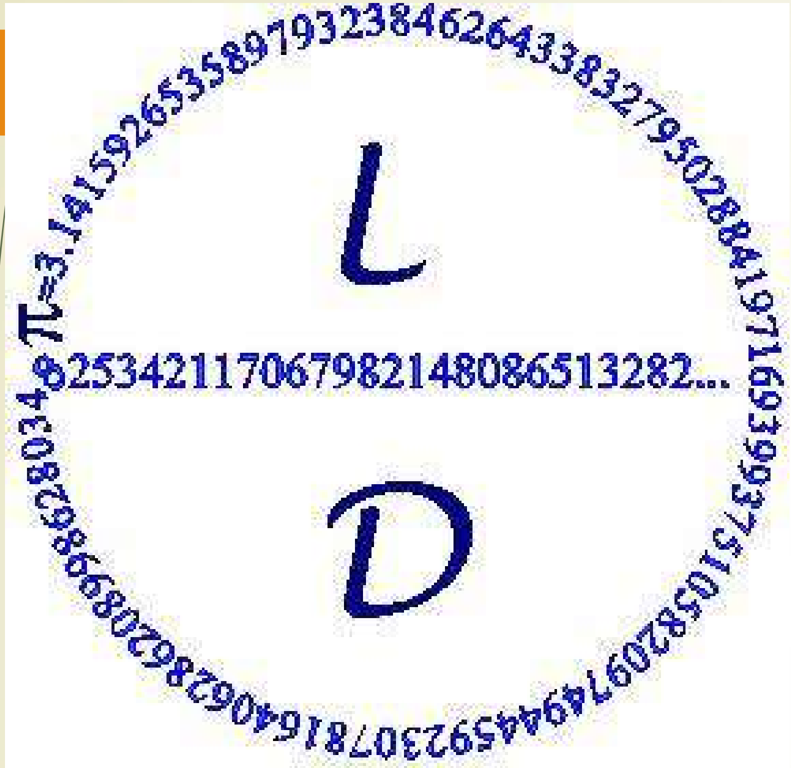
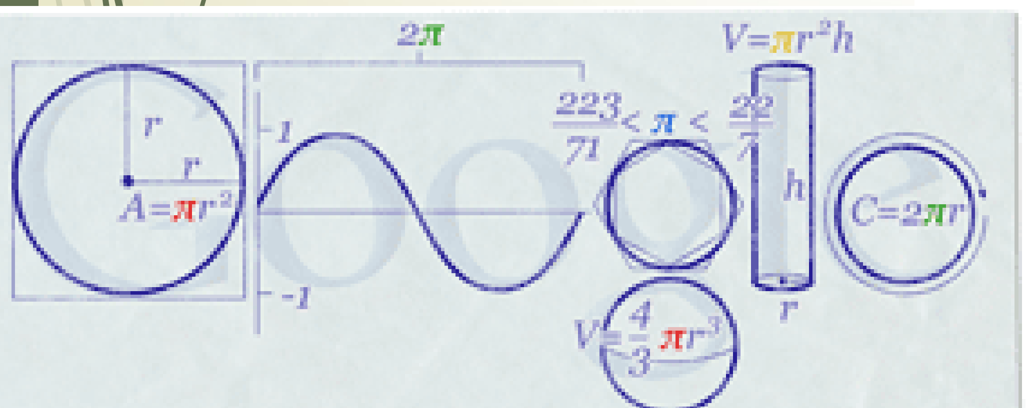
Juego matemáticos: del cuadrado al círculo

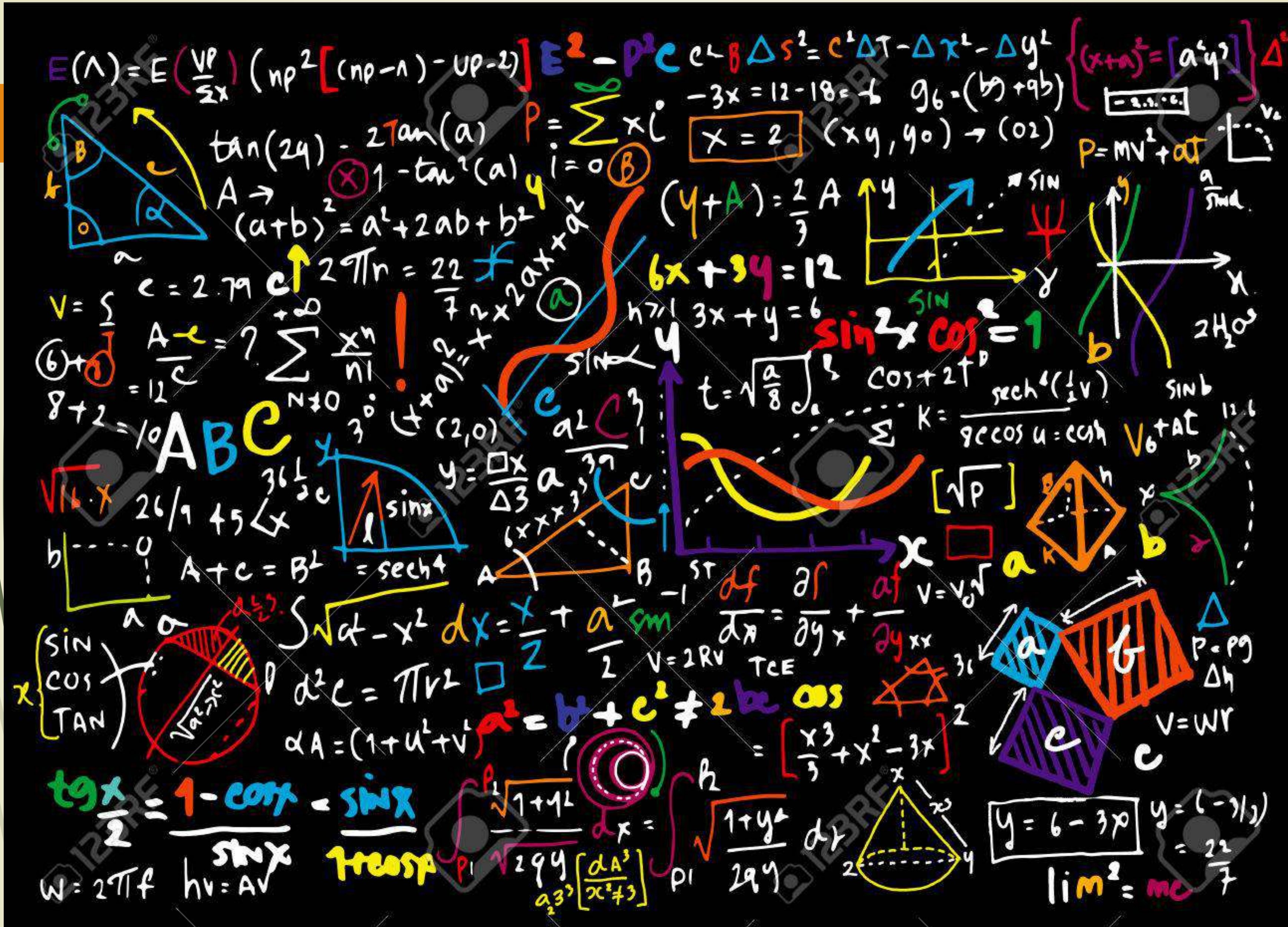
TALLER DE TALENTO MATEMATICO
10/05/2019

Pedro J. Miana
Departamento de Matemáticas
Universidad de Zaragoza

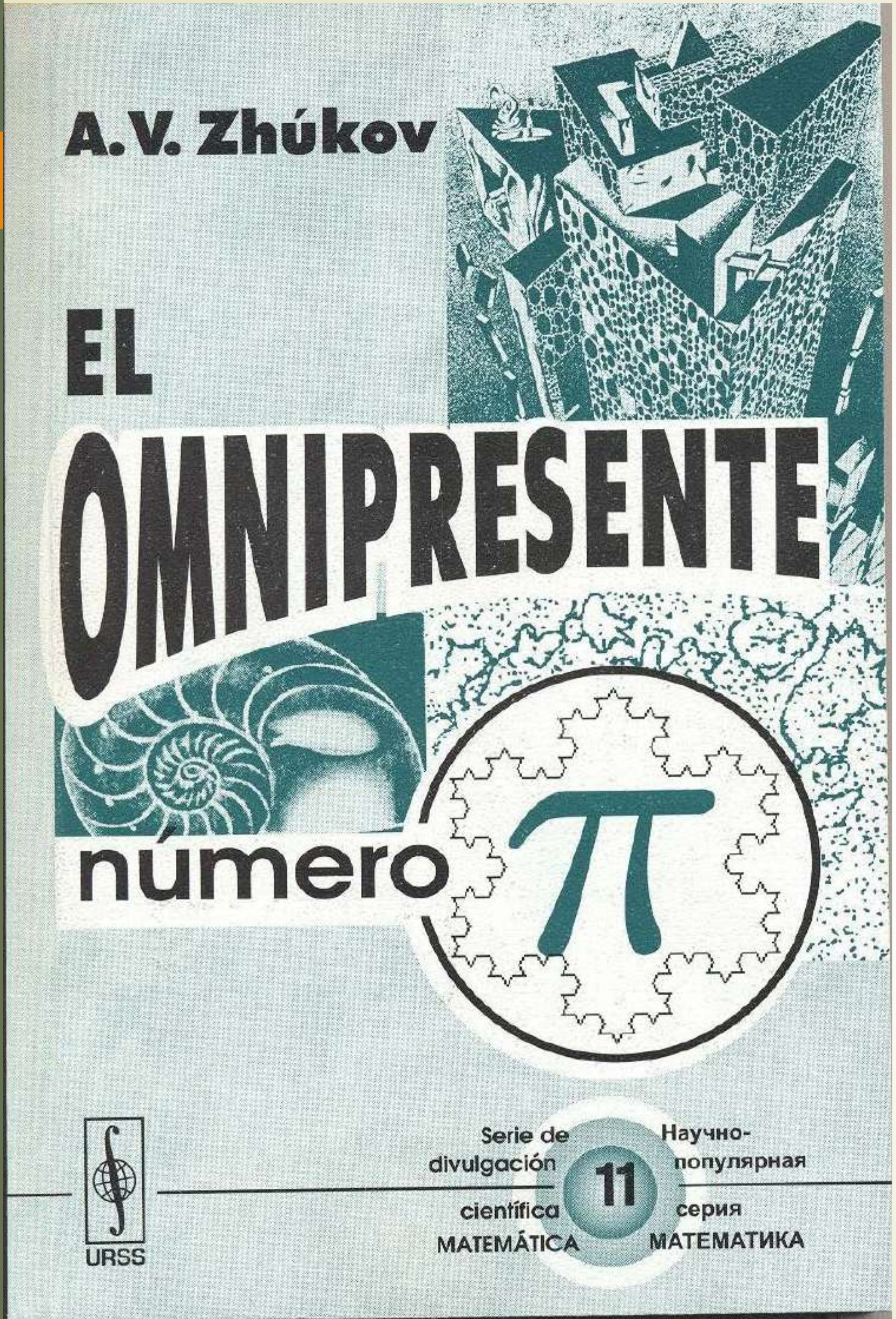
14 de marzo de 1998,
Larry Shaw, físico, Exploratorium






(a+b)² = a² + 2ab + b²
6x + 3y = 12
3x + y = 6
x = 2
P = MV² + at
A + c = B²
V = 2RV
V = Wr
y = 6 − 3x
W = 2πf
hv = AV
SIN
COS
TAN
ABC
123RF

π



3.141592653589793238462643383279
5028841971693993751058209749445923
07816406286208998628034825342117067
9821 48086 5132
823 06647 09384
46 09550 58223
17 25359 4081
2848 1117
4502 8410
2701 9385
21105 55964
46229 48954
9303 81964
4288 10975
66593 34461
284756 48233
78678 31652 71
2019091 456485 66
9234603 48610454326648
2133936 0726024914127
3724587 00660631558
817488 152092096

$$\pi = 3.14159\ 26535\ 89793\ 23846\ 26433\ 83279\ 50288\ 41971\ 69399\ldots$$

$$\pi = 3 + \frac{1}{7+}\,\frac{1}{15+}\,\frac{1}{1+}\,\frac{1}{292+}\,\frac{1}{1+}\,\frac{1}{1+}\,\frac{1}{1+}\,\frac{1}{2+}\,\frac{1}{1+}\,\frac{1}{3+}\,\frac{1}{1+}\,\frac{1}{14+}\,\frac{1}{2+}\,\frac{1}{1+\cdots}$$

$$\pi = (-1)\sqrt{-1}\log(-1) \qquad \pi = \operatorname{RootOf}[\sin\theta] \quad (3 < \theta < 4)$$

$$\pi = 4\arctan 1 \qquad \pi = 4\left(\arctan\frac{1}{2} + \arctan\frac{1}{3}\right)$$

$$\pi = \left(\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2}\,dx\right)^2 \qquad \pi = 16\arctan\frac{1}{5} - 4\arctan\frac{1}{239}$$

$$\pi = 4\int_0^1 \sqrt{1-x^2}\,dx \qquad \pi = \frac{22}{7} - \int_0^1 \frac{x^4(1-x)^4}{1+x^2}\,dx$$

$$\pi = \int_{-1}^{1} \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} \qquad \pi = \frac{4}{1+}\,\frac{1^2}{2+}\,\frac{3^2}{2+}\,\frac{5^2}{2+}\,\frac{7^2}{2+}\,\frac{9^2}{2+\cdots}$$

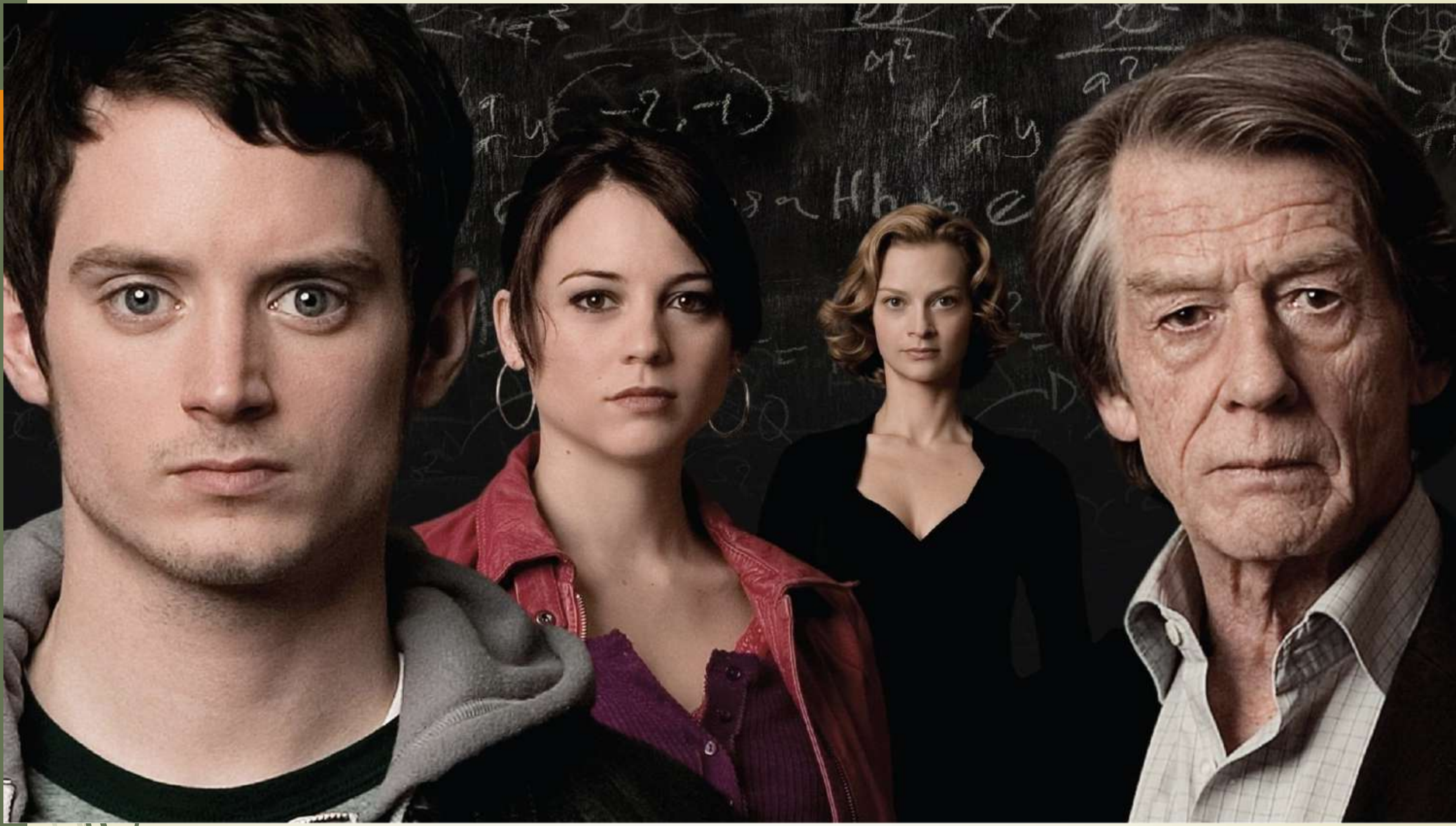
$$\pi = 2\prod_{k=1}^{\infty} \frac{(2k)^2}{(2k-1)(2k+1)} \qquad \pi = 3 + \frac{1^2}{6+}\,\frac{3^2}{6+}\,\frac{5^2}{6+}\,\frac{7^2}{6+}\,\frac{9^2}{6+\cdots}$$

$$\pi = \sqrt{\frac{6}{\prod_{\text{primes } p} 1 - \frac{1}{p^2}}} \qquad \pi = \frac{2}{\prod_{k=1}^{\infty} \frac{\left[a_0 = 0, a_k = \sqrt{2 + a_{k-1}}\right]}{2}}$$

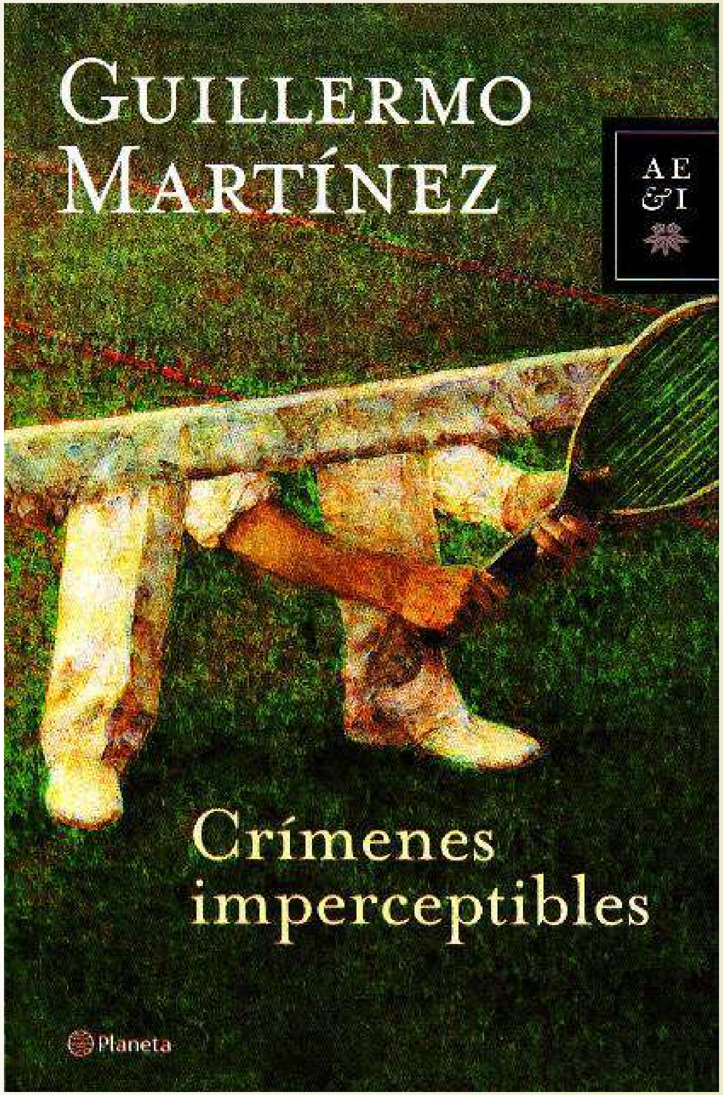
$$\pi = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \frac{6}{k^2}} \qquad \pi = \frac{99^2}{\sqrt{8}\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)!(1103 + 26390k)}{(k!)^4 396^{4k}}}$$

$$\pi = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{16^k}\left(\frac{4}{8k+1} - \frac{2}{8k+4} - \frac{1}{8k+5} - \frac{1}{8k+6}\right)$$

$$\pi = \lim_{k\to\infty} \frac{\left(\left[a_0 = 1, a_{k+1} = \frac{a_k + b_k}{2}\right] + \left[b_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}, b_{k+1} = \sqrt{a_k b_k}\right]\right)^2}{4\left[t_0 = \frac{1}{4}, t_{k+1} = t_k - 2^k(a_k - a_{k+1})^2\right]}$$



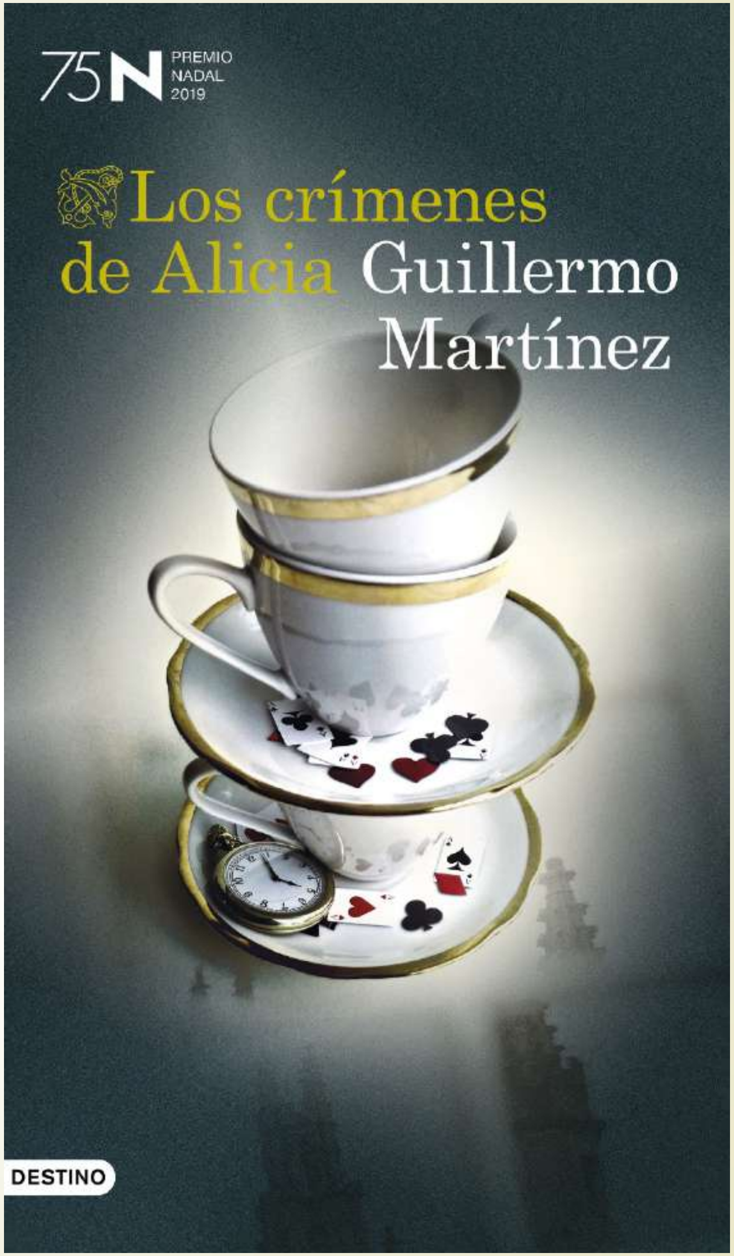
Los crímenes de Oxford (Álex de la Iglesia, 2008)



Guillermo Martínez
(Bahía Blanca, 1962)

π

St. John's College, Oxford



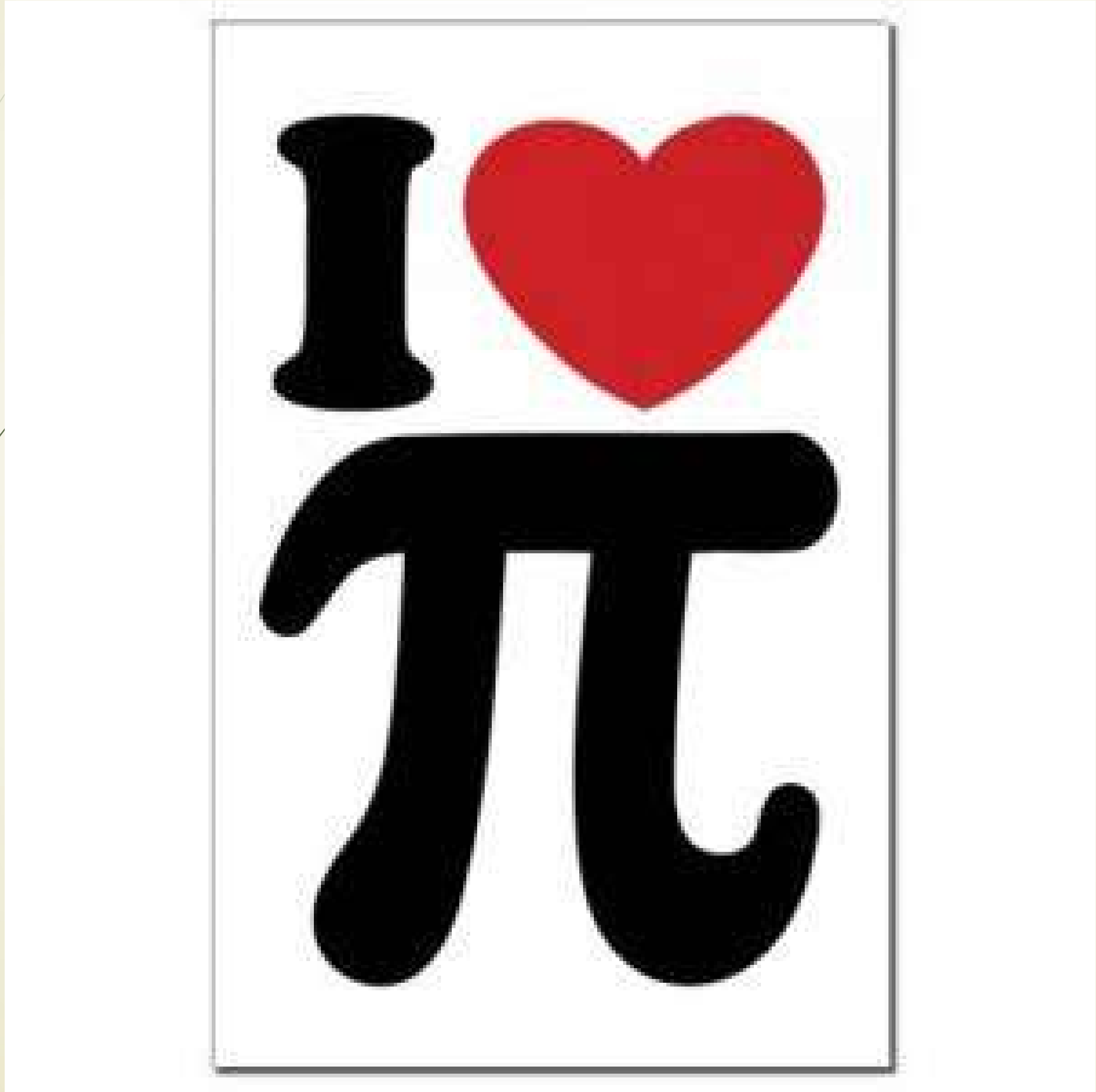
Estructura de la presentación

(1) Pi Matemático
- Aproximando pi
- Qué clase de número es pi
- Hasta el infinito y más allá

(2) Pi Social
- Juegos y entrenamiento
- Diseño y marcas
- Música y fiesta

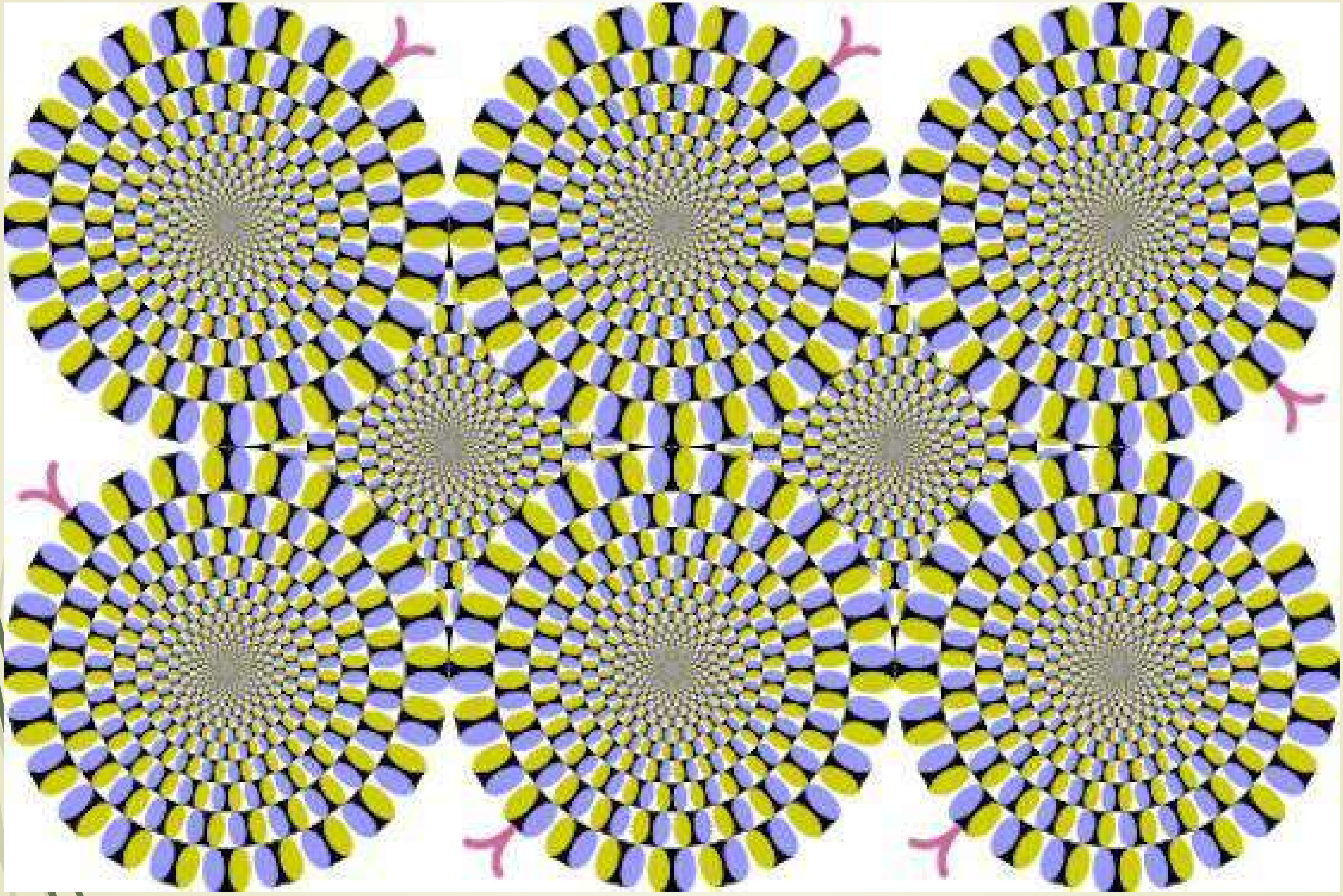
Pi Social

Hoy es el π-day, 14 de marzo



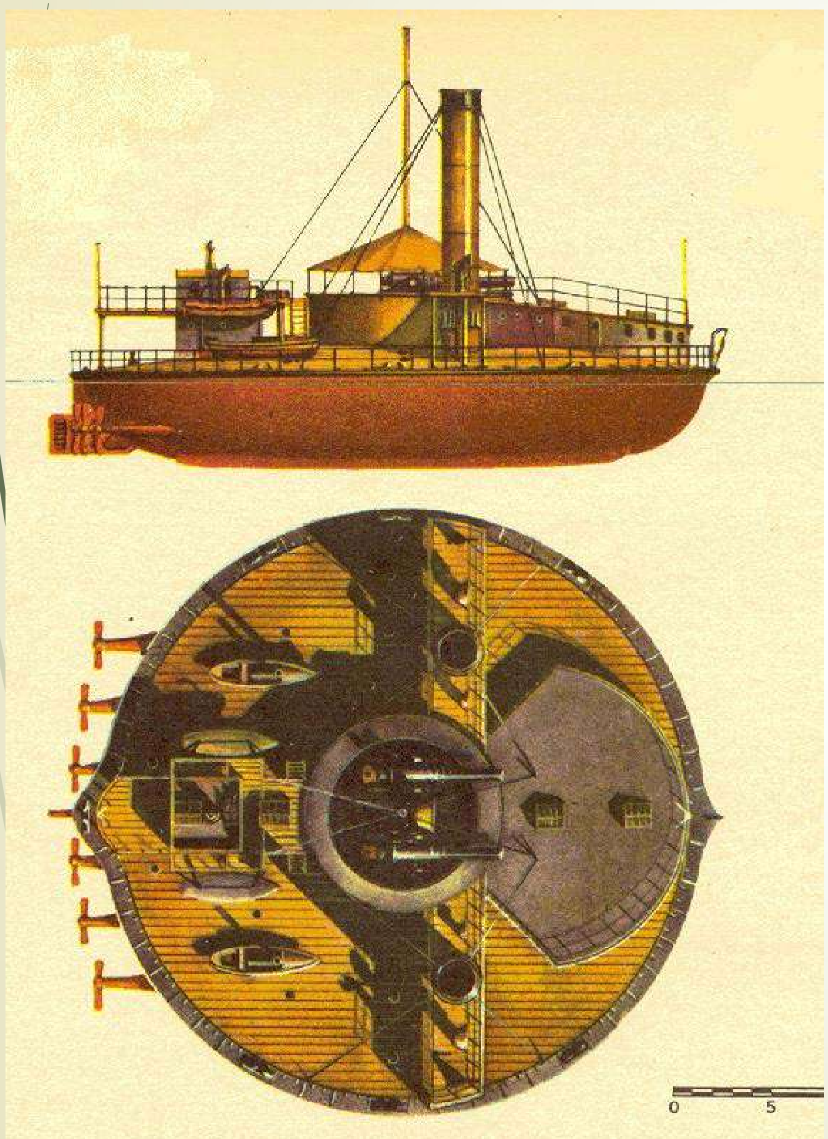

Día π 2019
3 fases
participa en equipo
14-15 de marzo
cálculos
Día 14. Edif. Matemáticas Aula 6, 17:00 horas
olimpiada
Día 15. Resolución de problemas vía e-mail
trívial
Día 14. Edif. Matemáticas Aula 6, 17:30 horas
Los tres primeros de la Universidad de Zaragoza recibirán material relacionado con la actividad
Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones
Universidad Zaragoza
Más info y premios
¿Cuántas letras tiene cada palabra?

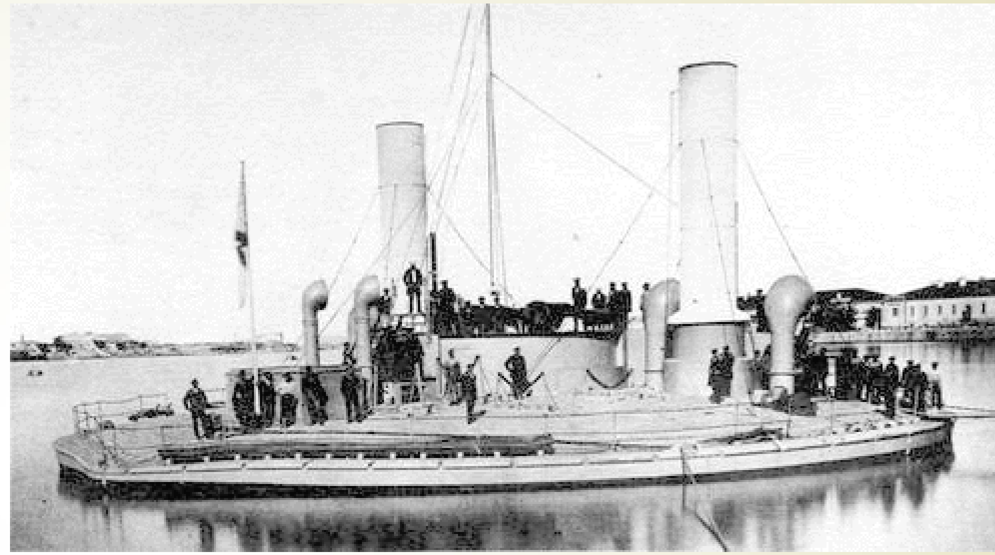
Lo circular marea…



Lo circular marea…
La rotonda de los 19 semáforos (EL PAIS, 20/10/2013)

Lo circular marea...

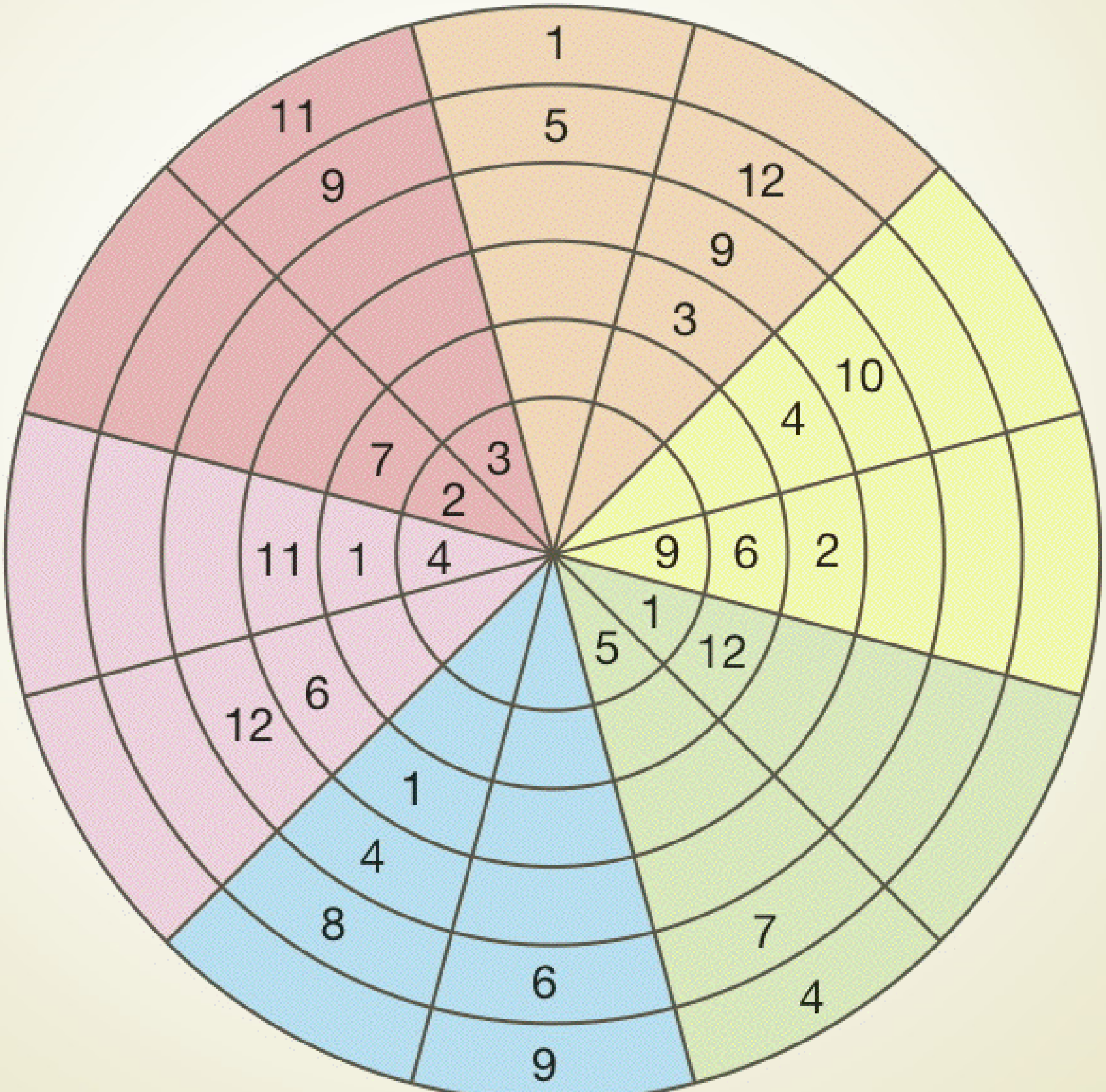




El Novgorod (1876) fue un cañonero fluvial de la Armada Imperial rusa. Fue un estrepitoso fracaso... for su forma circular.

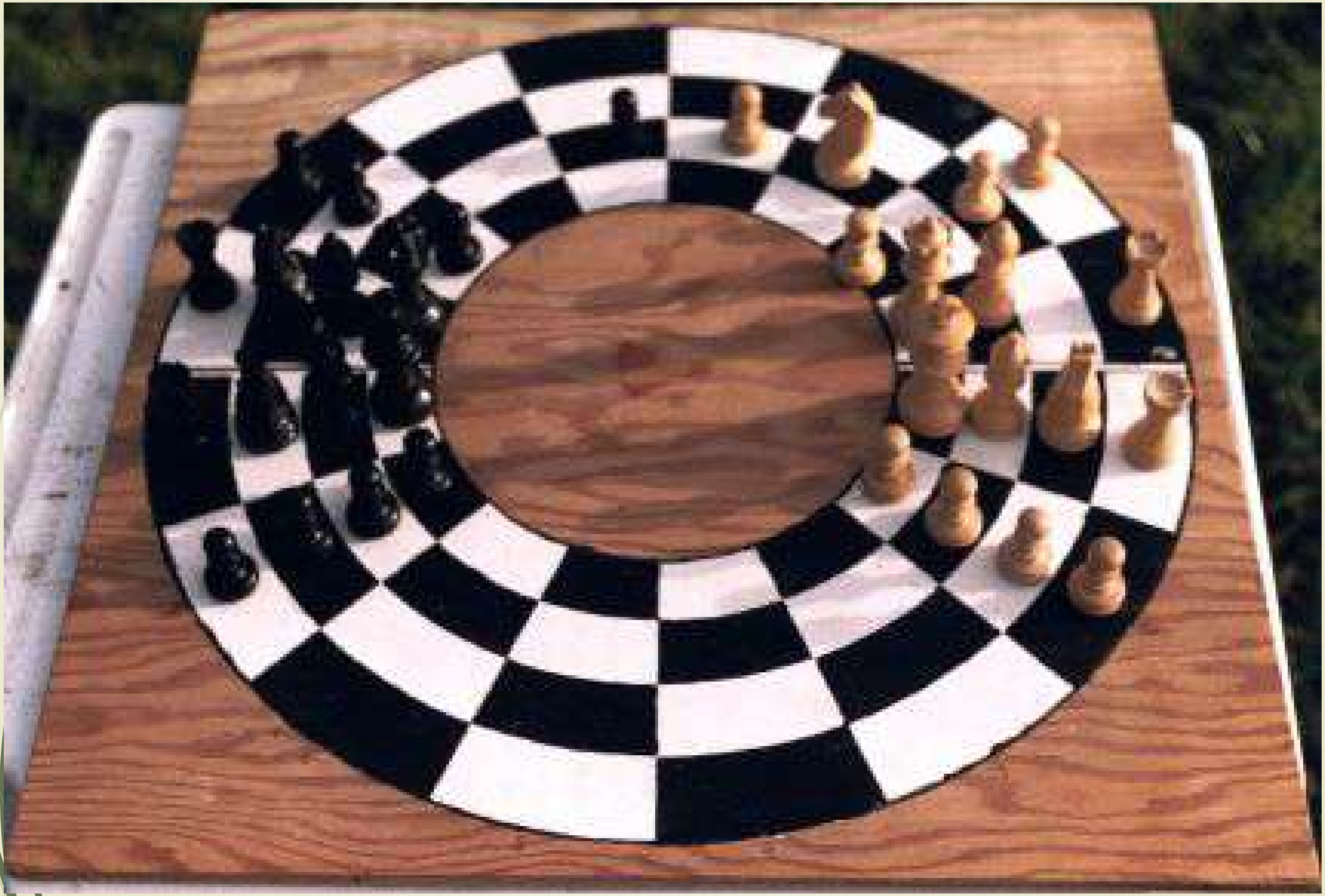
Planet 51 (2009, Jorge Blanco)

Concurso π-day Tercer Milenio



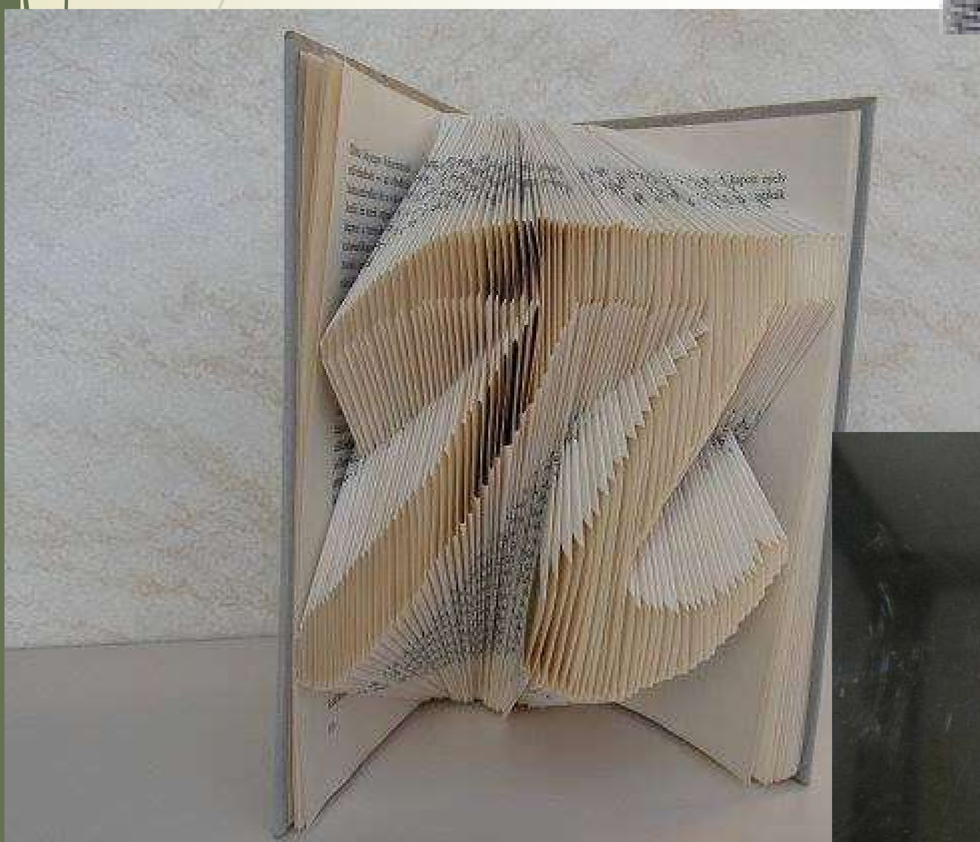
La tiranía de la perpendicularidad: ajedrez

Ajedrez circular y otros juegos más…



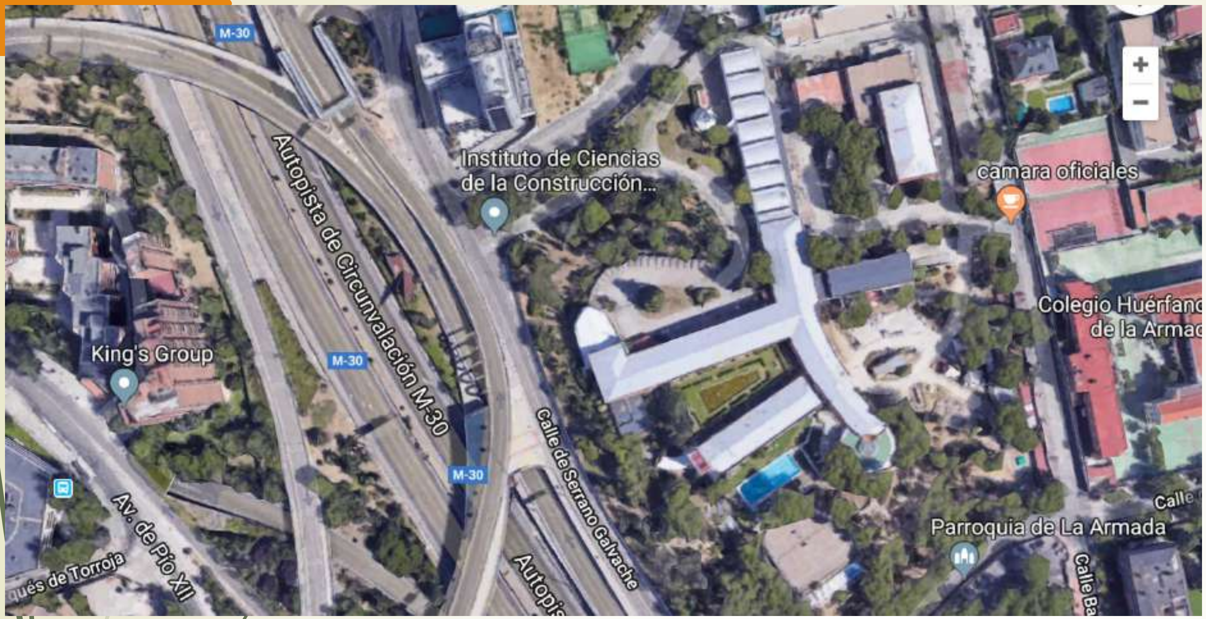
La cortina rasgada (1966)

Diseñando con π

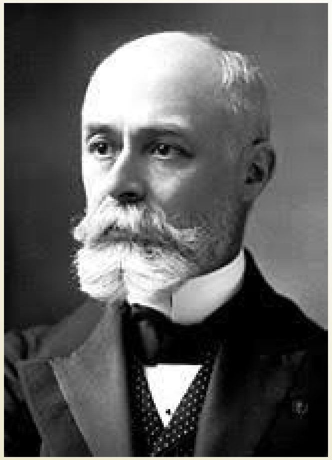


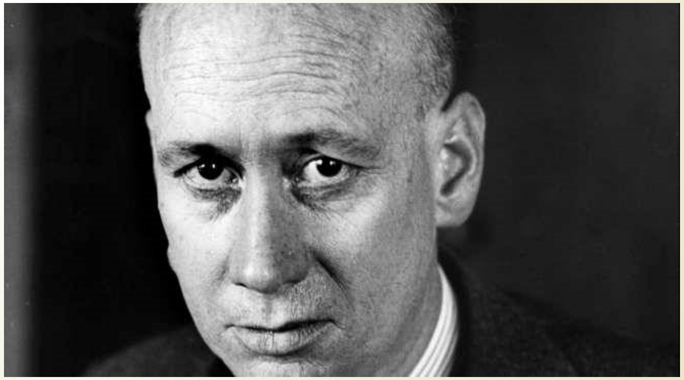
Diseñando con π..

Instituto de Ciencias de la Construcción (1951)



Eduardo Torroja Caballé (1847-1918)





Eduardo Torroja Miret (1899-1961)

Vacaciones en Roma, chirigota callejera.
La vida de Pi. Carnaval de Cádiz 2014
https://www.youtube.com/watch?v=tQjgvFjl6L0

π

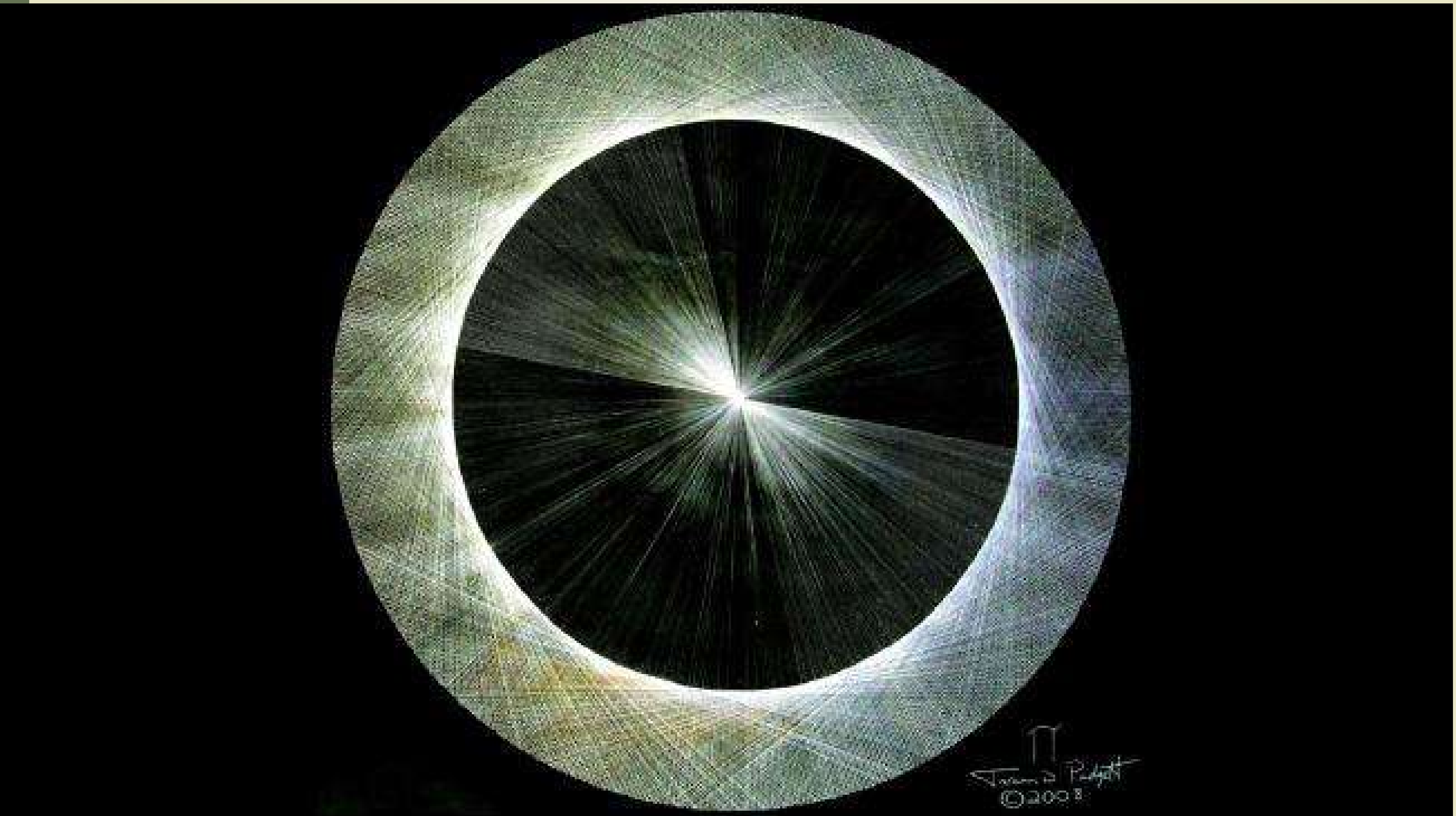
150 decimales de Pi - Canción de Danny Perich π
https://www.youtube.com/watch?v=G4sg1XnR1SU

The Irrationally Long Number Pi Song ("Sweet Number Pi")
https://www.youtube.com/watch?v=Skf8NTEnrO4

Lo que no he dicho

(1) Pi contra tau
(2) La presencia de Pi en fórmulas físicas
(3) Nuevas composiciones musicales: rap, pasodoble…
(4) Pi y síndrome de Savant ("Good doctor") o del sabio
- Daniel Tammet (matemático)
- Jason Padgett (adquirido)

(5)….

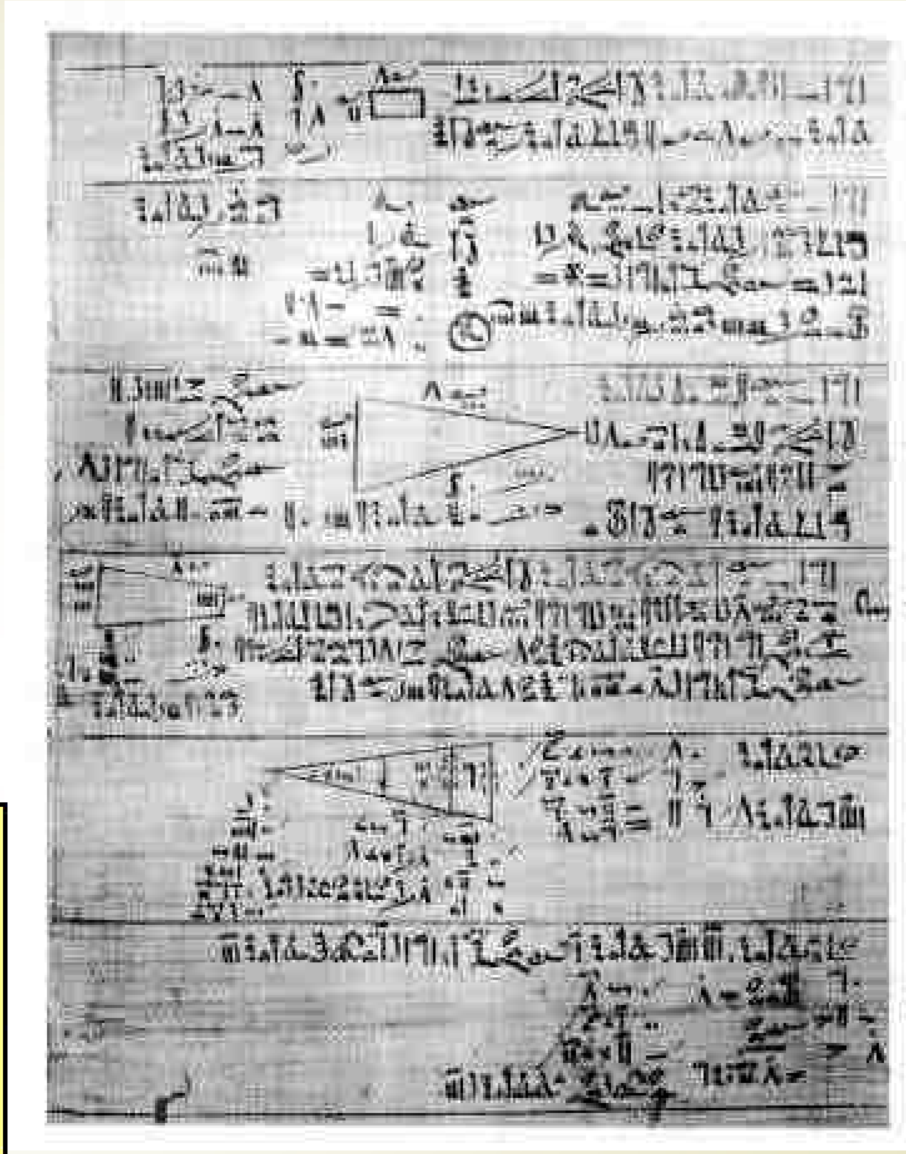

©2008

π=3’1415926535 8979323846 2643383279 50288419716939937510 5820974944 5923078
1640628620899 8628034825 3421170679 82148086513282306647 0938446095 50582231
725359408128 4811174502 8410270193 85211055596446229489 54930381964428810975
6659334461 2847564823 3786783165 2712019091 4564856692 3460348610 4543266482
1339360726 0249141273 7245870066 0631558817 4881520920 9628292540 9171536436
7892590360 0113305305 4882046652 1384146951 9415116094 3305727036 5759591953
0921861173 8193261179 3105118548 0744623799 6274956735 1885752724 8912279381
8301194912 9833673362 4406566430 8602139494 6395224737 1907021798 6094370277
0539217176 2931767523 8467481846 7669405132 0005681271 4526356082 7785771342
7577896091 7363717872 1468440901 2249534301 4654958537 1050792279 6892589235
4201995611 2129021960 8640344181 5981362977 4771309960 5187072113 4999999837
2978049951 0597317328 1609631859 5024459455 3469083026 4252230825 3344685035
2619311881 7101000313 7838752886 5875332083 8142061717 7669147303 5982534904
2875546873 1159562863 8823537875 9375195778 1857780532 1712268066 1300192787
6611195909 2164201989 3809525720 1065485863 2788659361 5338182796 8230301952
0353018529 6899577362 2599413891 2497217752 8347913151 5574857242 4541506959
5082953311 6861727855 8890750983 8175463746 4939319255 0604009277 0167113900
9848824012 8583616035 6370766010 4710181942 9555961989 4676783744 9448255379
7747268471 0404753464 6208046684 2590694912 9331367702 8989152104 7521620569
6602405803 8150193511 2533824300 3558764024 7496473263 9141992726 0426992279
6782354781 6360093417 2164121992 4586315030 2861829745 5570674983 8505494588
5869269956 9092721079 7509302955 …………………………………… (1500 dígitos)

Calculando π

1650AC Escriba Ahmes. Papiro Rhind Papyrus

"Corta 1/9 del diametro y construye un cuadrado con el resto; éste tiene el mismo área que el círculo´´

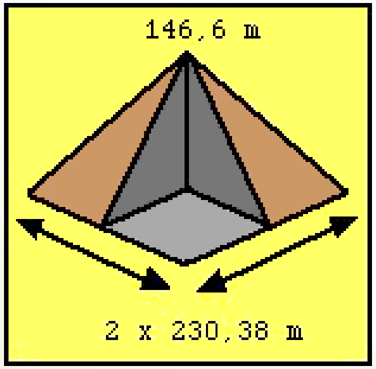


$64/81=\pi/4;$

$\pi = 3+13/81 = 3.16049$

Pirámide de Keops

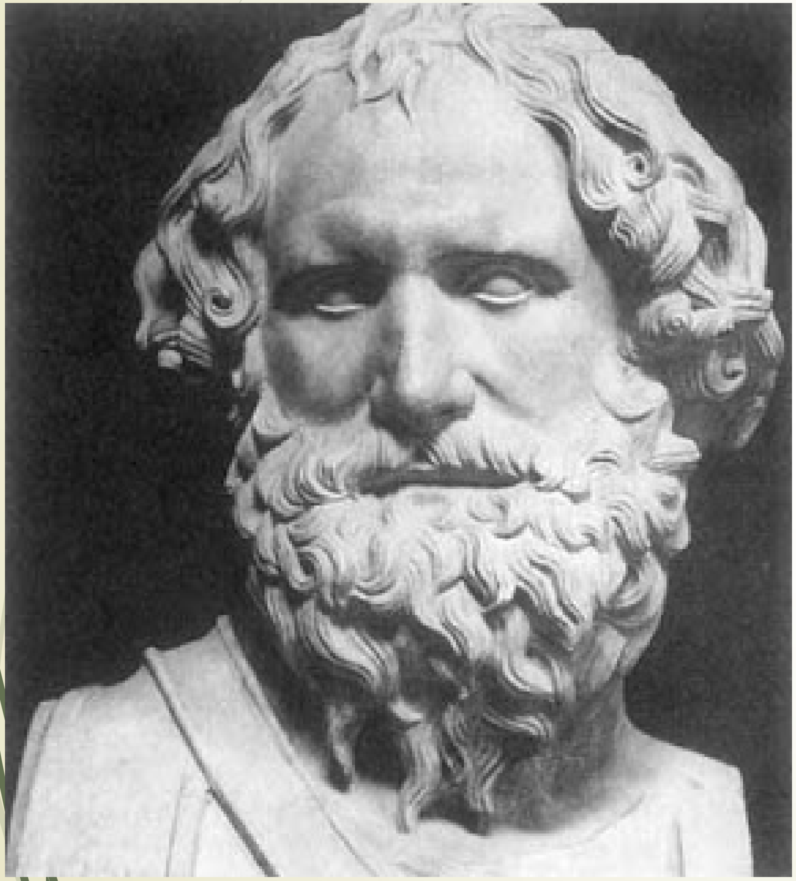
$\pi = 3{,}14297\ldots$



1 Reyes 7: 23 *Hizo asimismo un mar de fundición, de diez codos del uno al otro lado, redondo, y de cinco codos de alto, y ceñialo en derredor un cordón de treinta codos.* $\pi = 3$

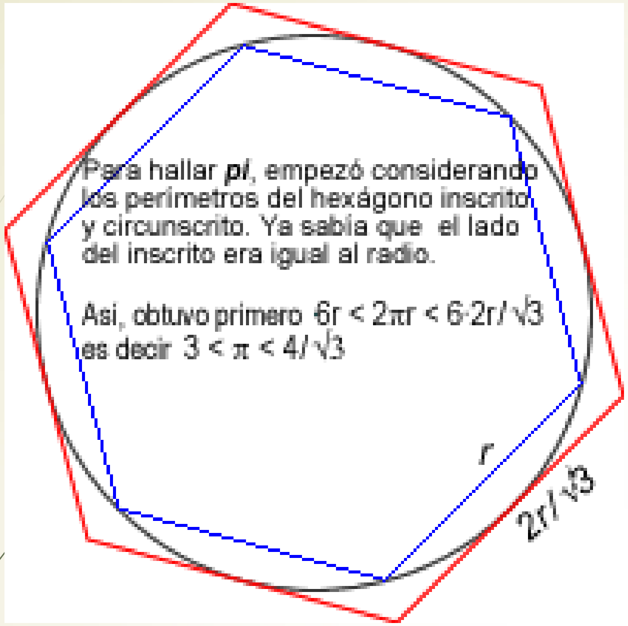
Arquíimedes de Siracusa

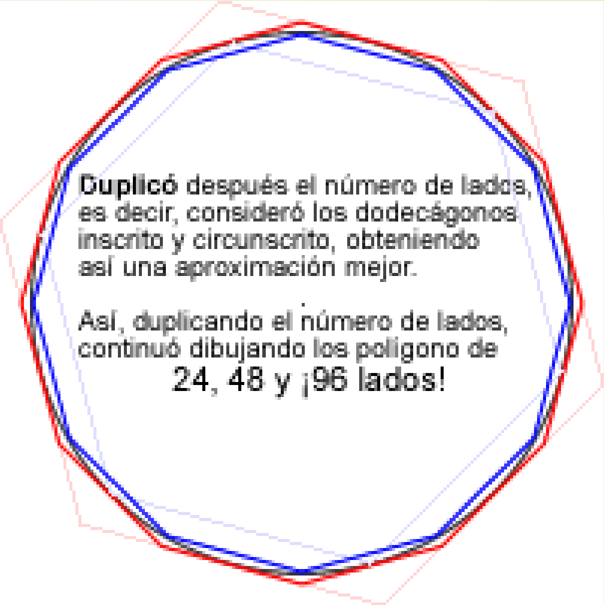
(287 a. C. - 212 a. C.)



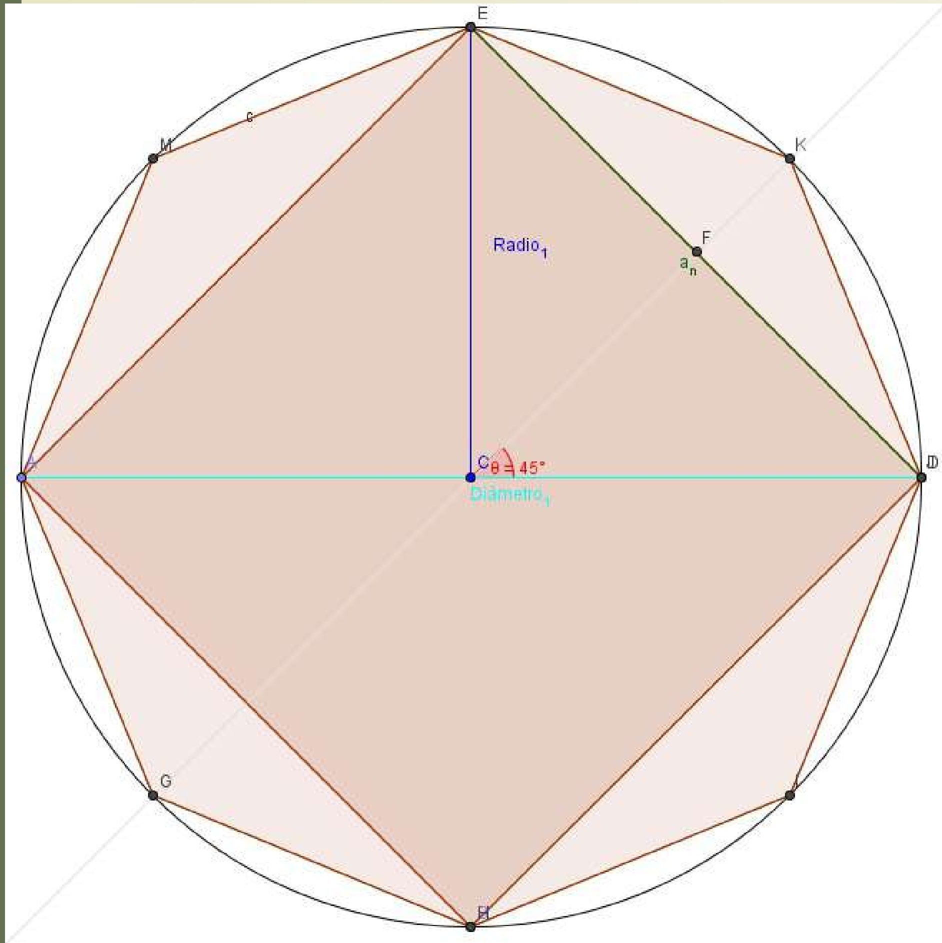
Nació en Siracusa (Sicilia) el año 287 a. C., se educó en Alejandría (Egipto), volvió a su ciudad natal hasta su muerte.

Participó en la defensa de Siracusa contra los romanos, construyendo armas de guerra (catapultas, sistemas de espejos para incendiar naves,...) con las que se logró retrasar notablemente la conquista de la ciudad. No obstante, en el año 212 a.C., la ciudad cayó en poder de las tropas del general *Marcelo*, y durante el consiguiente saqueo, *Arquímedes* murió atravesado por la espada de un soldado romano, aun a pesar de que *Marcelo*, según cuenta *Plutarco*, había ordenado que se respetara su vida.



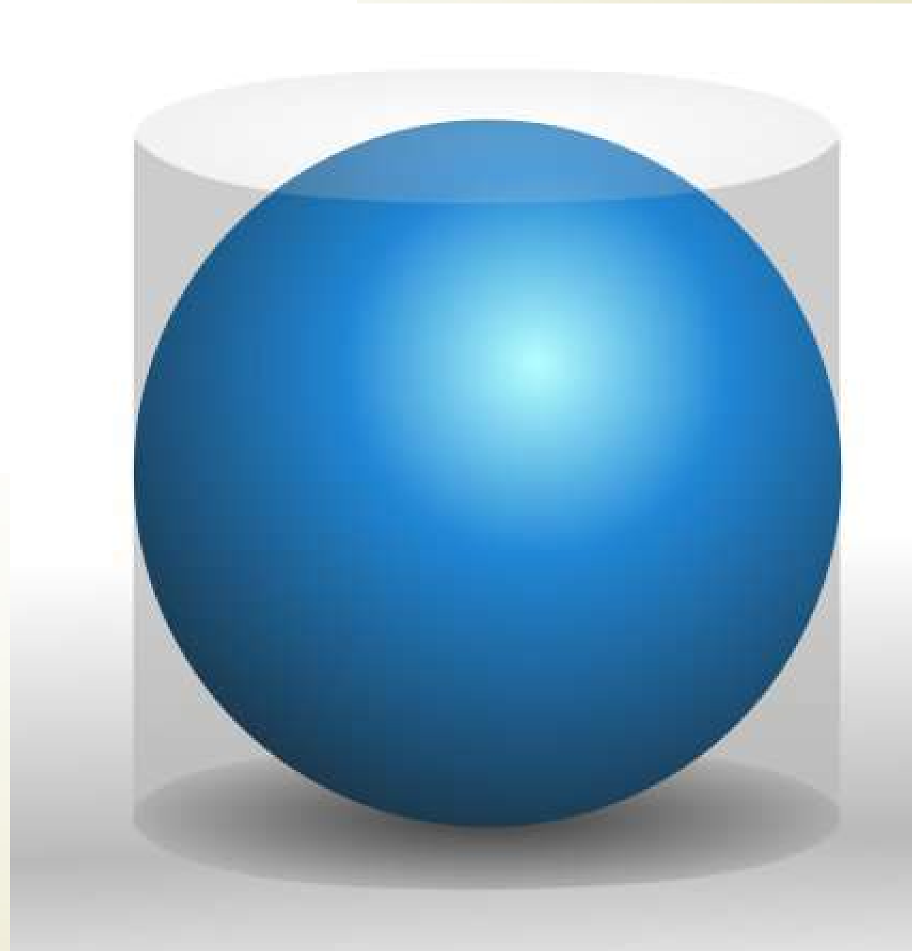


Así, llegando a trabajar hasta con el polígono de 96 lados, obtuvo que π estaba entre las fracciones 223/71 y 22/7, es decir, entre 3'1408... y 3'1428..



$$P_n = 2^{n+1} \cdot a_n$$

$$a_n = 2 \cdot sin\left(\frac{\theta}{2^{n-1}}\right)$$



2/3

En 1429, en Samarkanda Al-Kashi 14 decimales de π con el polígono de 2832 Lados

En 1593, en Europa, F. Viete encontró 9 cifras de π mediante un polígono de 1722 lados.

En 1600, A. Van Roomen obtuvo 20 cifras de π .

En 1615, Ludolph van Ceulen consigue 39 cifras, 35 son correctas de π polígono n= 2^62, durante 20 años

Precalculus π Calculations

Name	Year	Digits
Babylonians	2000? BCE	1
Egyptians	2000? BCE	1
Hebrews (1 Kings 7:23)	550? BCE	1
Archimedes	250? BCE	3
Ptolemy	150	3
Liu Hui	263	5
Tsu Ch'ung Chi	480?	7
Al-Kashi	1429	14
Romanus	1593	15
Van Ceulen (**Ludolph's number***)	1615	35

Pieterskerk, Leiden, Holanda

π

1652 William Oughtred introduce π/δ (περιμετρο/διαμετρο)

1689 J Christoph Sturm sugiere utilizar un símbolo

1706 William Jones `` *Syngosis palmariorum mathesos´´* usa π

1737 Leonard Euler fija la notación de π

Un cambio de ideas

F. Viete (1579)

$$\frac{\sqrt{2}}{2}\frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{2}\frac{\sqrt{2+\sqrt{2+\sqrt{2}}}}{2}\cdots=\frac{2}{\pi}$$

J. Wallis (1655)

$$\prod_{k=1}^{\infty}\frac{4k^2-1}{4k^2}=\frac{2}{\pi},$$

W. Brouncker (1658)

$$\frac{2}{\pi}=\cfrac{1}{1+\cfrac{9}{2+\cfrac{25}{2+\cfrac{49}{2+\cdots}}}}$$

Leonard Euler (1707 / 1783)

$$\sum_n \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}.$$

INTRODUCTIO

IN ANALYSIN

INFINITORUM.

AUCTORE

LEONHARDO EULERO,

Professore Regio BEROLINENSI, *& Academiæ Imperialis Scientiarum* PETROPOLITANÆ *Socio.*

TOMUS PRIMUS.

LAUSANNÆ,

Apud MARCUM-MICHAELEM BOUSQUET & Socios.

MDCCXLVIII.

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \&c.$$

$$\frac{\pi\pi}{8} = 1 + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{9^2} + \&c.$$

$$\frac{\pi^3}{32} = 1 - \frac{1}{3^3} + \frac{1}{5^3} - \frac{1}{7^3} + \frac{1}{9^3} - \&c.$$

$$\frac{\pi^4}{96} = 1 + \frac{1}{3^4} + \frac{1}{5^4} + \frac{1}{7^4} + \frac{1}{9^4} + \&c.$$

$$\frac{5\pi^5}{1536} = 1 - \frac{1}{3^5} + \frac{1}{5^5} - \frac{1}{7^5} + \frac{1}{9^5} - \&c.$$

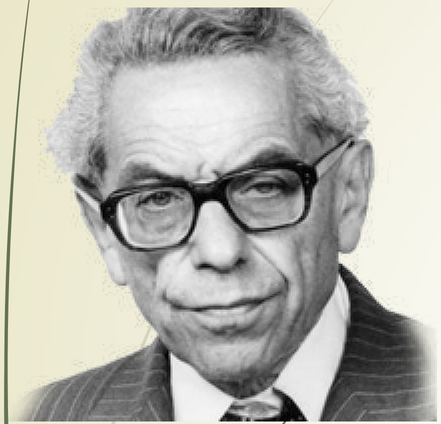
$$\frac{\pi^6}{960} = 1 + \frac{1}{3^6} + \frac{1}{5^6} + \frac{1}{7^6} + \frac{1}{9^6} + \&c.$$

&c.

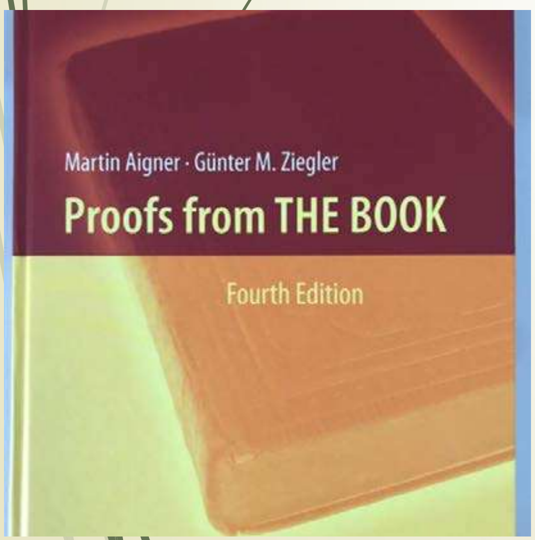
Qué clase de número es π

π es irracional

Lambert & Legendre (1761) // Ivan Niven (1947)



Paul Erdös (1913-1996)



$$\pi = a/b, \qquad f(x) = \frac{x^n(a-bx)^n}{n!}$$

$$0 < x < \pi,$$

$$F(x) = f(x) - f^{(2)}(x) + f^{(4)}(x) - \cdots + (-1)^n f^{(2n)}(x)$$

$$\frac{d}{dx}\{F'(x)\sin x - F(x)\cos x\}$$

$$= \quad F''(x)\sin x + F(x)\sin x = f(x)\sin x$$

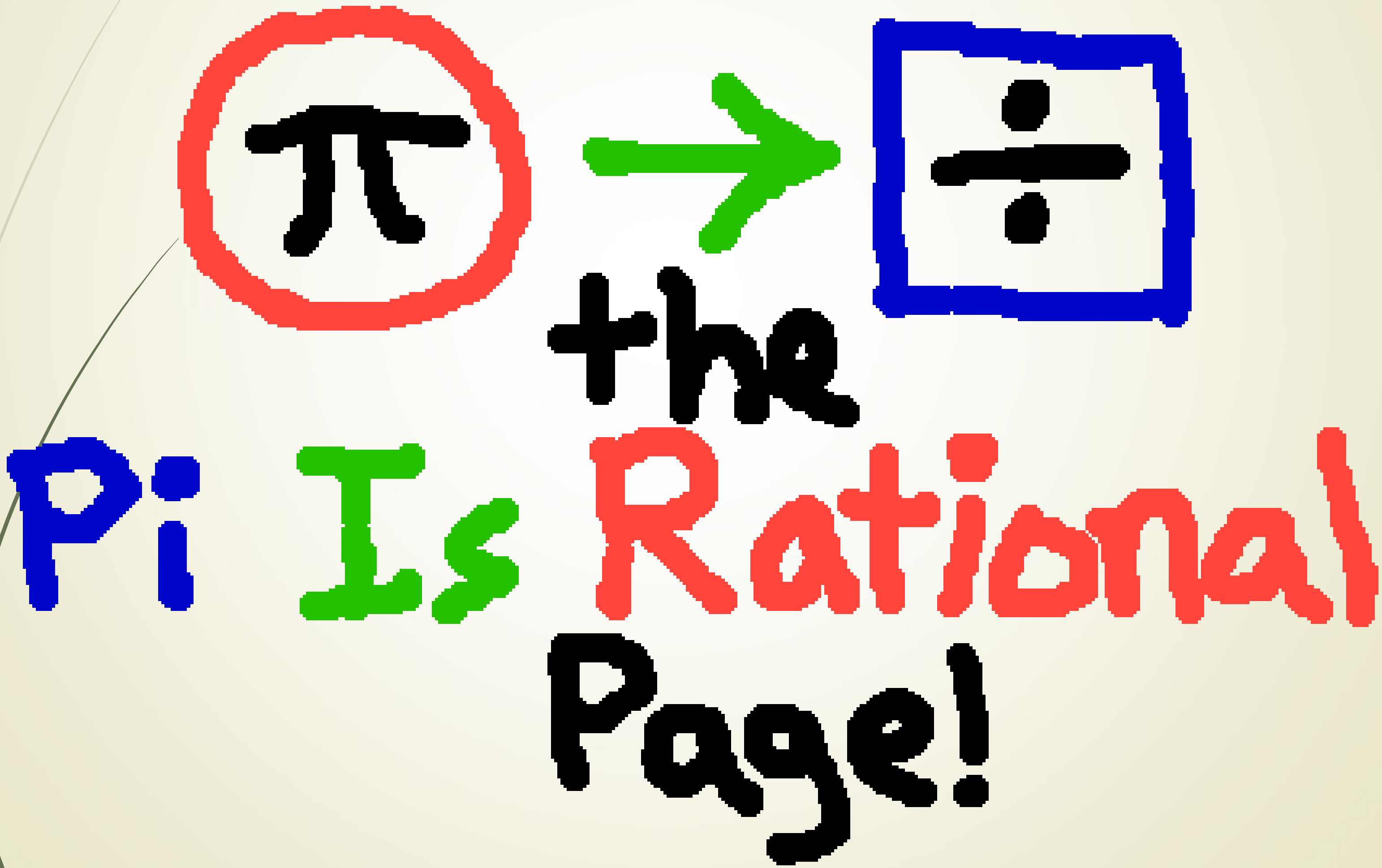
$$\int_0^\pi f(x)\sin x\,dx \quad = \quad [F'(x)\sin x - F(x)\cos x]_0^\pi$$

$$(13) \qquad\qquad = \quad F(\pi) + F(0).$$

$$0 < f(x)\sin x < \frac{\pi^n a^n}{n!},$$

(.wav)

π es racional ``the Pi Is Rational page ''(1994-2014)



π es transcendente: NO existe P_n

$$P_n(\pi) = a_n\pi^n + a_{n-1}\pi^{n-1} + \cdots a_1\pi + a_0 = 0, \qquad a_i \in \mathbb{Z}.$$

Hermite (1873) e

Lindemann (1882) e^a

Weierstrass (1885) (e^a)

Hilbert (1893) $\pi \to e$

Problema 7,1900, $e^{\pi} = i^{-2i}$

Ueber die Zahl π.*)

Von

F. Lindemann in Freiburg i. Br.

Zu Lindemann's Abhandlung: „Über die Ludolph'sche Zahl".

Von K. Weierstrass.

Ueber die Transcendenz der Zahlen e und π.*)

Von

David Hilbert in Königsberg i. Pr.

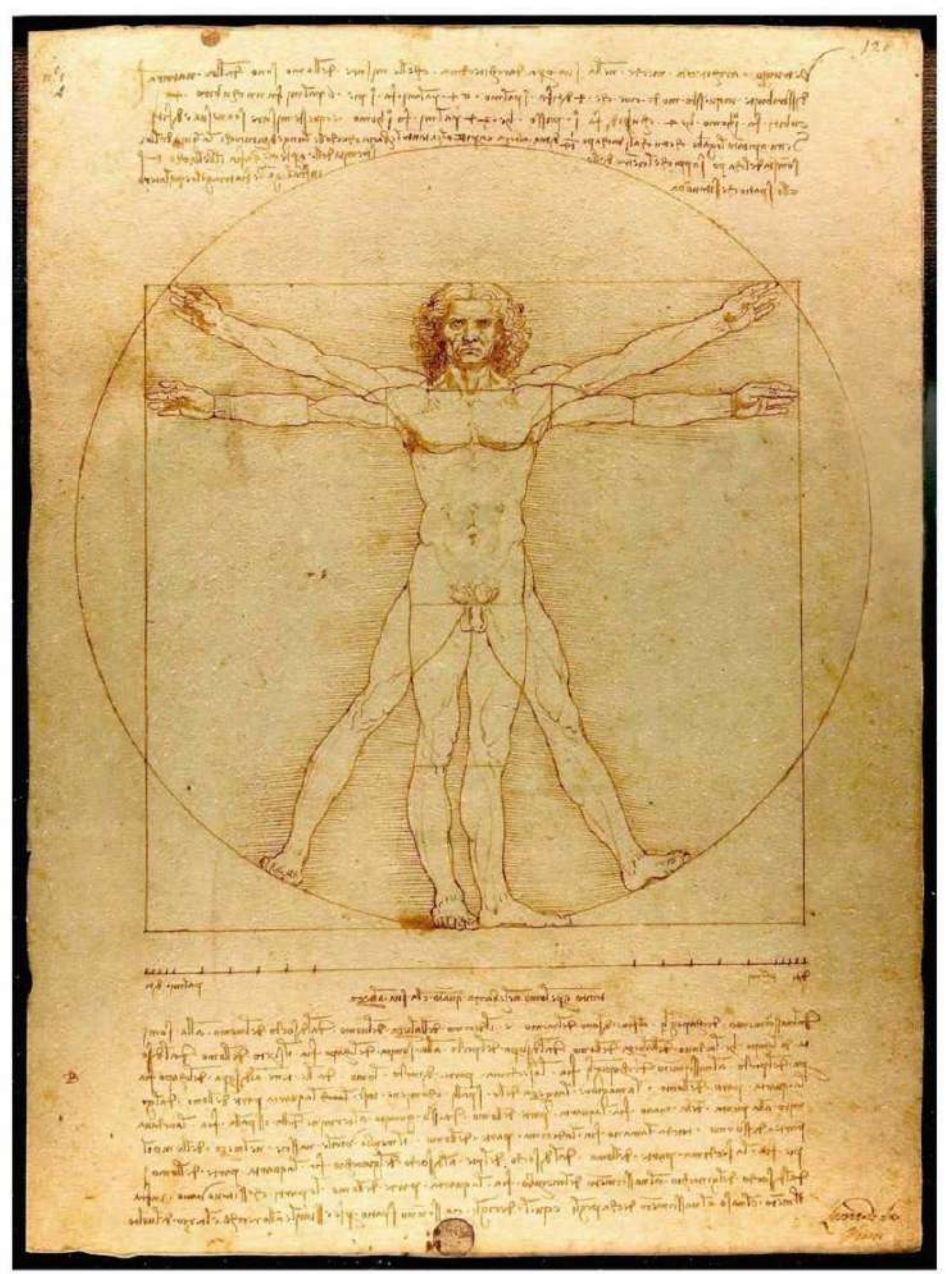
Ueber die Zahl π.*)

Von

F. Lindemann in Freiburg i. Br.

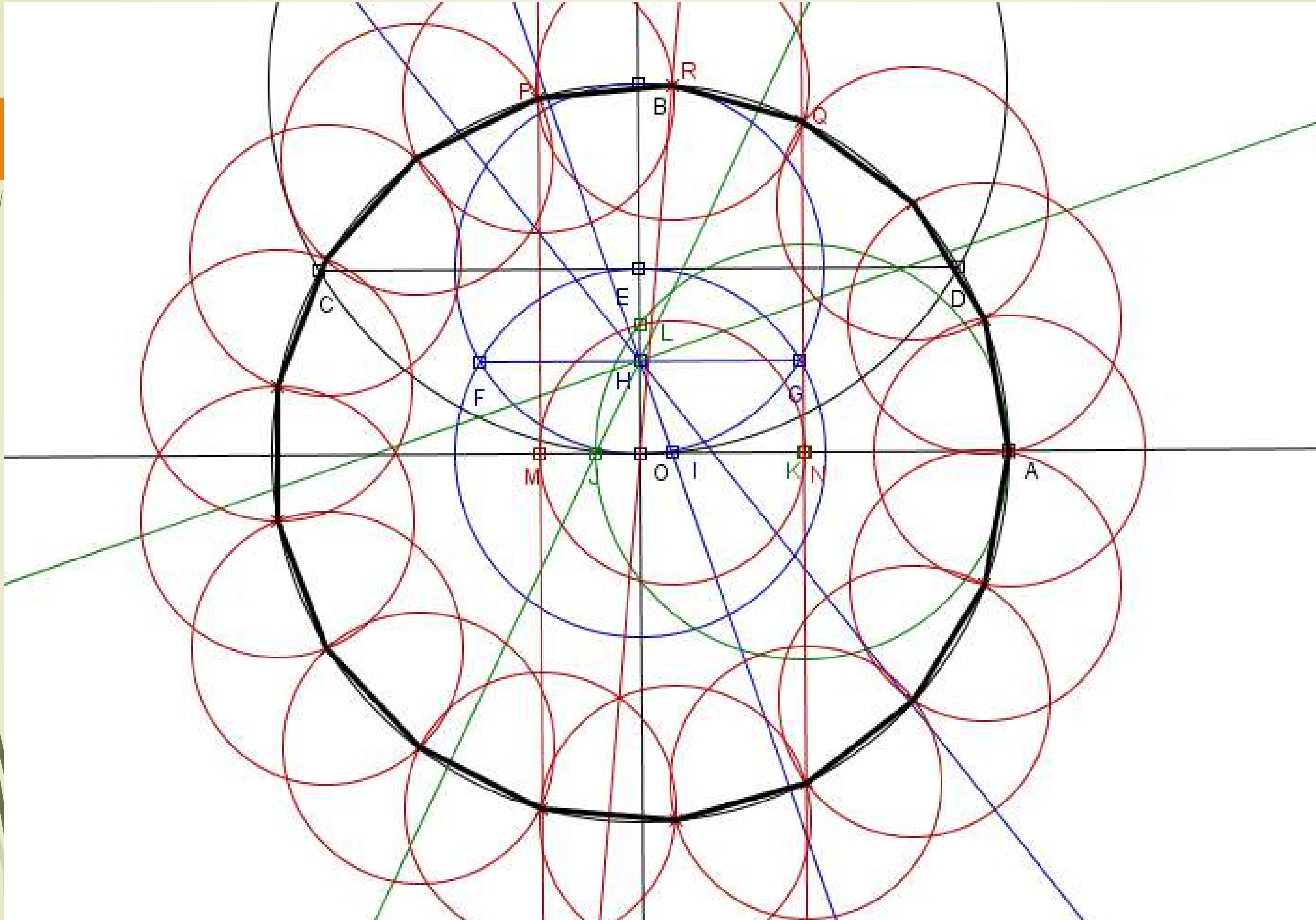
Bei der Vergeblichkeit der so ausserordentlich zahlreichen Versuche**), die Quadratur des Kreises mit Cirkel und Lineal auszuführen, hält man allgemein die Lösung der bezeichneten Aufgabe für unmöglich; es fehlte aber bisher ein Beweis dieser Unmöglichkeit; nur die Irrationalität von π und von π^2 ist festgestellt. Jede mit Cirkel und Lineal ausführbare Construction lässt sich mittelst algebraischer Einkleidung zurückführen auf die Lösung von linearen und quadratischen Gleichungen, also auch auf die Lösung einer Reihe von quadratischen Gleichungen, deren erste rationale Zahlen zu Coefficienten hat, während die Coefficienten jeder folgenden nur solche irrationale Zahlen enthalten, die durch Auflösung der vorhergehenden Gleichungen eingeführt sind. Die Schlussgleichung wird also durch wiederholtes Quadriren übergeführt werden können in eine Gleichung geraden Grades, deren Coefficienten rationale Zahlen sind. Man wird sonach die Unmöglichkeit der Quadratur des Kreises darthun, wenn man nachweist, dass *die Zahl π überhaupt nicht Wurzel einer algebraischen Gleichung irgend welchen Grades mit rationalen Coefficienten sein kann.* Den dafür nöthigen Beweis zu erbringen, ist im Folgenden versucht worden.

IMPOSIBLE CUADRAR EL CIRCULO



"... y también el ombligo es el punto central natural del cuerpo humano, ya que si un hombre se echa sobre la espalda, con las manos y los pies extendidos, y coloca la punta de un compás en su ombligo, los dedos de las manos y los de los pies tocarán la circunferencia del círculo que así trazamos. Y de la misma forma que el cuerpo humano nos da un círculo que lo rodea, también podemos hallar un cuadrado donde igualmente esté encerrado el cuerpo humano. Porque si medimos la distancia desde las plantas de los pies hasta la punta de la cabeza y luego aplicamos esta misma medida a los brazos extendidos, encontraremos que la anchura es igual a la longitud, como en el caso de superficies planas que son perfectamente cuadradas".

M. Vitruvio



Construcción del Heptadecágono regular,
29/03/1796, Gauss, 19 años

π


π
Ferdinand von Lindemann
Lisbeth von Lindemann


Hier in der ehemaligen Langestraße 26
verbrachte der Mathematiker
Carl Louis Ferdinand von Lindemann
* 12.4.1852 (Hannover)
† 6.3.1939 (München)
seine ersten Lebensjahre. 1882 ergab sich aus seinen Untersuchungen der Kreiszahl π, daß die Quadratur des Kreises mit Zirkel und Lineal nicht möglich ist. Damit löste er einen der ältesten mathematischen Probleme.
π

Srinivasa Aiyangar Ramanujan (1887-1920)

1887 Erode, 400 km Madras

1902 Resuelve las ecuaciones de 3º y 4º orden e intenta las de 5º

Synopsis of elementary results in pure mathematics (1856) G. S. Carr

1904 Trabaja con la serie $\Sigma(1/n)$ y calcula γ con 15 cifras

1911 Números de Bernoulli

Journal of the Indian Mathematical Society .

1913 Escribe G. H. Hardy

1914, viaja al Trinity College (Cambridge)

1918 Royal Society of London;

1920 en Kumbakonam

(9) [23]

IX Theorems on Continued Fractions.

a few examples are :—

(1) $\frac{4}{x+}\,\frac{1^2}{2x+}\,\frac{3^2}{2x+}\,\frac{5^2}{2x+}\,\frac{7^2}{2x+\&c} = \left\{\frac{\Gamma\left(\frac{x+1}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{x+3}{4}\right)}\right\}^2$

(2). If $P = \frac{\Gamma\left(\frac{x+m+n+1}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{x-m+n+1}{4}\right)}\cdot\frac{\Gamma\left(\frac{x+m-n+1}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{x-m-n+1}{4}\right)}\times\frac{\Gamma\left(\frac{x-m+n+3}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{x+m+n+3}{4}\right)}\cdot\frac{\Gamma\left(\frac{x-m-n+3}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{x+m-n+3}{4}\right)}$, then

$$\frac{1-P}{1+P} = \frac{m}{x+}\,\frac{1^2-n^2}{x+}\,\frac{2^2-m^2}{x+}\,\frac{3^2-n^2}{x+}\,\frac{4^2-m^2}{x+\&c}$$

(3) If $z = 1+\left(\frac{1}{2}\right)^2x+\left(\frac{1\cdot3}{2\cdot4}\right)^2x^2+\&c$

and $y = \frac{\pi}{2}\cdot\frac{1+\left(\frac{1}{2}\right)^2(1-x)+\left(\frac{1\cdot3}{2\cdot4}\right)^2(1-x)^2+\&c}{1+\left(\frac{1}{2}\right)^2x+\left(\frac{1\cdot3}{2\cdot4}\right)^2x^2+\&c}$, then

$$\frac{1}{(1+a^2)\cosh y}+\frac{1}{(1+9a^2)\cosh 3y}+\frac{1}{(1+25a^2)\cosh 5y}+\&c$$

$$= \frac{1}{2}\,\frac{z\sqrt{x}}{1+}\,\frac{(az)^2}{1+}\,\frac{(2az)^2x}{1+}\,\frac{(3az)^2}{1+}\,\frac{(4az)^2x}{1+\&c}$$

a being any quantity.

(4) If $u = \frac{x}{1+}\,\frac{x^5}{1+}\,\frac{x^{10}}{1+}\,\frac{x^{15}}{1+}\,\frac{x^{20}}{1+\&c}$

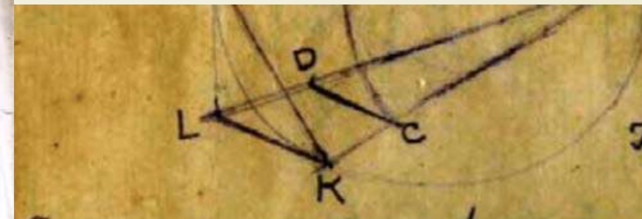
and $v = \frac{\sqrt[5]{x}}{1+}\,\frac{x}{1+}\,\frac{x^2}{1+}\,\frac{x^3}{1+\&c}$.

then $v^5 = u\cdot\frac{1-2u+4u^2-3u^3+u^4}{1+3u+4u^2+2u^3+u^4}$

(5) $\frac{1}{1+}\,\frac{e^{-2\pi}}{1+}\,\frac{e^{-4\pi}}{1+}\,\frac{e^{-6\pi}}{1+\&c} = \left(\sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}}-\frac{\sqrt{5}+1}{2}\right)\sqrt[5]{e^{2\pi}}$

(6) $\frac{1}{1-}\,\frac{e^{-\pi}}{1+}\,\frac{e^{-2\pi}}{1-}\,\frac{e^{-3\pi}}{1+\&c} = \left(\sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{2}}-\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)\sqrt[5]{e^{\pi}}$

(7) $\frac{1}{1+}\,\frac{e^{-\pi\sqrt{n}}}{1+}\,\frac{e^{-2\pi\sqrt{n}}}{1+}\,\frac{e^{-3\pi\sqrt{n}}}{1+\&c}$ can be exactly found if n be any positive rational quantity.



PK = PM & PL = MN
RC = RH & CD is ||ᶫ to RK
Then $RD^2 = \odot$

~~From RD cut off $\frac{1}{2287536}$th of it.~~

$\pi = \frac{355}{113}\left(1-\frac{\cdot0003}{3533}\right).$

(23)

Enclosures

It is requested that all communications should be addressed to The Registrar, University of Madras, Senate House, Triplicane P.O., Madras, and not to any person by name.

SENATE HOUSE,

No. 2787

29 APR 1920

From THE MANAGER IN CHARGE, OFFICE OF THE REGISTRAR, UNIVERSITY OF MADRAS.

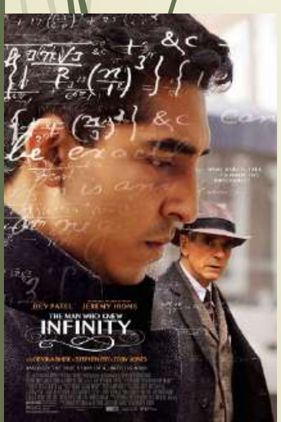
To G. H. Hardy, Esq., M.A., F.R.S.,

Dear Sir,

By direction of the Syndicate, I write to communicate to you, with feelings of deep regret, the sad news of the death of Mr. S. Ramanujam, F.R.S., which took place on the morning of the 26th April.

Yours faithfully,

Manager-in-charge.



El hombre que conocía el infinito (2015, Matthew Brown)

HARDY IMPRESIONADO:

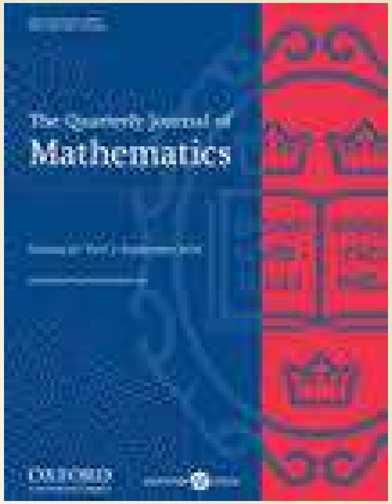
...

forzoso es que fueran verdaderas, porque de no serlo, nadie habría tenido la imaginación necesaria para inventarlas.

$$\cfrac{e^{\frac{-2\pi}{5}}}{1+\cfrac{e^{-2\pi}}{1+\cfrac{e^{-4\pi}}{1+\cfrac{e^{-6\pi}}{1+\ddots}}}} = \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}} - \frac{\sqrt{5}+1}{2}$$

$$\cfrac{e^{\frac{-2\pi\sqrt{5}}{5}}}{1+\cfrac{e^{-2\pi\sqrt{5}}}{1+\cfrac{e^{-4\pi\sqrt{5}}}{1+\cfrac{e^{-6\pi\sqrt{5}}}{1+\ddots}}}} = \frac{\sqrt{5}}{1+\sqrt[5]{5^{\frac{3}{4}}\left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^{\frac{5}{2}}-1}} - \frac{\sqrt{5}+1}{2}$$

S. Ramanujan, Modular equations and approximations to pi, Quarterly Journal of Mathematics, 45 (1914), 350-372.



$$5+\left(\frac{1}{2}\right)^3\frac{5+42}{2^6}+\left(\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\right)^3\frac{5+84}{2^{12}}+\left(\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\right)^3\frac{5+126}{2^{18}}+\cdots=\frac{16}{\pi}$$

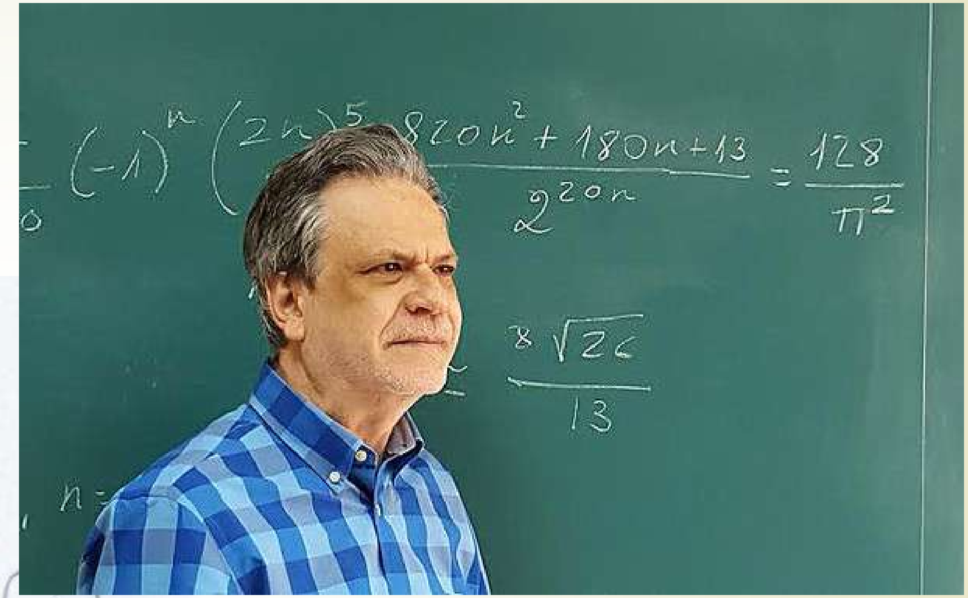
$$A=1103+\frac{4!}{(1!)^4}\frac{1103+1\cdot 26390}{396^4}+\frac{8!}{(2!)^4}\frac{1103+2\cdot 26390}{396^8}+\frac{12!}{(3!)^4}\frac{1103+3\cdot 26390}{396^{12}}+\cdots$$

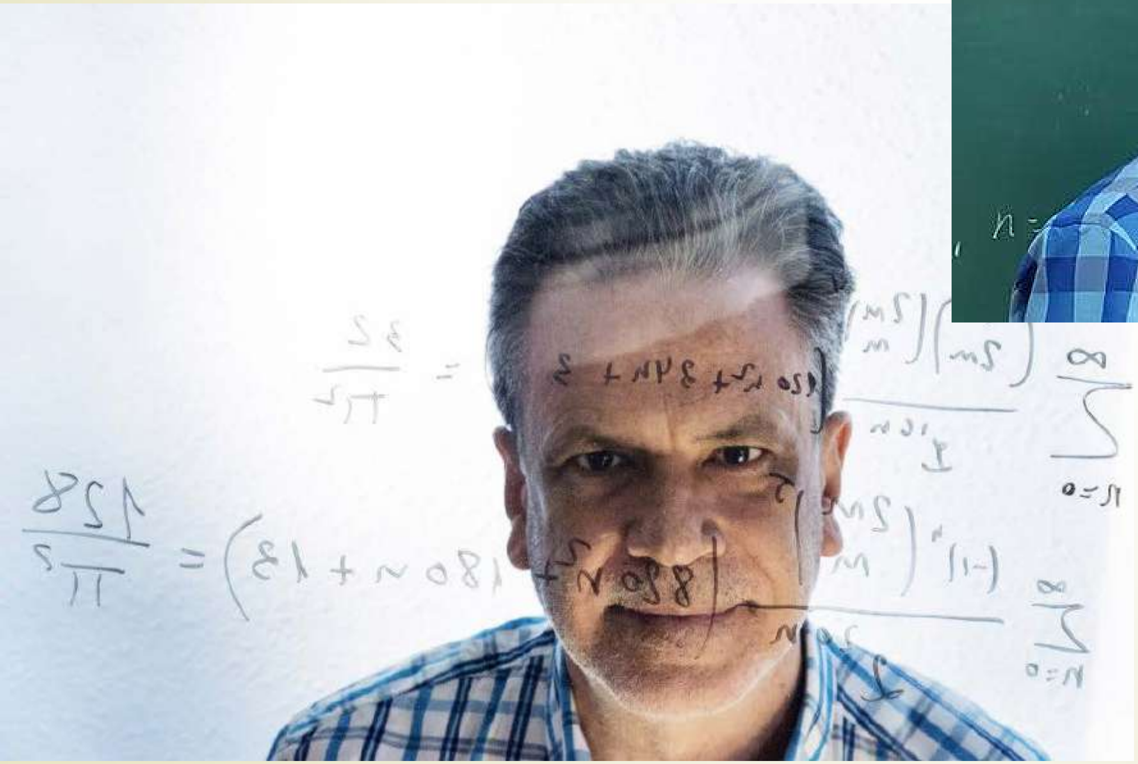
$$\pi=\frac{9801\sqrt{2}}{4A}$$

La demostración rigurosa se debe a los hermanos Borwein (1985).

El País 30/03/2015

El español autodidacta que calcula los infinitos decimales del número pi





El Periódico, 05/04/2015

Heraldo, 06/04/2015

Sinc, 04/06/2016

FÓRMULAS PARA EL NÚMERO PI

$$13-\left(\frac{1}{2}\right)^5\frac{13+20\cdot 50}{2^{10}}+\left(\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\right)^5\frac{13+40\cdot 91}{2^{20}}-\left(\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\right)^5\frac{13+60\cdot 132}{2^{30}}+\cdots=\frac{128}{\pi^2}$$

$$B=29-\frac{6!}{(1!)^6}\frac{29+1\cdot 63\cdot 97}{2880^3}+\frac{12!}{(2!)^6}\frac{29+2\cdot 63\cdot 183}{2880^6}-\frac{18!}{(3!)^6}\frac{29+3\cdot 63\cdot 269}{2880^9}+\cdots$$

$$\pi=\sqrt{\frac{128\sqrt{5}}{B}}$$

J. Guillera,
Advances in Appl. Mathematics (2002), Exp. Mathematics (2003), The Ramanujan Journal (2006, 2010).

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{9801} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)!\,(1103+26390k)}{(k!)^4 396^{4k}}$$

1910 Cada sumando produce **8 dígitos** correctos en π; 14 series más

1985 Gosper **17.526.200** dígitos correctos de π

1989 Kanada **1.073.740.000** dígitos correctos de π

1994 Chudnovskys **4.044.000.000** dígitos correctos de π

1999 Kanada **206.158.430.000** dígitos correctos de π

2002 Kanada **1.241.100.000.000** dígitos correctos de π

1 Billón en español, 10^{12}=1 000 000 000 000

2010 Kondo, **5 Billones**,

2011 Kondo, **10 Billones**

2013 Kondo, **12.1 Billones**

2014, van Ness, **13.3 Billones** de dígitos correctos de π

2016, Trueb, **22,459,157,718,361** dígitos correctos de π

Peter Trueb

https://pi2e.ch/blog/

'0' : 20000030841
'1' : 19999914711
'2' : 20000136978
'3' : 20000069393
'4' : 19999921691
'5' : 19999917053
'6' : 19999881515
'7' : 19999967594
'8' : 20000291044
'9' : 19999869180
200.000.000.000

Conjetura: ¿ π es normal ?

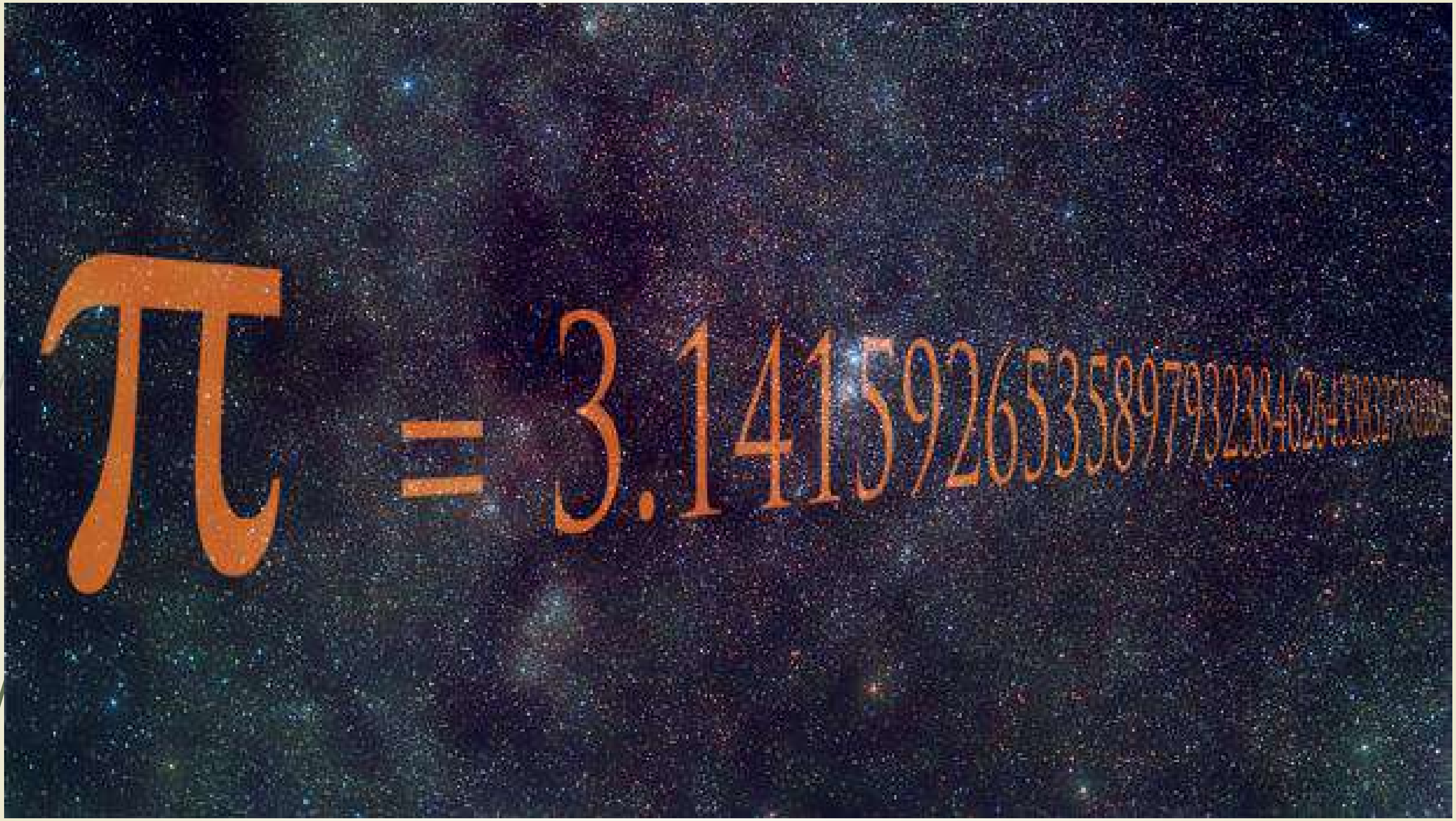
π es normal <=> todo número aparece en las cifras decimales de p

EL BUSCADOR DE http://www.subidiom.com/pi/pi.asp

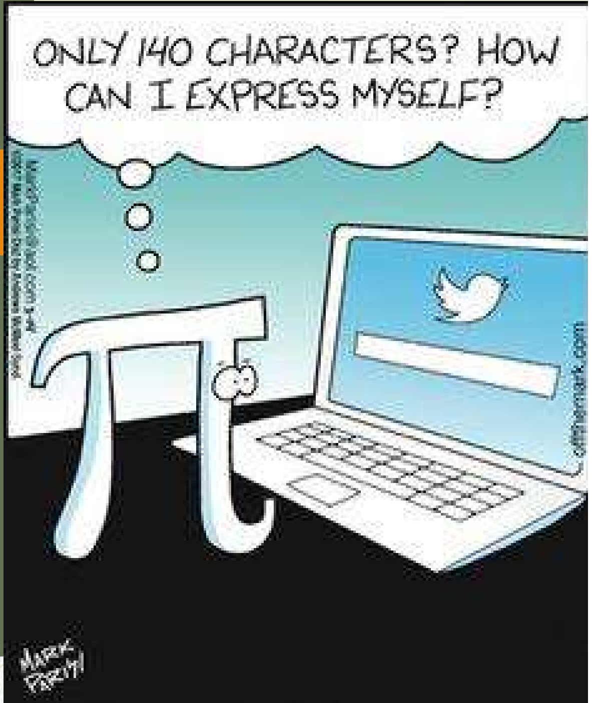
- Números de lotería
- Números de teléfonos
- Codificar mensajes y enviar mensajes a extraterrestres
- Todos los mensajes (el próximo mensaje del Rey)

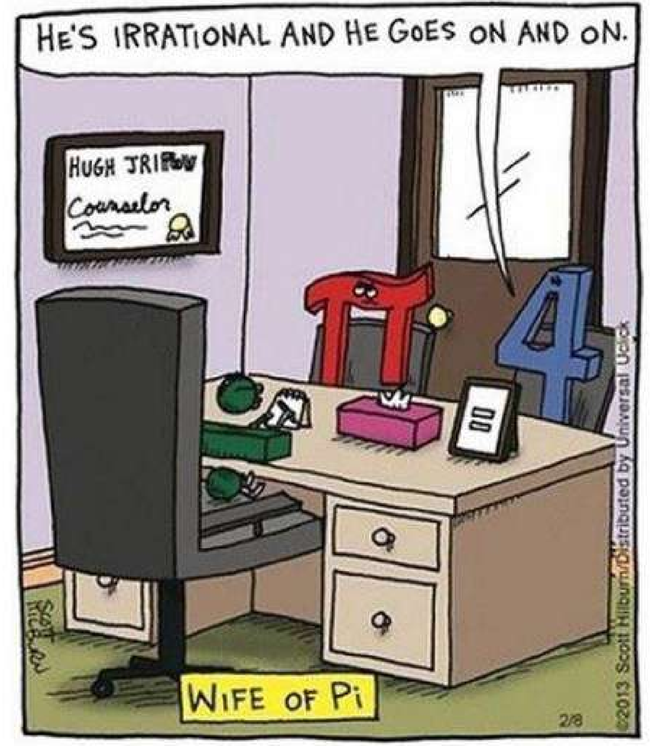
``En la parte inferior del escalón, hacia la derecha, vi una pequeña esfera tornasolada, de casi intolerable fulgor. Al principio la creí giratoria; luego comprendí que ese movimiento era una ilusión producida por los vertiginosos espectáculos que encerraba. El diámetro del Aleph sería de dos o tres centímetros, pero el espacio cósmico estaba ahí, sin disminución de tamaño. Cada cosa (la luna del espejo, digamos) era infinitas cosas, porque yo claramente la veía desde todos los puntos del universo. Vi el populoso mar, vi el alba y la tarde, vi las muchedumbres de América,...´´ El Aleph, 1949, J.L.Borges

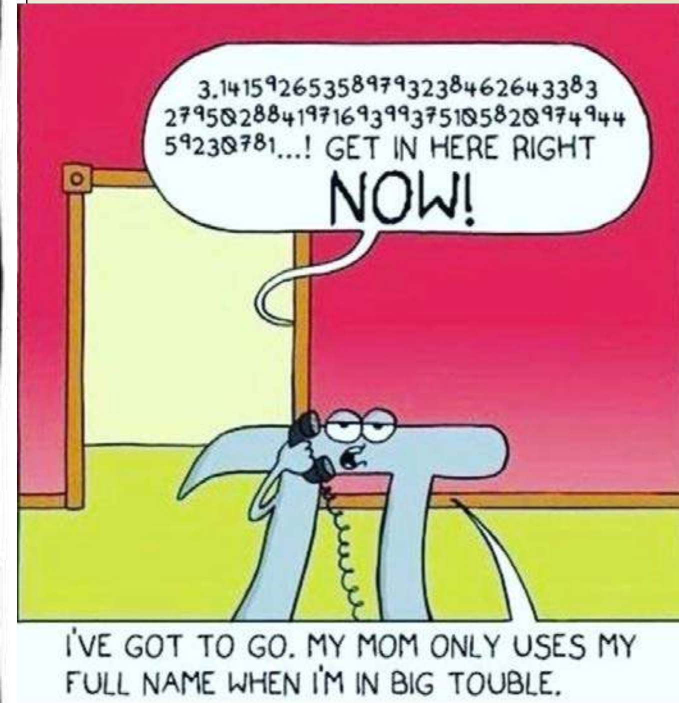
FELIπDADES



Y nos vemos 3.14, 2020







The Pi Piper plays an irrational number.