# arredor de π

Club Matemático Curva Longa

IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014

3,14159265358979323846264338327950288419716939937510582097494459230781640628620899862803482534211706798214808651328230664709384460955058223172535940812848111745028410270193852110555964462294895493038196442881097566593344612847564823378678316527120190914564856692346034861045432664821339360726024914127372458700660631558817488152092096282925409171536436789259036001133053054882046652138414695194151160943305727036575959195309218611738193261179310511854807446237996274956735188575272489122793818301194912983367336244065664308602139494639522473719070217986094370277053921717629317675238467481846766940513200056812714526356082778577134275778960917362717872146844090122495343014654958537105079227968925892354201995611212902196086403441815981362977477130996051870721134999999837297804995105973173281609631859502445945534690830264252230825334468503526193118817101000313783875288658753320838142061717766914730359825349042875546873115956286388235378759375195778185778053217122680661300192787661119590921642...

IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014
Club Matemático Durán Loriga

## El Número Pi

El número Pi es digno de admiración
tres coma uno cuatro uno,
todas sus cifras siguientes también son iniciales,
cinco nueve dos, porque nunca se termina.
No permite abarcarlo con la mirada seis cinco tres cinco,
con un cálculo ocho nueve,
con la imaginación siete nueve
o en broma tres dos tres, es decir, por comparación
ocho cuatro seis con cualquier otra cosa
dos seis cuatro tres en el mundo.
La más larga serpiente después de varios metros se interrumpe.
Igualmente, aunque un poco más tarde, hacen las serpientes fabulosas.
El cortejo de cifras que forman el número Pi
no se detiene en el margen de un folio,
es capaz de prolongarse por la mesa, a través del aire,
a través del muro, de una hoja, del nido de un pájaro,
de las nubes, directamente al cielo
a través de la total hinchazón e inmensidad del cielo.
¡Oh, qué corta es la cola del cometa, como la de un ratón!
¡Qué frágil el rayo de la estrella que se encorva en cualquier espacio!
Pero aquí dos tres quince trescientos noventa
mi número de teléfono, la talla de tu camisa,
año mil novecientos setenta y tres, sexto piso
número de habitantes, sesenta y cinco céntimos
la medida de la cadera, dos dedos, la charada y el código
en el que mi ruiseñor vuela y canta
y pide un comportamiento tranquilo,
también transcurren la tierra y el cielo
pero no el número Pi, éste no,
él es todavía un buen cinco,
no es un ocho cualquiera,
ni el último siete
metiendo prisa, oh, metiendo prisa a la perezosa eternidad
para la permanencia.

Wislawa Szymborska
Premio Nobel de Literatura 1996

IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014

# El número π

3 La longitud de la circunferencia,
La longitud del diámetro:
¡qué fuerza su cociente,

1 siempre el mismo, constante, eterno!,

4 tres coma catorce,
tres coma catorce dieciséis,
primeros balbuceos de un río infinito
de decimales sin período, siempre nuevos,

[…]

5 y los cinco sentidos se ponen al acecho
de algo que desborda los sentidos,
de las extrañas propiedades de un número
llamado irracional y que desborda la razón,
pero que está en el fondo de la razón del universo.

[…]

9 […]

Os podéis preguntar por la abundancia
relativa de las diversas cifras:
la del uno, la del dos, la del tres, la del cuatro,
la del cinco, la del seis, la del siete, la del ocho,
la del nueve, la del cero.
Pues bien: se comprueba -pero mucho antes

7 de que esto hubiera sido comprobado ya lo habían demostrado
Borel y otros matemáticos-
que la abundancia relativa de las diversas cifras
es la misma,
que la abundancia relativa de todos los grupos de
dos cifras
-quince, veintitrés, noventa y cinco, por ejemplo-
es la misma

1 que la abundancia relativa de todos los grupos de tres cifras

6 -ciento veintiuno, quinientos veintitrés, pongamos por caso-
es la misma,
y así sucesivamente para grupos
de más y más cifras;
en otras palabras: es seguro
que en los decimales de π encontraréis la fecha

9 de vuestro nacimiento
(23-10-1953, en mi caso,
o bien 31-4-1592, si nos fijamos
en las siete primeras cifras de π)
y también la fecha de vuestra muerte
(que no sabréis reconocer,
como en mi caso),
y vuestro número de teléfono;
más aún: si designamos las letras mediante números

3 -1 la A, 2 la B, 3 la C, 4 la D
y así sucesivamente-
sabed desde ahora que vuestro nombre está escrito

9 en los decimales del número π,
y que en algún lugar del número π podéis hallar,
juntos, vuestro nombre y el de vuestro amor
y el nombre de vuestros hijos,
y las fechas del nacimiento y de la muerte
de cada uno de vosotros.
Es vertiginoso, ciertamente, pero he de decir
que al lado de vuestro nombre también está escrito
el nombre de cualquier hombre o mujer

9 que hayan existido o que tal vez existirán:
es, pues, vertiginoso y fútil:
está toda vuestra historia
pero también todas las otras posibles historias
que habríais podido vivir,
todos los otros amores
que hubierais podido tener,
de manera que lo dice todo y nada,
como algunos oráculos antiguos,

3 o como pasa a menudo cuando se habla demasiado.

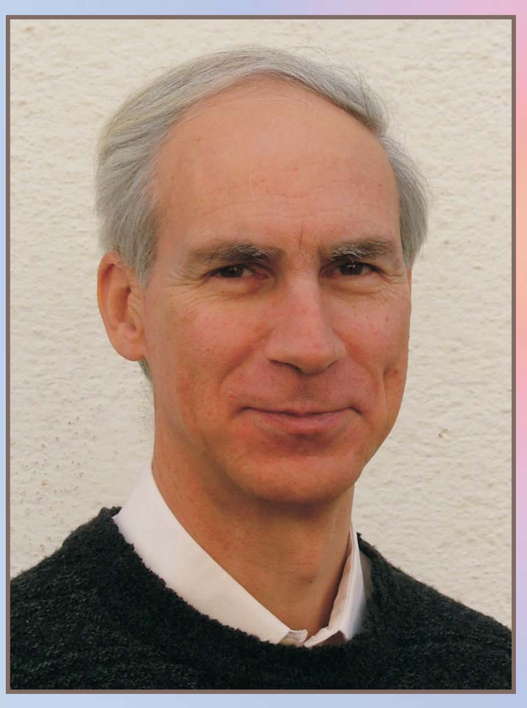
[…]

4 Pero me detengo aquí
Y doy por acabado el poema
-de hecho, inacabado, discursivo-
sabiendo, empero, que el número π sigue,

9 caudaloso como todos los ríos a un tiempo,
con más cifras que gotas el Nilo o el Ganges,
el Volga o el Amazonas,
con más cifras que granos de arena
hay en todas las playas de la Tierra,
con más cifras que átomos hay
en todos los planetas del sistema solar,
y rehusando siempre un orden claro y repetitivo,
como un río espumoso y turbulento, infinito,

4 pero también lento, sutil, discreto,
modesto en su apariencia
pero con más propiedades que oro hay
en las minas del mundo,

4 o hasta que Dios se canse de él y diga basta,
haga terminar el universo por la fatiga
de tener que soportar números como éste,
el número π.



**David Jou i Mirabent**
**Físico, científico e poeta.**
**(Sitges, 1953)**

IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014

Club Matemático Durán Loriga

# $\pi = 3$, segundo a Biblia

[23]Fixo despois Hiram o Mar de Bronce, un depósito redondo, de cinco metros de diámetro, de dous e medio de alto e de quince de circunferencia, medidos coa corda. [24]Por debaixo do bordo, por todo o arredor, o depósito tiña botóns gravados, cinco por cada metro. Estaban dispostos en dúas ringleiras, e foran fundidos co Mar, facendo con el unha peza.

[25]O Mar de Bronce estaba asentado enriba de doce bois. Tres deles miraban para o norte, tres para o occidente, tres para o sur e tres para o nacente; enriba deles ía o depósito. Os cadrís dos bois quedaban todos cara adentro. [26]O Mar de Bronce tiña unha cuarta de grosor; o seu bordo semellaba o dunha copa, coa forma de flor de lirio; a súa capacidade era de oitenta mil litros.

*Libro Primeiro dos Reis 7, 23-26.*

CARTA AO DIRECTOR DUN BANCO

Señor Directos: Vostede sabe ben
que os números son xustos,
mouros, xeados, abraiantes.
Son unha sociedade limitada,
anónima, tristeira, mercantil.
Soamente os ceros son humanos:
tenros, redondos, ben feitiños.
¡Se vostede puidera hoxe tan só!
Trebellar cos ceros, como as nenas
-milagre dos milagres-
trebellan inocentes cos seus aros.

Manuel María.
[De Documentos personaes]

***Se $\pi$ fose 3, o poema de Manuel María escribiríase así:***

CARTA AO DIRECTOR DUN BANCO

Señor Director: Vostede sabe ben
que os números son xustos,
mouros, xeados, abraiantes.
Son unha sociedade limitada,
anonima, tristeira, mercantil.
Soamente os ceros son humanos:
tenros, redondos, ben feitiños.
¡Se vostede puidera hoxe tan só!
Trebellar cos ceros, como as nenas
-milagre dos milagres-
trebellan inocentes cos seus aros.

Manuel María.
[De Documentos personaes]

4 [1]Construíu tamén un altar de bronce de vinte cóbados de longo, vinte cóbados de ancho e dez cóbados de alto. [2]Fixo o Mar de metal fundido de dez cóbados de extremo a extremo. Era enteiramente redondo e de cinco cóbados de alto. Un cordón de trinta cóbados medía o seu contorno. [3]Debaixo do bordo había en todo o contorno como unhas figuras de bois, por cadanseu cóbado, colocadas en dúas ringleiras, fundidas nunha soa masa. [4]Apoiábase sobre doce bois; tres mirando ó norte, tres mirando ó oeste, tres mirando ó sur e tres mirando ó leste. O Mar estaba sobre eles, coas súas partes traseiras de cara ó interior. [5]O seu espesor era dun palmo; a súa beira coma a do cáliz da flor do lirio. Cabían nel tres mil medidas.

*Segundo Libro das Crónicas 4, 1-5.*

IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014

Club Matemático Durán Loriga

# π é transcendente

π non é racional:

$$\pi \neq \frac{a}{b} \qquad a, b \in \mathbb{Z}$$

## Johann Heinrich Lambert

Mulhouse, 26 de agosto de 1728 - Berlín, 25 de setembro de 1777

Nun documento presentado á Academia de Berlín en 1768, foi o primeiro en probar de maneira rigorosa que π é un número irracional; é dicir, que non se pode expresar como cociente de dous números enteiros.

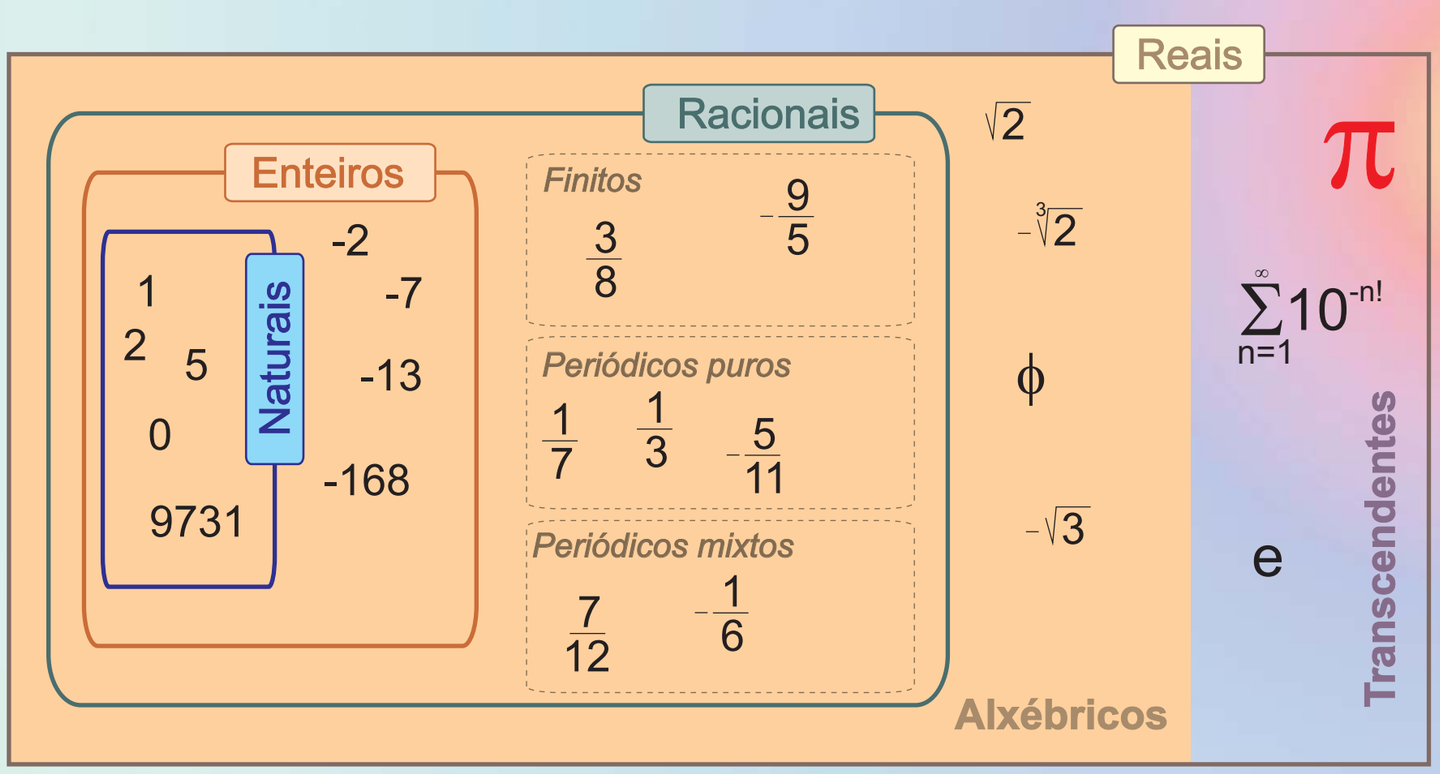
π non é alxébrico:

$$a_n\pi^n + a_{n-1}\pi^{n-1} + a_{n-2}\pi^{n-2} + a_{n-3}\pi^{n-3} + \ \ldots \ + a_1\pi + a_0 \neq 0$$

## Carl Louis Ferdinand von Lindemann

Hanover, 12 de abril de 1852 - Múnic, 6 de marzo de 1939

En 1882 demostrou que π é un número transcendente; é dicir, que non se pode obter como solución dunha ecuación polinómica con coeficientes racionais.




IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014
Club Matemático Durán Loriga

# π ao longo do tempo I

## Babilonia, 1700 a.C.

$$\pi = \frac{25}{8} = 3{,}125$$

Arquímedes de Siracusa

## Exipto, 1650 a.C.

$$\pi = \left(\frac{16}{9}\right)^2 = 3{,}16049...$$

## Arquímedes de Siracusa, 250 a.C.

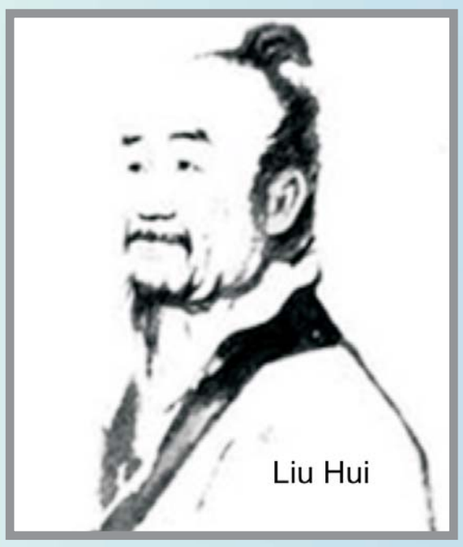
$$\frac{223}{71} < \pi < \frac{22}{7} \qquad 3{,}1408 < \pi < 3{,}1429$$

## Ptolomeo de Alexandría, 150 d.C.

$$\pi = \frac{377}{120} = 3{,}1416666...$$

Ptolomeo de Alexandría

Tsu Ch'ung Chi



Liu Hui

## Liu Hui (China), 260 d.C.

$$3{,}141024 < \pi < 3{,}142704$$

## Tsu Ch'ung Chi (China), século V d.C.

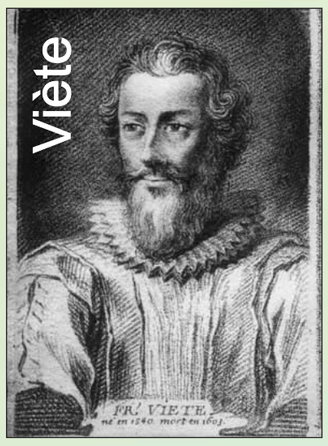
$$3{,}1415926 < \pi < 3{,}1415927 \quad \text{e} \quad \pi = \frac{355}{113}$$

IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014

Club Matemático Durán Loriga

# $\pi$ ao longo do tempo II

## François Viète (Francia), século XVI.




$\pi = 3{,}1415926536$

Ludolf van Ceulen

## Ludolf van Ceulen, século XVII.

$\pi = 3{,}14159265358979323846264338327950 28$

## Cifras de $\pi$ obtidas con medios informáticos (algunhas referencias)

| Ano | Obtido por | Tipo de ordenador | Cifras calculadas |
|---|---|---|---|
| 1949 | Reitwiesner | ENIAC | 2037 |
| 1958 | Genuys | IBM 704 | 10 000 |
| 1961 | Shanks e Wrench | IBM 7090 | 100 275 |
| 1967 | Guilloud e Dichampt | CDC 6600 | 500 000 |
| 1973 | Guilloud e Bouyer | CDC 7600 | 1 001 250 |
| 1982 | Kanada, Yoshino e Tamura | HITACHI M-280H | 16 777 206 |
| 1995 | Kanada | | 6 442 450 938 |
| 2002 | Kanada, Ushio e Kuroda | HITACHI SR8000 | 1 241 100 000 000 |
| 2010 | Shigeru Kondo | 2 x Intel Xeon X5680 | 5 000 000 000 000 |
| 2011 | Shigeru Kondo | | 10 000 000 000 000 |

IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014
Club Matemático Durán Loriga

# Series numéricas que convergen en $\pi$

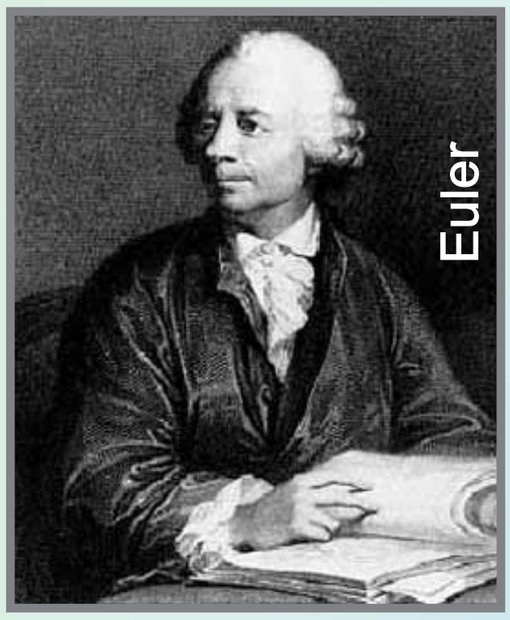
## Serie de John Wallis (1616 -1703)

$$\pi = 2\cdot\left(\frac{2\cdot 2}{1\cdot 3}\cdot\frac{4\cdot 4}{3\cdot 5}\cdot\frac{6\cdot 6}{5\cdot 7}\cdot\frac{8\cdot 8}{7\cdot 9}\cdots\right)$$

## Serie de Gregory-Leibniz

$$\pi = 4\cdot\left(1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}+\frac{1}{9}-\frac{1}{11}\cdots\right)$$

## Serie de Leonhard Euler (1707 - 1783)




$$\pi^2 = 6\cdot\left(\frac{1}{1^2}+\frac{1}{2^2}+\frac{1}{3^2}+\frac{1}{4^2}+\frac{1}{5^2}\cdots\right)$$

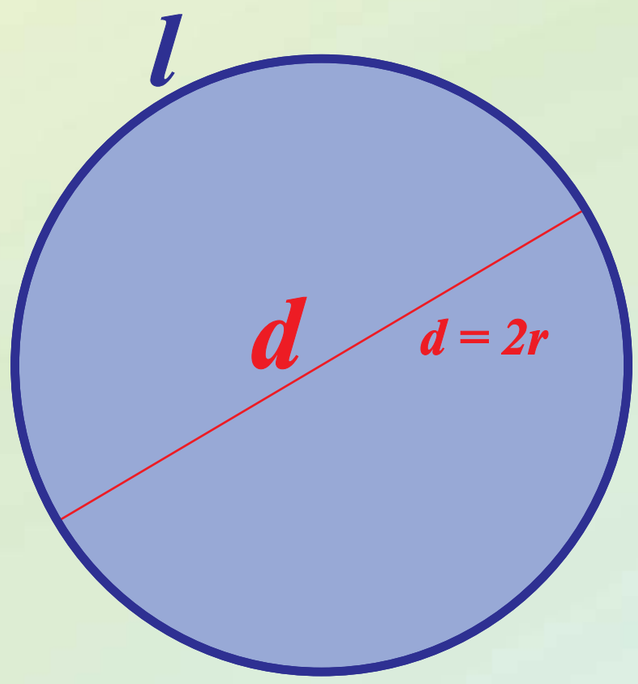
## Serie de Srinivasa Ramanujan (1887- 1920)

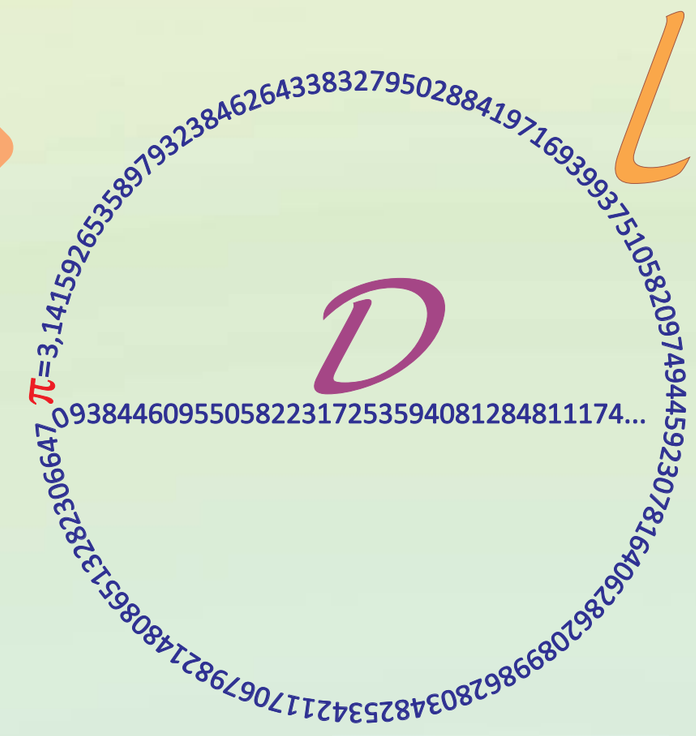
$$\frac{1}{\pi} = \frac{\sqrt{8}}{9801}\cdot\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(4\cdot n)!\,(1103 + 26390\cdot n)}{(n!)^4\cdot 396^{4n}}$$

IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014

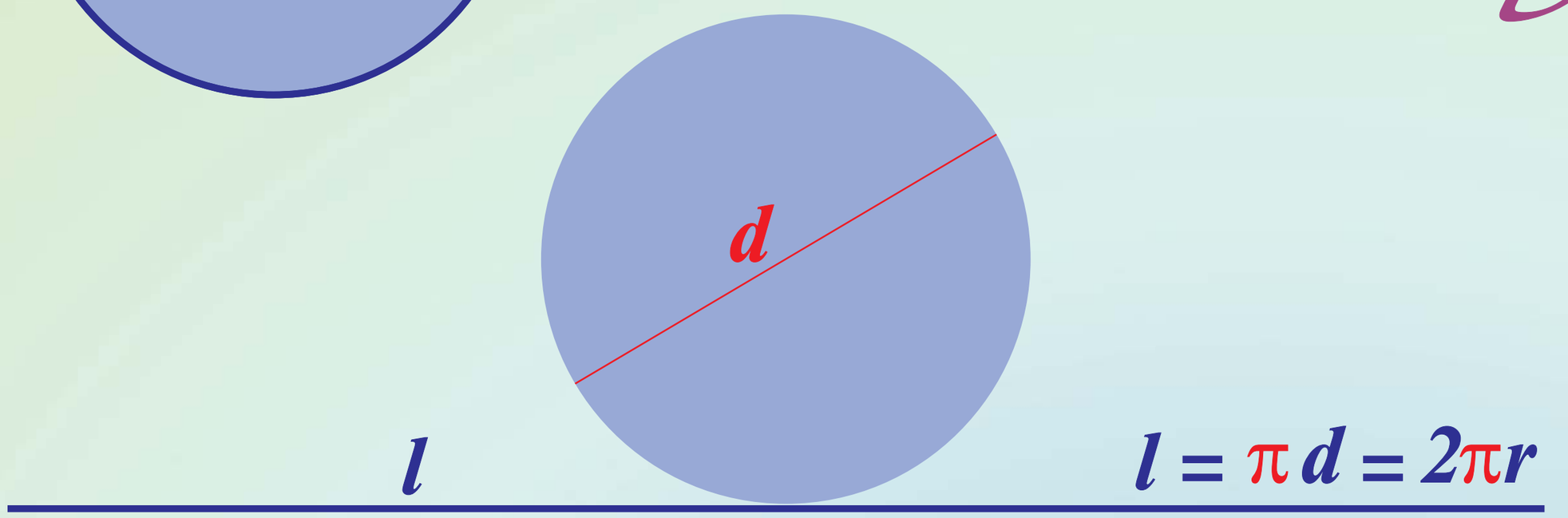
# Eu son $\pi$

$$\pi = \frac{l}{d}$$

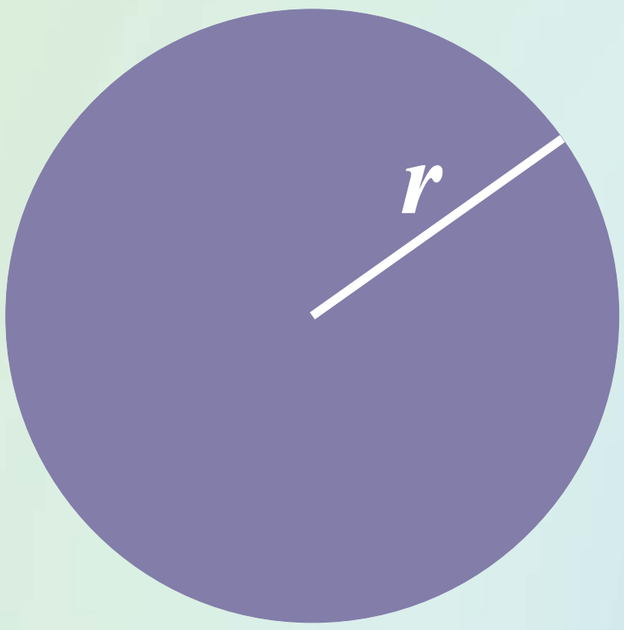


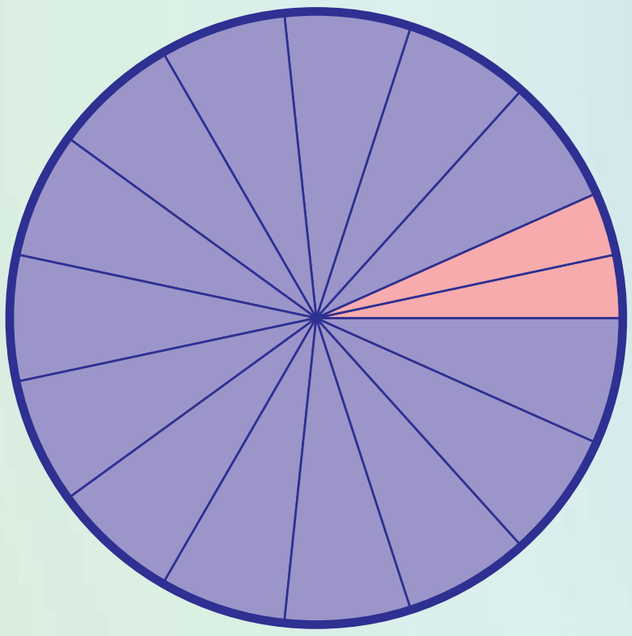

$$\pi = \frac{l}{D}$$

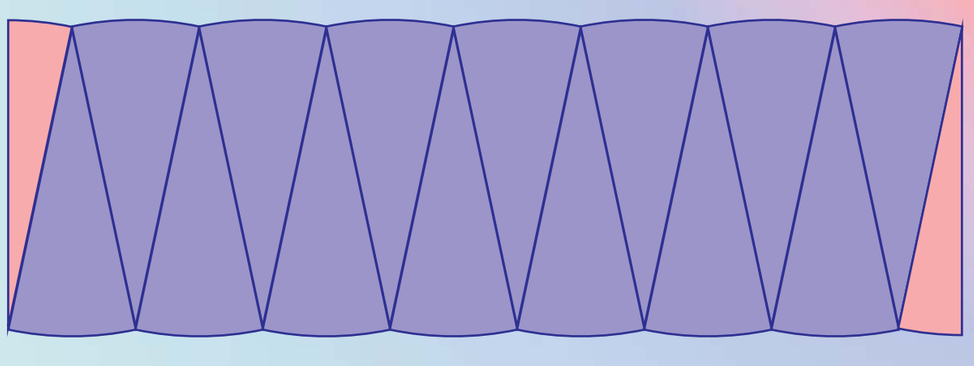



$$l = \pi d = 2\pi r$$




$$A = \pi r^2$$





IES Ramón Otero Pedrayo. A Coruña 2014