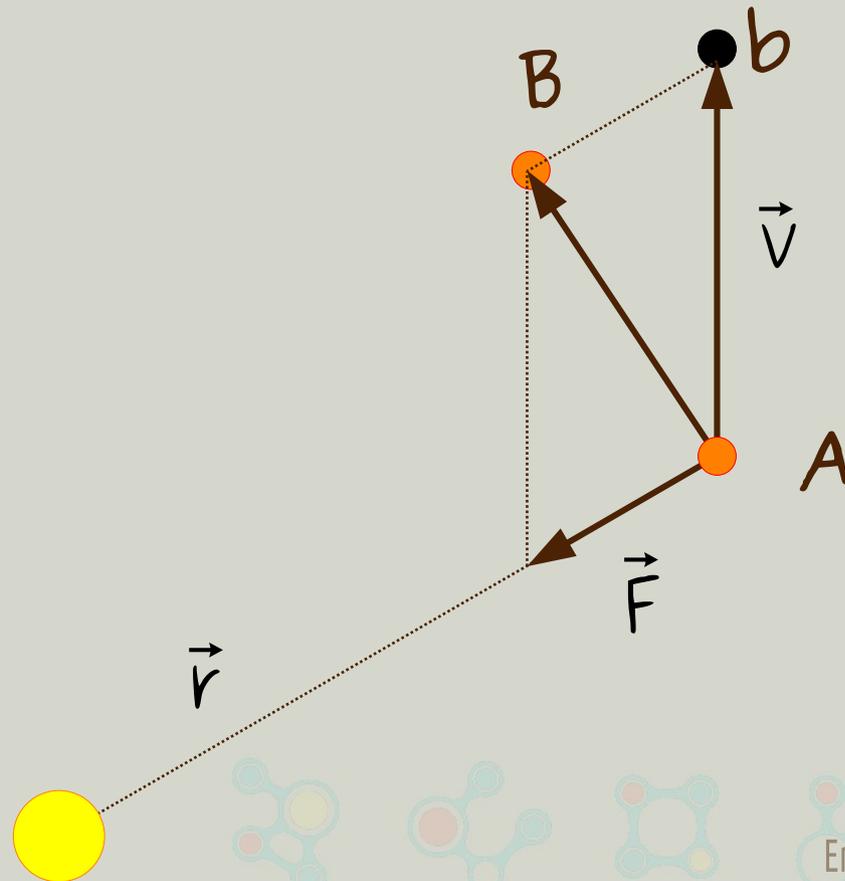
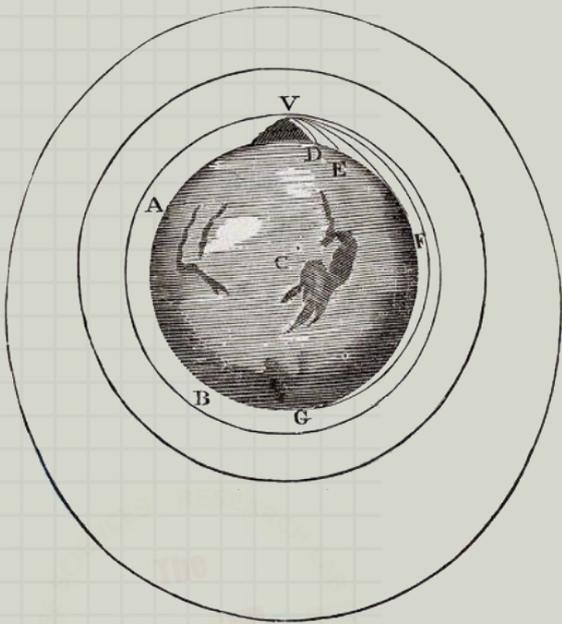
¿Por qué una manzana cae, un lanza hace un recorrido parabólico para acabar en el suelo, pero la Luna no cae?



### 3. La mecánica newtoniana

¿Todos los cuerpos caen?

La razón está en la velocidad inicial. Como ya vimos, si la trayectoria depende de la relación entre la velocidad de partida, de fuerza de atracción y de la distancia

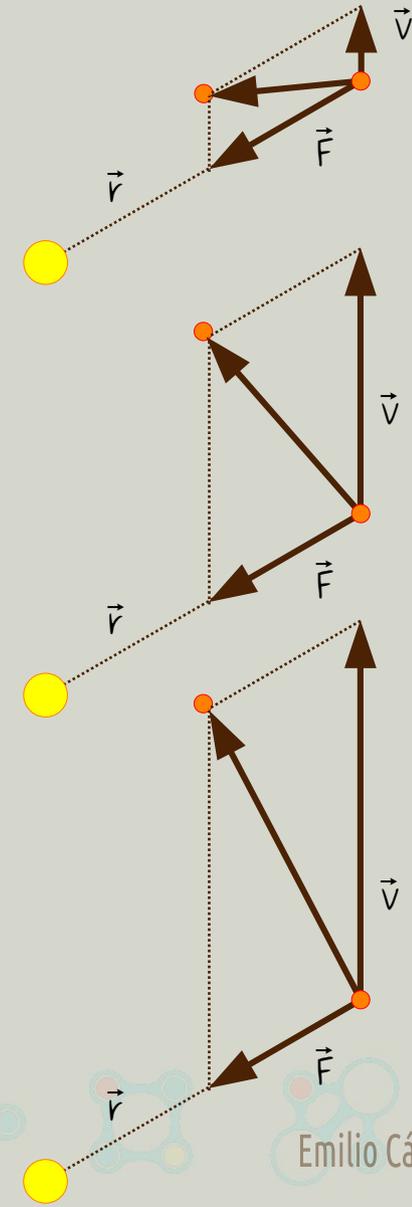


### 3. La mecánica newtoniana

¿Todos los cuerpos caen?

Existen unos valores críticos (derivados de las leyes de Newton) en función de los cuales:

- Los objetos caen  
(describen una parábola)
- Los objetos orbitan  
(describen una elipse o una circunferencia)
- Los objetos se escapan  
(describen una hipérbola)



### 3. La mecánica newtoniana

---

¿Todos los cuerpos caen?

De lo anterior se extrae que no es cierto que la Luna no caiga, **sino que cae todo el tiempo** describiendo una elipse.

De forma similar, si lanzamos un objeto desde la Tierra hacia el espacio, según cual sea la velocidad, caerá, saldrá de la atracción terrestre o se mantendrá en órbita.

Esto se llama velocidad de escape y en la Tierra es de 11,2 Km/s o 40.320 Km/h



### 3. La mecánica newtoniana

#### ¿Todos los cuerpos caen?

Newton considera demostrada la existencia de la fuerza de gravedad y sus propiedades, pero no tiene ninguna explicación demostrable sobre por qué existe dicha fuerza y por qué es como es:

**“Hypotheses non fingo”**, decía

El conocimiento científico se limita a lo que podemos demostrar empíricamente y deducir mediante el uso de las matemáticas<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Bueno, esto es cierto para las ciencias duras como la física, casi cierto para la química, pero no válido para otras ciencias como las biológicas, geológicas o sociales.

En esas ciencias, aunque hay generalizaciones de tipo ley, por lo general se dan las explicaciones sistémicas o mecanísticas Pero eso es otra historia.

### 3. La mecánica newtoniana

---

¿Todos los cuerpos caen?

La ciencia sólo puede hacer “hipótesis” en el sentido de generalizaciones (ley de gravedad universal) o conjeturas contrastables (diferentes leyes de fuerza de resistencia, p.ej.)

Los experimentos y observaciones tienen la última palabra.

Así, hoy sabemos que las leyes de Newton no son válidas, y la ley que rige la gravedad es la relatividad general de Einstein.



¡GRACIAS A TODOS!

