

15 | Notación científica

Back to the Big Bang: el timeline del Universo (II)

Hagamos un viaje en el tiempo hacia el pasado desde el momento presente y veamos algunos de los acontecimientos físicos más relevantes durante la evolución del Universo:

- **Actualidad** (13 700 millones de años desde el *Big Bang*). En el CERN, los físicos han iniciado un viaje en el tiempo para determinar el origen de la materia que conforma nuestro Universo. La temperatura cósmica de fondo ha descendido hasta casi los -270 °C. ¿Empieza nuestra muerte térmica?
- **Vida en la Tierra** (10 000 millones de años desde el *Big Bang*). Una sopa de moléculas orgánicas aparece en la Tierra, un pequeño planeta azul situado en los confines de la Vía Láctea, una galaxia espiral de tamaño medio perdida en la inmensidad del Universo.
- **Sistema Solar** (9 200 millones de años desde el *Big Bang*). La fuerza de la gravedad ha agrupado los residuos estelares en torno al Sol hasta formar un sistema planetario.
- **Estrellas y galaxias** (200 millones de años después del *Big Bang*). La fuerza de la gravedad atrae el polvo cósmico material y los átomos ligeros se fusionan en el corazón de las estrellas, que paulatinamente se van agrupando en cúmulos y galaxias. Empiezan a producirse átomos pesados como resultado de las reacciones nucleares de fusión. La temperatura cósmica desciende hasta los $4\,000$ °C.
- **Átomos ligeros** (380 000 años desde el *Big Bang*). Se forman los primeros átomos de hidrógeno y helio. Los fotones escapan de la interacción con los electrones y el Universo se ilumina por primera vez.
- **Núcleos ligeros** (3 minutos desde el *Big Bang*). Protones y neutrones se unen para formar los núcleos de los átomos ligeros. Los fotones son continuamente emitidos y absorbidos por la materia. Todo está a oscuras, el Universo es opaco.
- **Protones y neutrones** (0,01 milisegundos después del *Big Bang*). Se forman los protones y los neutrones a partir de los quarks y los gluones. Todo el Universo existente tiene el tamaño del actual Sistema Solar. La temperatura cósmica de fondo supera el billón de grados Celsius.
- **Plasma de quarks y gluones** (una billonésima de segundo desde el *Big Bang*). Entran en acción la fuerza nuclear débil y la fuerza electromagnética. El radio del Universo no alcanza los 300 millones de kilómetros. La temperatura cósmica de fondo es de 10 000 billones de grados Celsius.
- **Zoo de partículas** (10^{-35} s después del *Big Bang*). Una billonésima de billonésima de billonésima de segundo después de la gran explosión, apenas un suspiro cósmico. Mesones, electrones, quarks, neutrinos y fotones interactúan de forma continua. La fuerza nuclear fuerte y la fuerza electrodébil dominan un Universo que cabe en una manzana. La temperatura cósmica de fondo es de 1 000 000 billones de billones de grados Celsius.
- **$t = 10^{-43}$ s, $T = 10^{32}$ °C.** Albores del Big Bang: origen de nuestro horizonte de exploración temporal. Todo el Universo, concentrado en un punto, acaba de estallar.

- 1 Expresa las cantidades temporales del texto en notación científica y con la unidad de medida indicada.
- 2 Expresa las cantidades anteriores en segundos.
- 3 Expresa en escala logarítmica decimal los valores temporales correspondientes a cada uno de los hitos anteriores.
- 4 Establece la proporción correspondiente a la distancia temporal entre los hitos consecutivos. ¿Qué se puede deducir a partir de los resultados obtenidos?
- 5 Imagina que toda la historia del Universo pudiera concentrarse en el periodo de tiempo correspondiente a un sólo año solar terrestre. ¿En qué punto temporal de ese año nos encontraríamos en la actualidad?
- 6 Discute y reflexiona con tus compañeros sobre los resultados obtenidos en las actividades anteriores. ¿Qué conclusiones se pueden extraer?
- 7 ¿Qué nuevas preguntas te plantearías a partir del modelo de evolución temporal del Universo que se ha trabajado?

15 | Notación científica

Back to the BigBang: el timeline del Universo (II)



MATERIALES

Calculadora CASIO fx-82/85/350 SP X II Iberia
 Hoja de cálculo (Excel Microsoft Office o Calc LibreOffice)
 GeoGebra

Recursos on-line y bibliografía complementaria:

- Origen y evolución del Universo: <http://www.iac.es/cosmoeduca/universo/charla1.html>
- The Scale of the Universe: <http://htwins.net/scale2/>
- Nanoraisen, aventuras a través de los decimales: <http://www.nanoreisen.com/espanol/index.html>
- Potencias de 10: <https://www.youtube.com/watch?v=9JUUpIa4ncWg&feature=youtu.be>
- The Scales of the Universe: <https://finance.yahoo.com/video/3-minute-animation-change-way-181643354.html>
- Línea de tiempo sobre el Universo: <https://prezi.com/s3hdurkr0lp/linea-del-tiempo-sobre-el-origen-del-universo/>
- Is that a Big Number: <http://www.isthatabignumber.com/home/>

NIVEL EDUCATIVO

3º de ESO y 4º de ESO

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y TÉCNICAS

- La actividad puede trabajarse individualmente o en pequeños grupos de estudio. Se recomienda trabajar conjuntamente con la asignatura de Física y Química, puesto que los contenidos de aplicación están directamente relacionados con esta materia. Asimismo, se aconseja acompañar alguna de las sesiones con algunos de los breves vídeos propuestos en la bibliografía complementaria.
- Para la realización de los cálculos propuestos en las actividades es necesario hacer uso del menú de configuración *Formato de número*. Se accede a dicho menú mediante:

ALPHA **MENU** **3**

```
1:Entrada/Salida
2:Unidad angular
3:Formato número
4:Simb ingeniería
```

```
1:Fijar decimales
2:Not científica
3:Normal
```

También deben utilizarse las teclas de las funciones exponencial y logarítmica de base 10, 10^x y $\log_{10} x$.

EJEMPLO DE SOLUCIÓN

1

Se accede al menú *Formato de número*, se selecciona la opción *Notación científica* y se escogen dos cifras significativas.

SHIFT **MENU** **3**

```
1:Entrada/Salida
2:Unidad angular
3:Formato número
4:Simb ingeniería
```

2

```
1:Fijar decimales
2:Not científica
3:Normal
```

2

```
1:Fijar decimales
2:Not científica
3:Normal
Cientif:Selec 0~9
```

Seguidamente se introducen las cantidades:

13.700 millones de años

```
13700 x10^6
1.4 x10^10
```

10.000 millones de años

```
10000 x10^6
1.0 x10^10
```

9.200 millones de años

```
9200 x10^6
9.2 x10^9
```

200 millones de años

```
200 x10^6
2.0 x10^8
```

380.000 años

```
380000
3.8 x10^5
```

3 minutos

```
3
3.0 x10^0
```

0,01 milisegundos

```
0.01 x10^-3
1.0 x10^-5
```

billonésima de segundo

```
1 x10^-12
1.0 x10^-12
```

$t = 10^{-43}$ s

```
1 x10^-43
1.0 x10^-43
```

15 | Notación científica

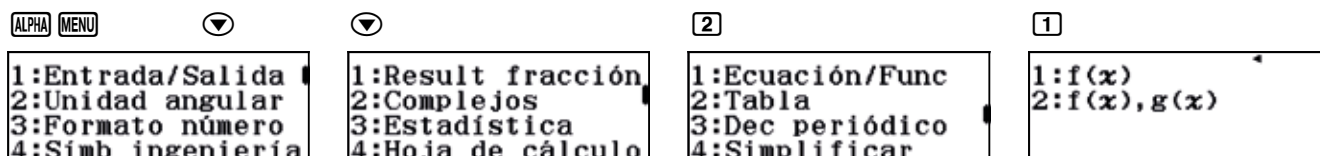
Back to the BigBang: el timeline del Universo (II)

2

Para expresar en segundos todos aquellos valores temporales que vienen dados en años terrestres hay que multiplicar por el siguiente factor:

$$365 \times 24 \times 60 \times 60 = 3.2 \times 10^7$$

Para realizar todas las conversiones de años a segundos puede usarse una tabla de valores. Para ello, conviene configurar la calculadora para que genere una tabla con una sola función:



Seguidamente, se accede al menú *Tabla* y se define la función $f(x) = 3,2 \cdot 10^7 x$:



La elección de los valores inicial, final y de paso es irrelevante, ya que los valores de la variable x se cambiarán por los que interesan realmente, que son los tiempos de los acontecimientos cósmicos expresados en años:

La conversión de minutos a segundos viene dada por el siguiente factor:

$$3 \times 10^0 \times 60 = 1.8 \times 10^2$$

El resto de valores ya están expresados en segundos, por lo que se obtiene la siguiente tabla, en la que se han expresado los resultados con 3 cifras significativas:

t	t(s)
$1,37 \cdot 10^{10} \text{ y}$	$4,32 \cdot 10^{17} \text{ s}$
$1,00 \cdot 10^{10} \text{ y}$	$3,15 \cdot 10^{17} \text{ s}$
$9,20 \cdot 10^9 \text{ y}$	$2,90 \cdot 10^{17} \text{ s}$
$2,00 \cdot 10^8 \text{ y}$	$6,31 \cdot 10^{15} \text{ s}$
$3,80 \cdot 10^5 \text{ y}$	$1,20 \cdot 10^{13} \text{ s}$
$3,00 \cdot 10^0 \text{ min}$	$1,80 \cdot 10^2 \text{ s}$
$1,00 \cdot 10^{-2} \text{ ms}$	$1,00 \cdot 10^{-5} \text{ s}$
$1,00 \cdot 10^{-12} \text{ s}$	$1,00 \cdot 10^{-12} \text{ s}$
$1,00 \cdot 10^{-35} \text{ s}$	$1,00 \cdot 10^{-35} \text{ s}$
$1,00 \cdot 10^{-43} \text{ s}$	$1,00 \cdot 10^{-43} \text{ s}$

15 | Notación científica

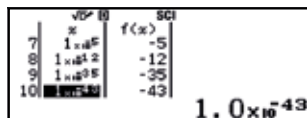
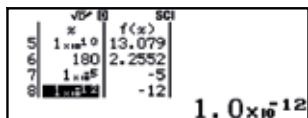
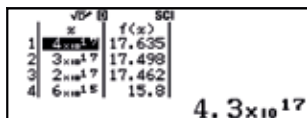
Back to the Big Bang: el timeline del Universo (II)

3

Para realizar la conversión a la escala logarítmica se construye una tabla de valores para la función del logaritmo decimal $f(x) = \log x$:

$$f(x) = \log_{10}(x)$$

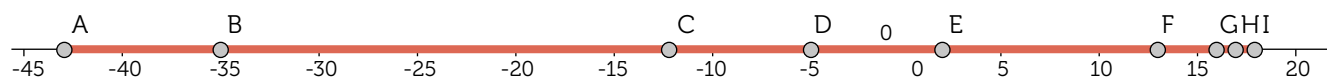
Análogamente a lo expuesto en el apartado anterior, se conservan los valores que la calculadora ofrece por defecto para inicio, fin y paso. A continuación, se introducen los diez valores de x correspondientes a los tiempos expresados en segundos de la tabla anterior:



Con 3 cifras significativas, se obtendría la siguiente tabla:

t	t(s)	log t
$1,37 \cdot 10^{10}$ y	$4,32 \cdot 10^{17}$ s	18
$1,00 \cdot 10^{10}$ y	$3,15 \cdot 10^{17}$ s	17
$9,20 \cdot 10^9$ y	$2,90 \cdot 10^{17}$ s	17
$2,00 \cdot 10^8$ y	$6,31 \cdot 10^{15}$ s	16
$3,80 \cdot 10^5$ y	$1,20 \cdot 10^{13}$ s	13
$3,00 \cdot 10^0$ min	$1,80 \cdot 10^2$ s	2
$1,00 \cdot 10^{-2}$ ms	$1,00 \cdot 10^{-5}$ s	-5
$1,00 \cdot 10^{-12}$ s	$1,00 \cdot 10^{-12}$ s	-12
$1,00 \cdot 10^{-35}$ s	$1,00 \cdot 10^{-35}$ s	-35
$1,00 \cdot 10^{-43}$ s	$1,00 \cdot 10^{-43}$ s	-43

Se pueden colocar, ahora, en una recta los valores calculados para $\log_{10} t$:



La escala logarítmica proporciona una gráfica que permite visualizar de forma razonable los hitos temporales, considerando que el *Big Bang*, es decir, el origen del tiempo, se sitúa muy cerca de $\log_{10} t = -43$.

		log t	Diferencia
Hoy	J	18	61
	I	17	60
	H	17	60
	G	16	59
	F	13	56
	E	2	45
	D	-5	38
	C	-12	31
	B	-35	8
<i>Big Bang</i>	A	-43	0

15 | Notación científica

Back to the BigBang: el timeline del Universo (II)

4

Los datos registrados en la tabla anterior pueden reordenarse en orden ascendente, tomando el origen del tiempo en $\log t = -43$. Asimismo, se pueden calcular las distancias entre los puntos consecutivos:

	$\log t$	Diferencia	Incremento sumativo (x)	10^x	Factor multiplicativo de crecimiento
A	-43	0	0	$1,00 \cdot 10^0$	1
B	-35	8	8	$1,00 \cdot 10^8$	100 000 000
C	-12	31	23	$1,00 \cdot 10^{23}$	10 000 000 000 0000 000 000 000
D	-5	38	7	$1,00 \cdot 10^7$	10 000 000
E	2	45	7	$1,00 \cdot 10^7$	10 000 000
F	13	56	11	$1,00 \cdot 10^{11}$	100 000 000 000
G	16	59	3	$1,00 \cdot 10^3$	1 000
H	17	60	1	$1,00 \cdot 10^1$	10
I	17	60	0	$1,09 \cdot 10^0$	1,09
J	18	1	18	$1,00 \cdot 10^1$	10

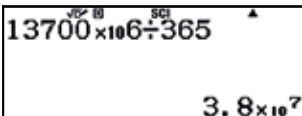
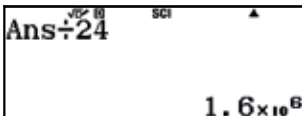
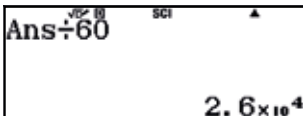
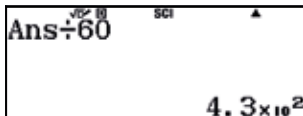
Puesto que los datos se proporcionan mediante una escala logarítmica decimal, el incremento sumativo (x) se puede reinterpretar cómo el factor de crecimiento entre un valor y otro, mediante las potencias de base 10 (10^x).

Las posiciones de los distintos puntos en la escala logarítmica evidencia cuáles son las distancias temporales entre dichos puntos.

Como se observa, la distancia, en términos temporales, entre los puntos B y C es muy superior al resto. Así mismo, el intervalo temporal correspondiente a los puntos C y D es muy similar al que corresponde a los puntos D y E.

5

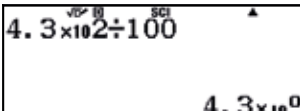
Se ha de definir una función (escala) en la que la edad del Universo corresponda con 365 unidades temporales, que llamaremos *días monstrucósmicos*. Se divide, a su vez, los *días monstrucósmicos* en *horas monstrucósmicas*, *minutos monstrucósmicos* y *segundos monstrucósmicos*. Haciendo uso de esta escala, y teniendo en cuenta que la edad del Universo es del orden de 13.700 millones de años terrestres, se puede determinar la duración del *día monstrucósmico*, así como de la hora, el minuto y el segundo:

Día monstrucósmico	Hora monstrucósmica	Minuto monstrucósmico	Segundo monstrucósmico
			

En consecuencia:

- 1 día *monstrucósmico* = $3,8 \cdot 10^7$ años terrestres
- 1 hora *monstrucósmica* = $1,6 \cdot 10^6$ años terrestres
- 1 minuto *monstrucósmico* = $2,6 \cdot 10^4$ años terrestres
- 1 segundo *monstrucósmico* = $4,3 \cdot 10^2 = 430$ años terrestres

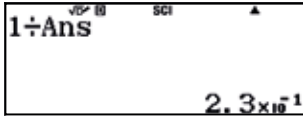
De lo que se deduce que 1 centésima de segundo *monstrucósmico* equivale a unos 4,3 años terrestres:



15 | Notación científica

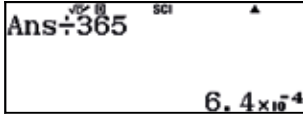
Back to the BigBang: el timeline del Universo (II)

En consecuencia, 1 año terrestre equivale a 0,23 centésimas de segundo *monstrucósmico*, es decir, a 2,3 milésimas:



Calculator display: $1 \div \text{Ans} = 2.3 \times 10^{-1}$

Se puede calcular, ahora, la equivalencia de 1 día terrestre con las unidades *monstrucósmicas*, dividiendo el resultado anterior entre 365:



Calculator display: $\text{Ans} \div 365 = 6.4 \times 10^{-4}$

Se obtiene, así, que un año terrestre equivale a 0,00064 centésimas de segundo *monstrucósmico*.

En conclusión, si el origen del Universo se sitúa en el inicio del 1 de enero, en la actualidad estaríamos viviendo en la última milésima de segundo del último minuto de la última hora del 31 de diciembre.

6

Actividad de debate dentro del aula.

7

Actividad de debate dentro del aula.