

Arihmed (Αρχιμήδης)

Anton Luka Šijanec, 1. a
Gimnazija Bežigrad, 2019
profesor: Vilko Domajnko
datum izdelave: 1., 3. in 4. 12. 2019



splošno

- starogrški moderni in uporabni matematik, fizik, mehanik, izumitelj, inženir in astronom
- največji matematik antike in na sploh eden največjih
- geometrija > aritmetika
- utemeljitelj $1/\infty$, približka π , Arhimedove spirale, matematike za razlago fizike, hidrostatične, vzvoda
- izumitelj večih naprav, med drugim vijačne črpalke, škripčevja in vojaških strojev
- izpeljava P kroga, P in V krogle

življenje

- ~287 pr. n. št. v Sirakuzi (pristaniško mesto Sicilije)
- 75 let (trditev grškega zgodovinarja Ivana Ceca)
- oče: astronom Fidij (Arhimed: *O številu peščenih zrn/Psamat*)
- nejasno življenje-*Arhimedov življenjepis* (Herakleid, Arhimedov prijatelj) izgubljen.
 - ni znanih podatkov o morebitnih otrokih ali ženi
- študij: Aleksandrija, skupaj s Kononom s Samosa in Eratostenom iz Kirene (Arhimed mu je posvetil *Metode mehanskih izrekov* in *Problem goveda*)

- **druga punska vojna-dvoletno obleganje Sirakuz (212 pr. n. št.), general Mark Klavdij Marcel**
- **več opisov:**
 - **Plutarh**, 1. možnost: *»Usoda je hotela, da je bil pogreznjen v delo na nekem problemu in je osredotočil ves svoj razum in svoje oči na diagram, ki ga je raziskoval, in ni opazil, da so vdrli Rimljani in je mesto padlo. Ko se mu je približal rimski vojak in ga pozval, naj mu sledi k Marcelu, je to odklonil, dokler ne reši matematičnega problema. Vojaka je odgovor tako razjezil, da je potegnil meč in ga zaklal.«*
 - **Arhimed**: *»Ne dotikaj se mojih krogov!«* (μὴ μου τοὺς κύκλους τάραττε! [Mē mou tous kuklous taratte!])

Smrt

- **Plutarh**, 2. možnost: *»ubit s strani vojaka, ki je matematično pripravo v Arhimedovih rokah zamenjal z dragocenostjo. General Marcel je bil ogorčen, saj ga je imel za učenjaka.«*
- **Valerij Maksim**: *Nepozabna dejanja* (1. stoletje): *»... z rokama je pokril prah in rekel 'prosim te, da jih pustiš pri miru'«*
- **grob: krogla in valj (P,V krogle=2/3 P, 2/3 V enakostraničnega valja z višino d krogle)**
 - Cicero ga je 137 let po smrti ponovno našel in očistil pri Agrigentskih vratih
 - 1965: italijanski arheologi ga baje najdejo (Hotel Panorama, Sirakuze)

Cicerovo odkritje Arhimedovega groba, Benjamin West, 1805



The Death of Archimedes/Arhimedova smrt (1815), Thomas Degeorge

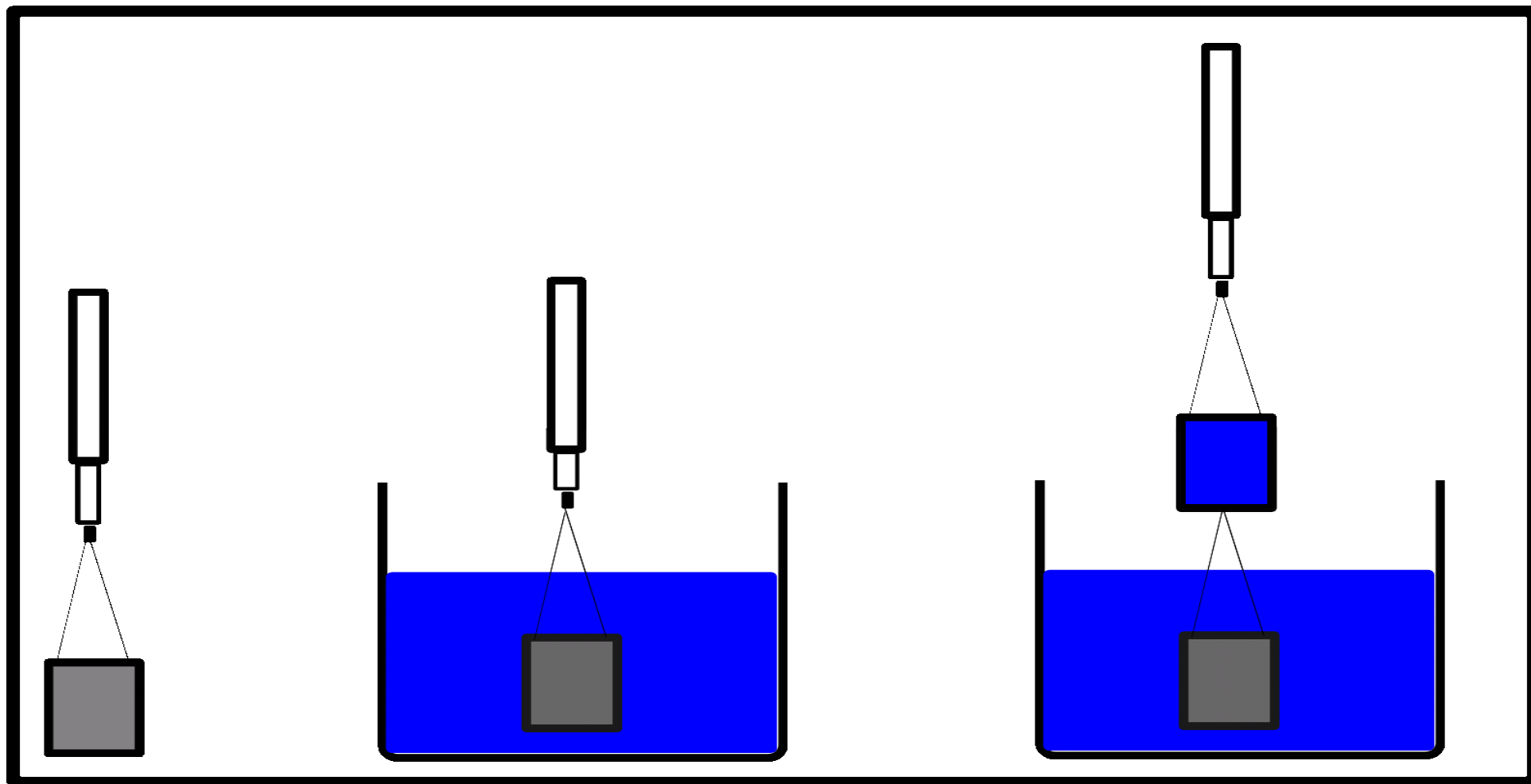
- glede na ta vir krogi niso v pesku ...



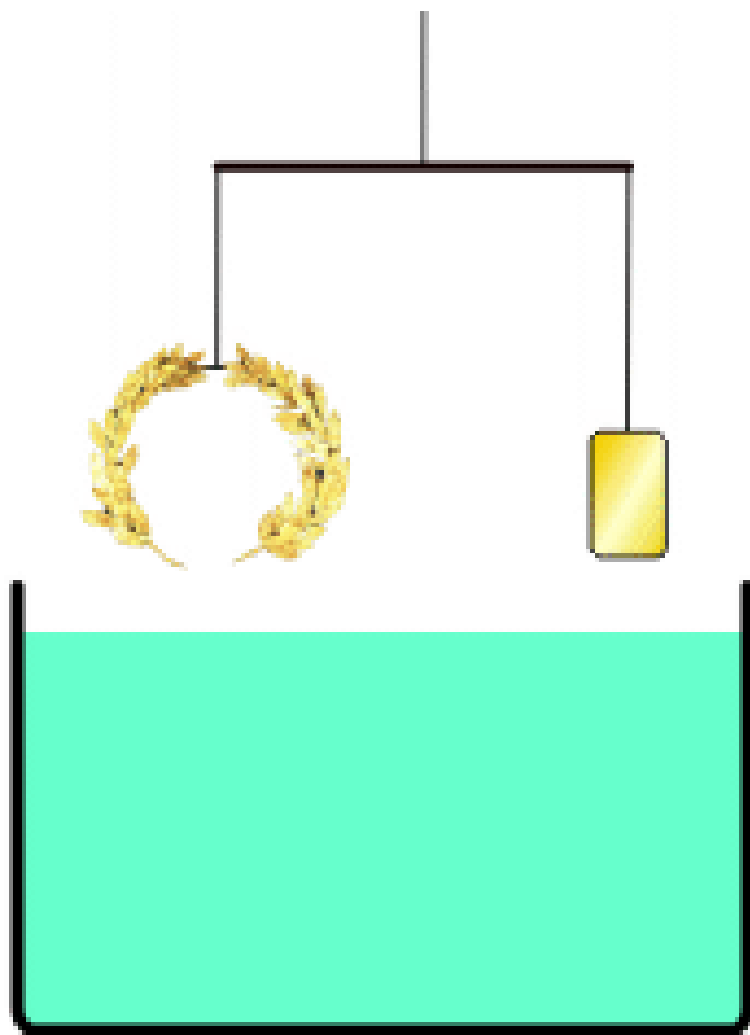
odkritja in iznajdbe: Arhimedov zakon

- **ozadje: Arhimed je moral brez uničenja krone Hierona II. povedati, če je iz čistega zlata**
 - krona je izpodrinila neenako vode kot čisto zlato z enako maso (neenaka ρ)
 - ko se je vlegel v banjo: V izpodrinjene vode = V njegovega telesa
- **primerjal je gostoto čistega zlata z gostoto krone**
 - meril (zgolj primerjal) je silo vzgona = teža izpodrinjene tekočine
- **izpeljava hidrostatičnega vzgona: *vzgon je enak teži izpodrinjene tekočine* / $F = mg = \rho Vg$**
 - m - masa izpod. tekoč., g - težni pospešek ($10 \frac{m}{s^2}$), ρ tekoč. ($997 \frac{kg}{m^3}$), V izpod. tekoč.

Merjenje navidezne teže v vodi (za izračun sile vzgona)

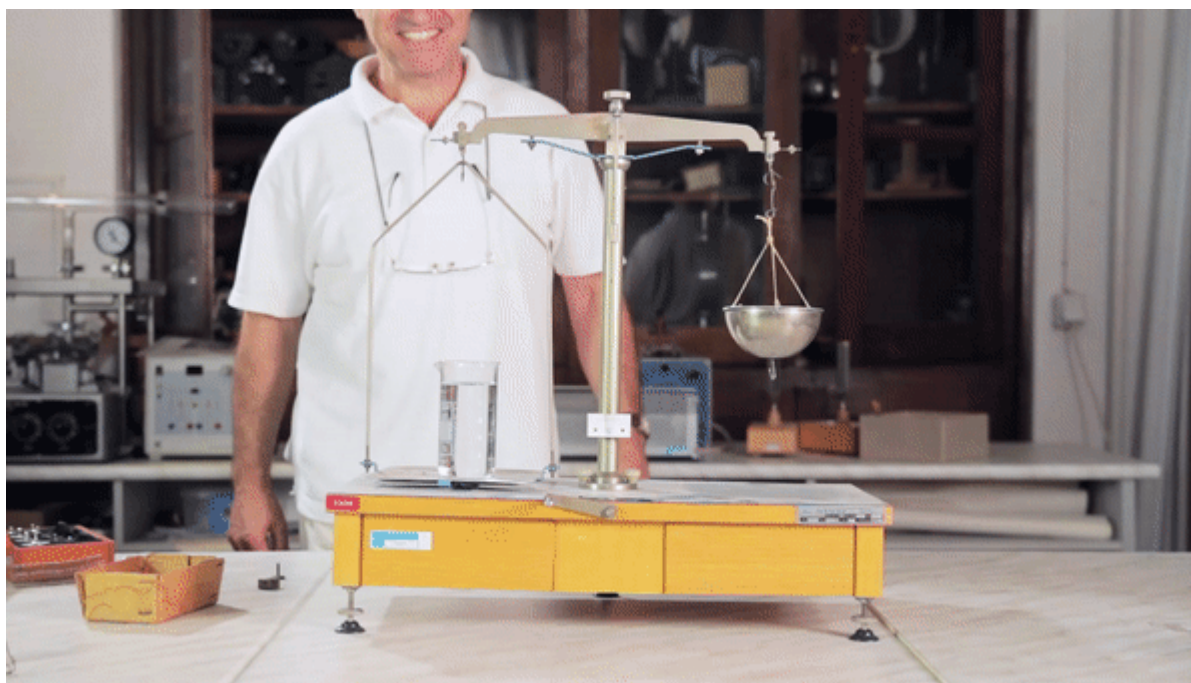


**redkejši objekt ima v vodi večjo silo vzgona \Leftrightarrow
manjša teža \Leftrightarrow plava višje gladini**



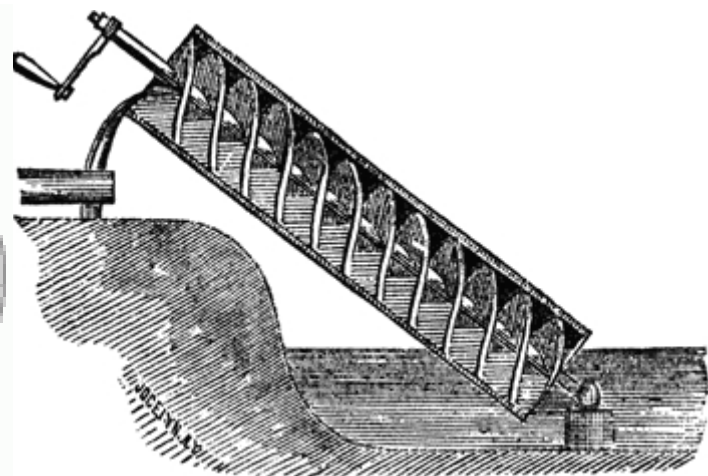
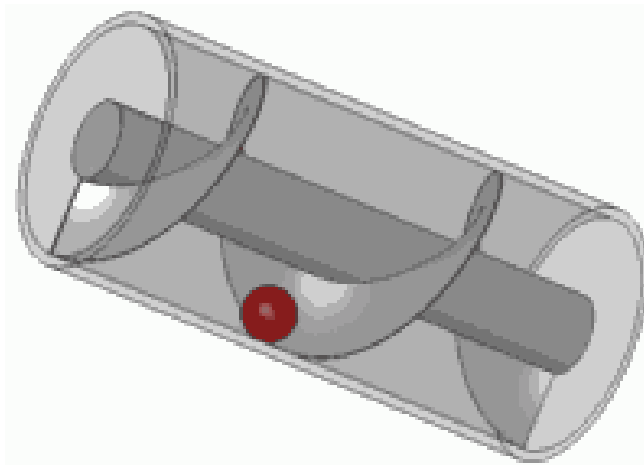
Arhimedov zakon: sila vzgona (posnetek)

0:17



odkritja in iznajdbe: Arhimedov vijak

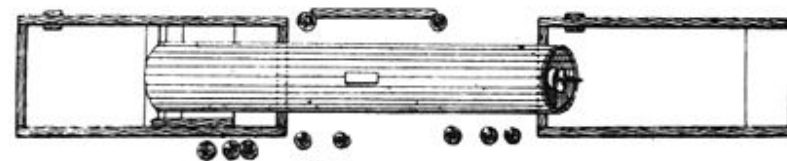
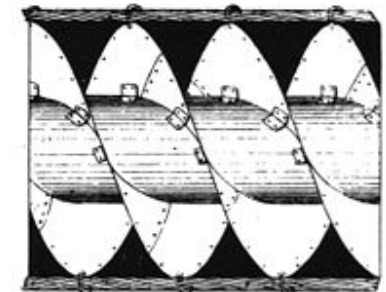
- ozadje: Arhimed-inženir Sirakuz, naloga Hierona II: črpati vodo iz ladje *Sirakuzija* (600 potnikov, vojna in luksuzna) (zgodovinar Atenej)
 - izboljšana različica egipčanskega *šadufa* || *babilonske vijačne črpalke*
- uporaba danes: črpanje suhih zrnatih trdnih snovi (premo, žito)



odkritja in iznajdbe: Arhimedov vijak: v uporabi

- Rimljani: dehidracija rudnikov
- čistilna naprava v

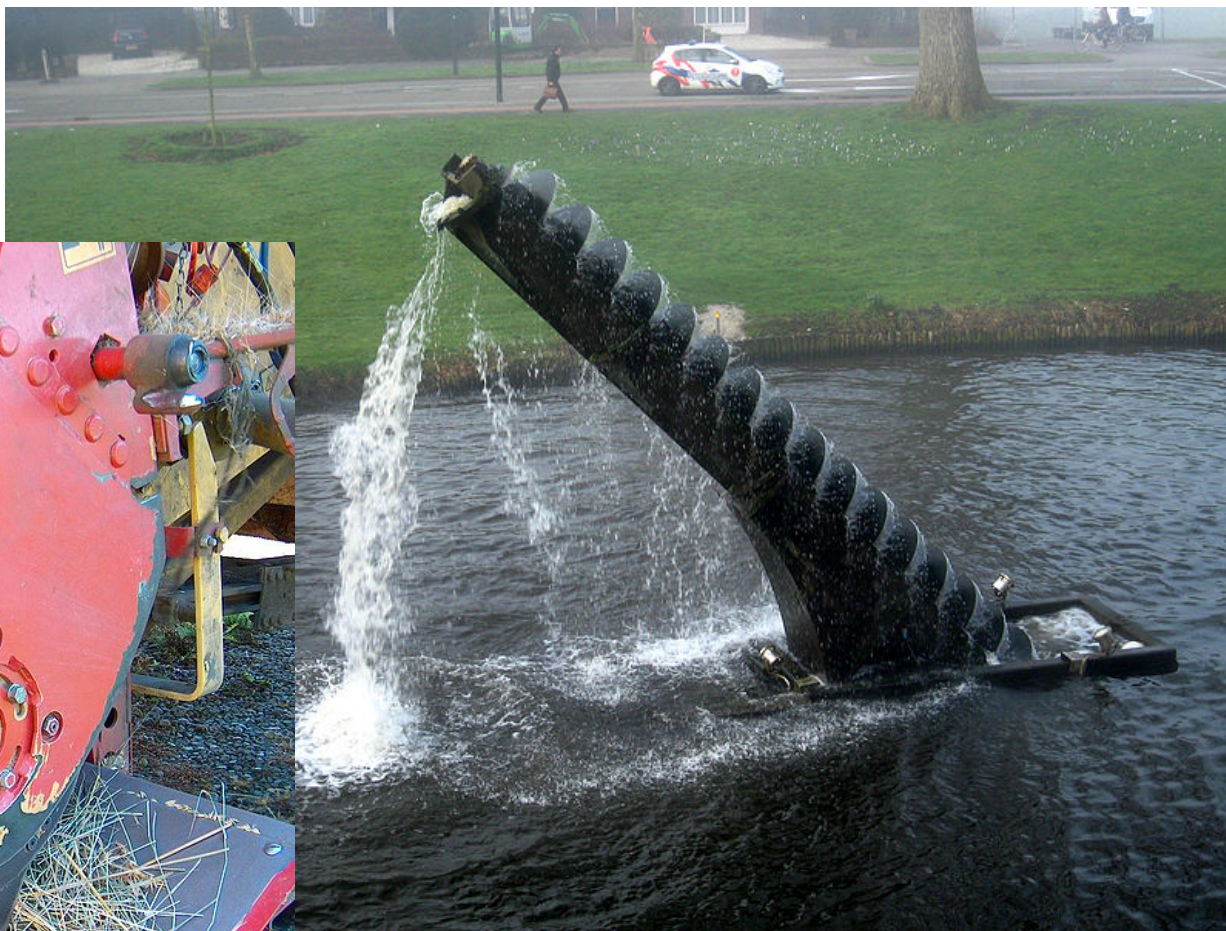
Kinderdijku, na Nizozemskem



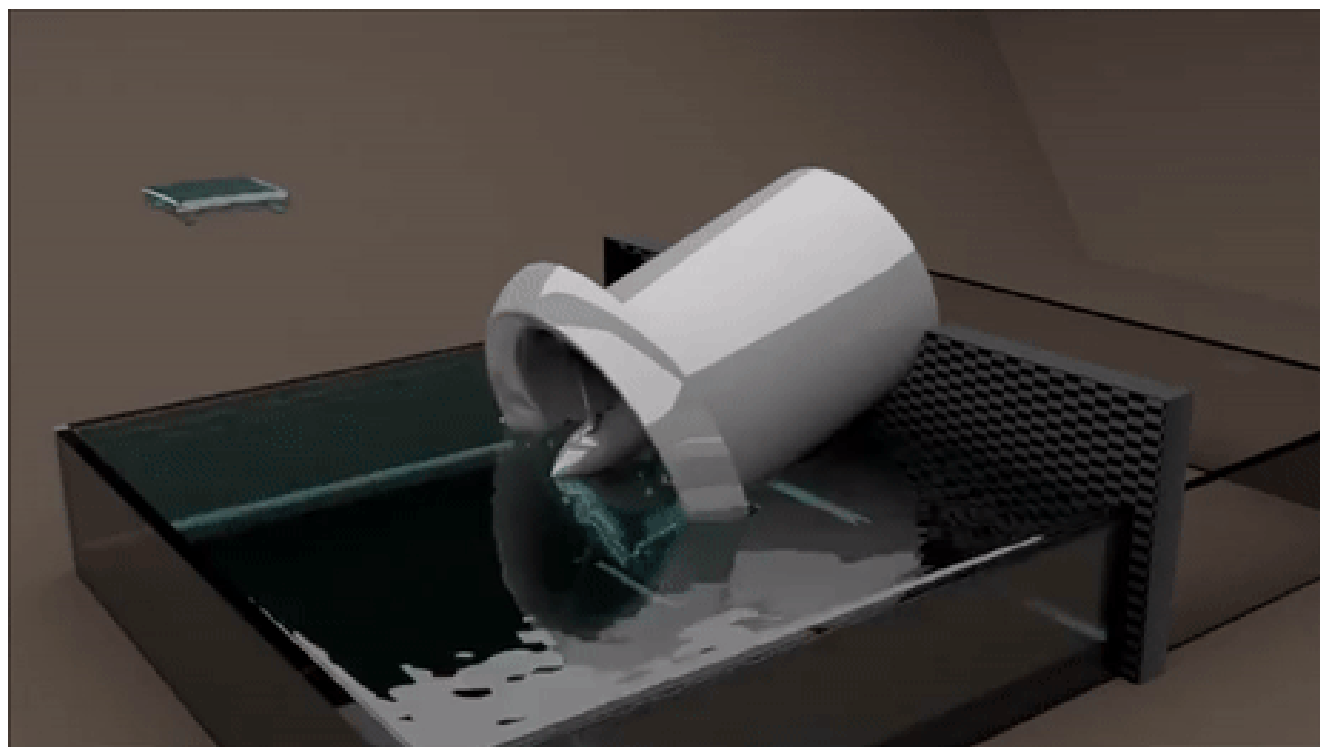
Archimedean Screw found at Centenillo Mines, No. 10 Level.

odkritja in iznajdbe: Arhimedov vijak: kot umetnina ali za ne-hidravlična orodja

- Zuiderpark, NL
- kombajn/spravljalnik

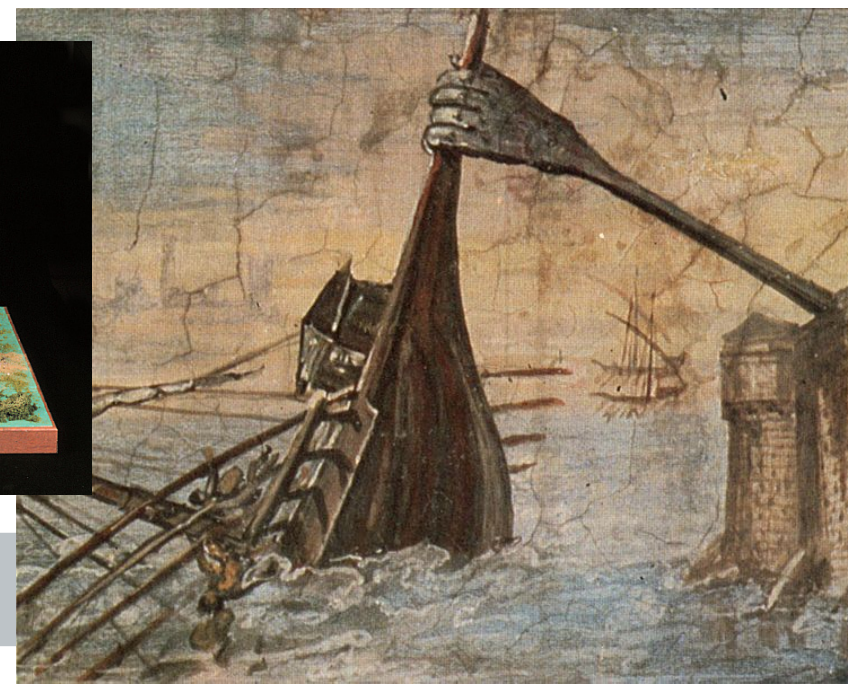
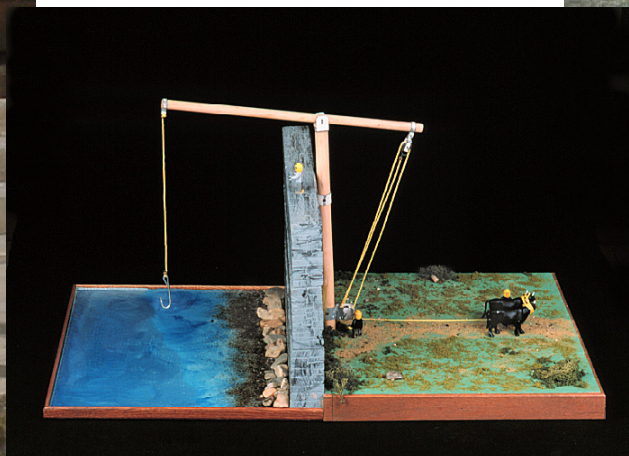
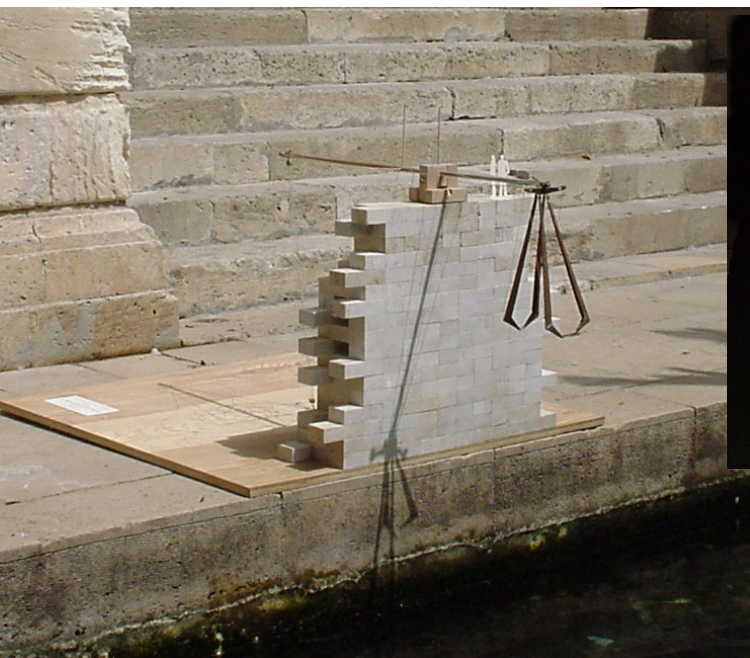


odkritja in iznajdbe: Arhimedov vijak: animacija

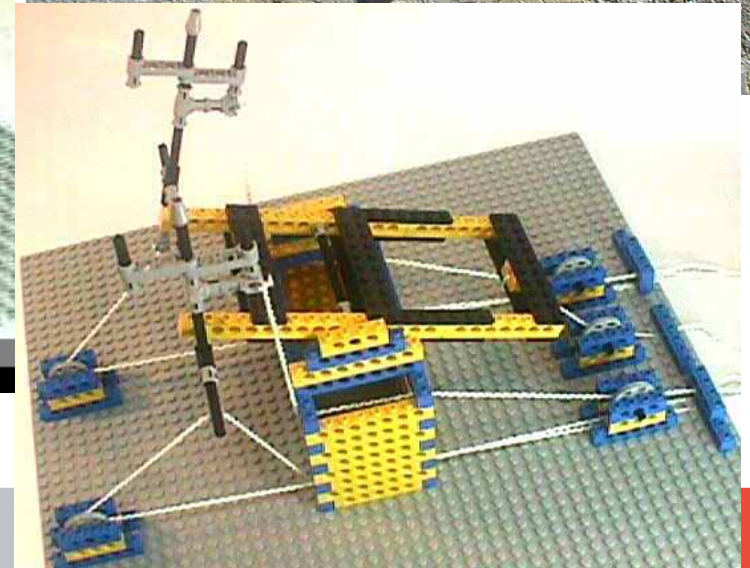
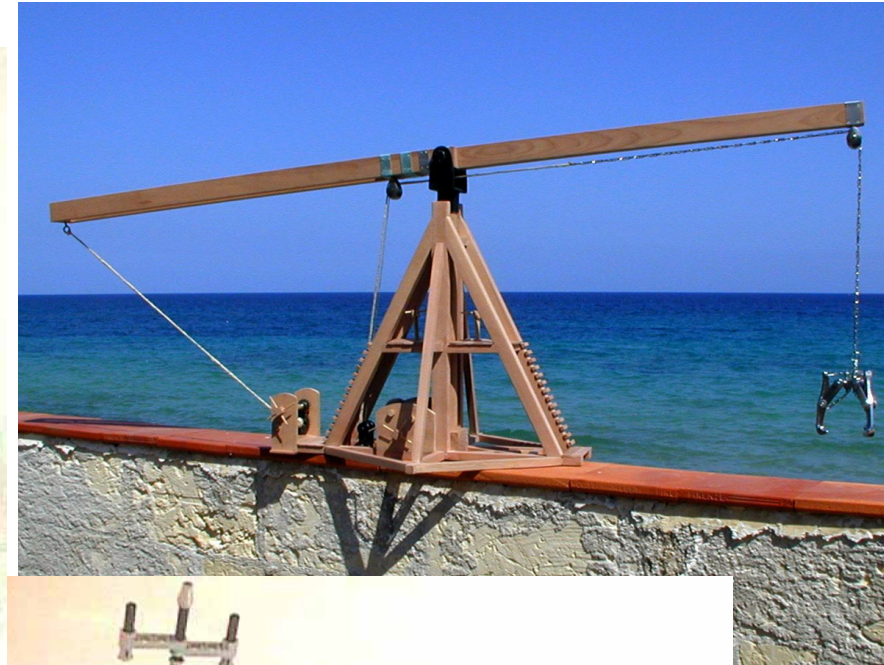
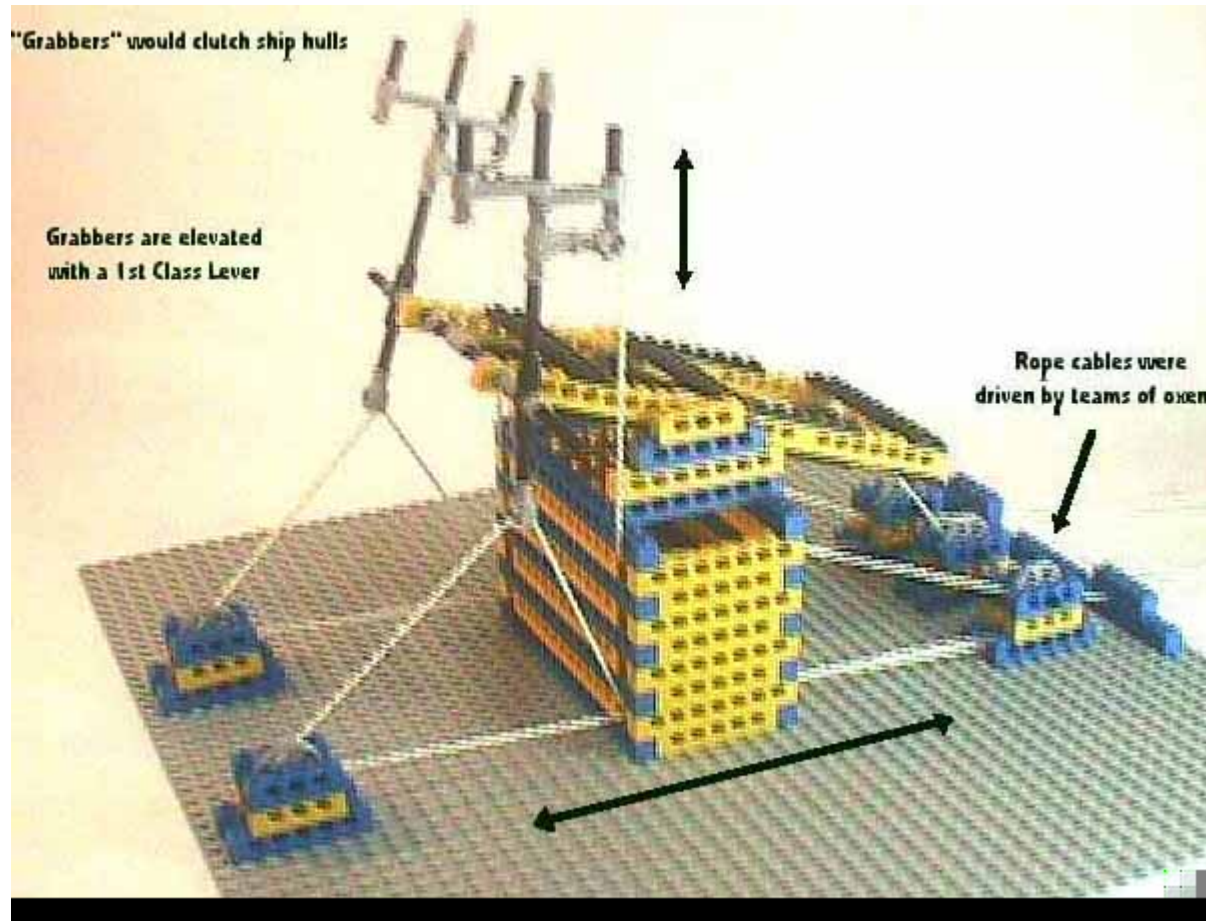


odkritja in iznajdbe: Arhimedov krempelj

- ozadje: 2. punska vojna; za obrambo Sirakuz pred vojsko Rimske republike (Mark Klavdij Marcel)
- žerjav ali dvigalo; sistem škripcevja, vzvoda in tečajev, ki dvigne ladjo in jo obrne
- slike projektnih nalog študentov univerze Drexel

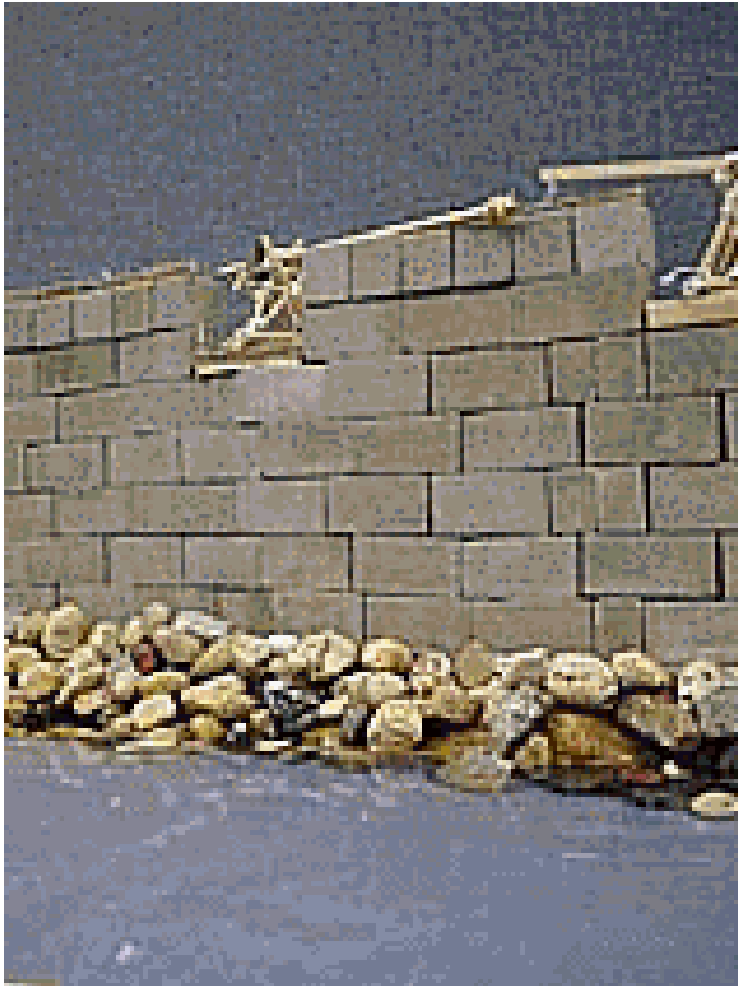


odkritja in iznajdbe: Arhimedov krepelj: modeli



odkritja in iznajdbe: Arhimedov krepelj: animacija

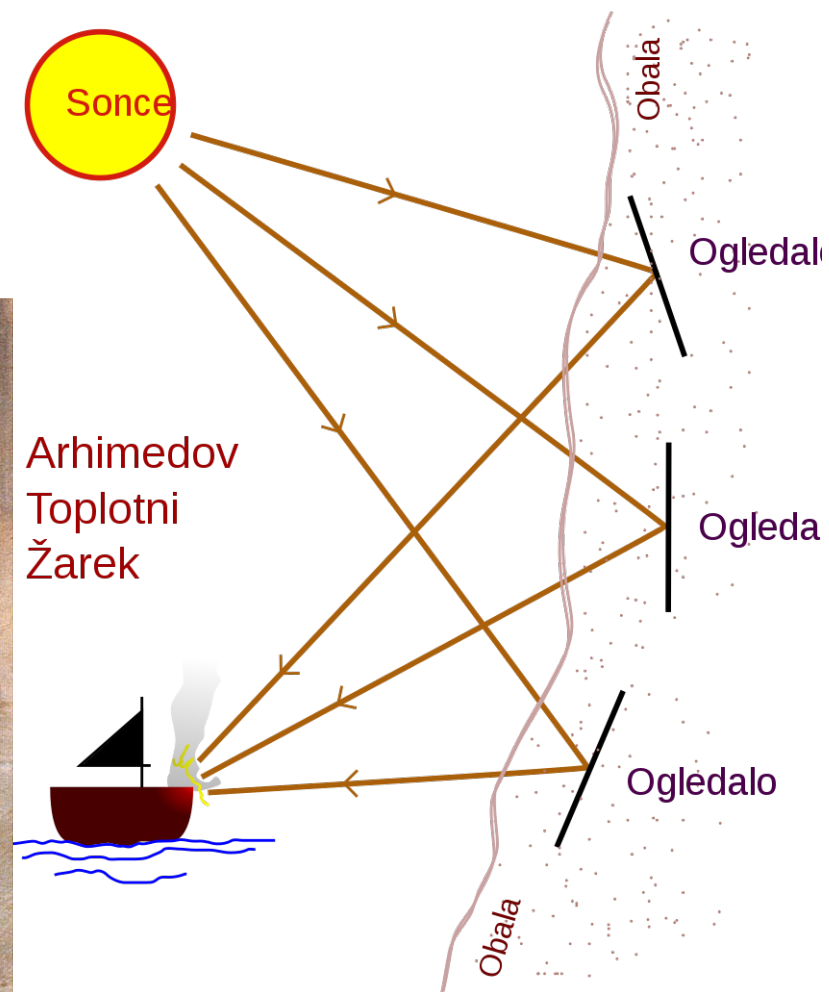
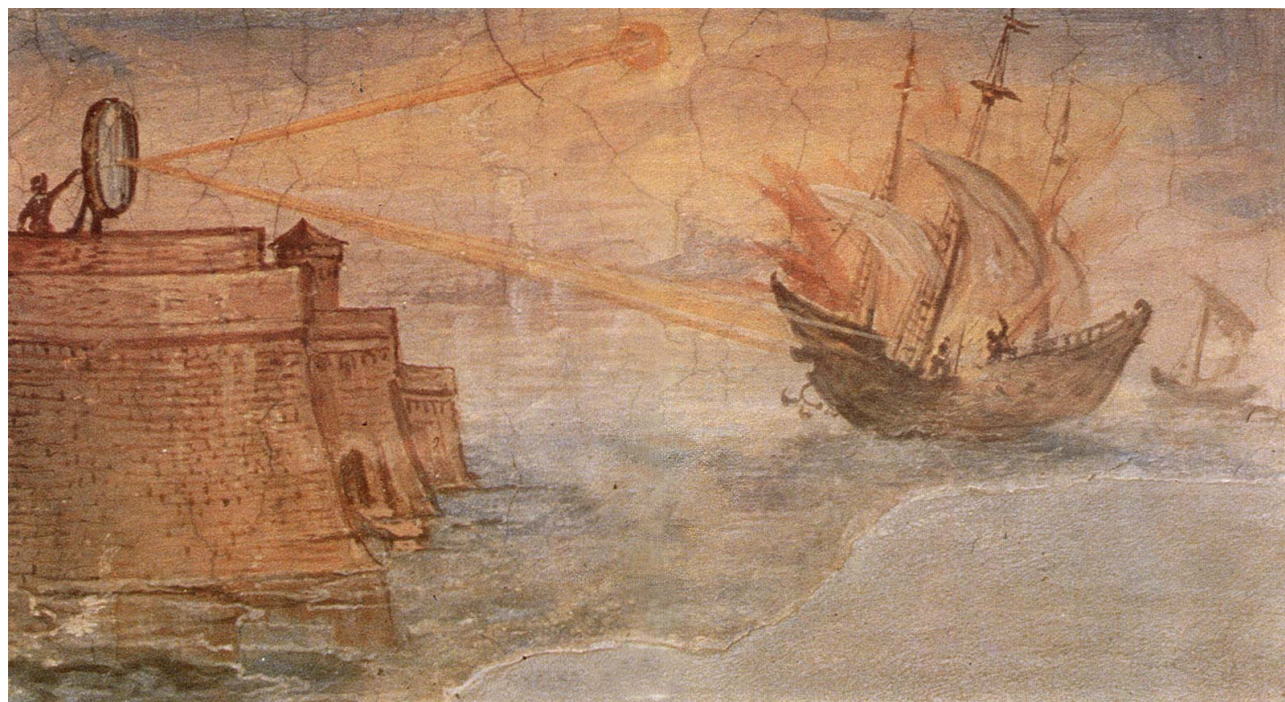
9s, 20f



odkritja in iznajdbe: Toplotni žarek

- **sistem paraboličnih zrcal in konkavnih leč (n st. n. št.: grški matematik in arhitekt Antemij);**
 - med obleganjem Sirakuz (2. st. n. št: Lucijan)
- **Descartes-renesansa: nemogoče**
 - sodobni raziskovalci: poustvaritev z poliranimi bronastimi in bakrenimi ščiti
 - 1973: Ioannis Sakkas: 70 bakrenih metrskih zrcal v rimsko ladjo; vnela se je
 - 2005: študenti MIT: 127 30cm zrcal =30m> lesena ladja; vžge se ob lepem vremenu po ≤ 10 minutah
 - 2010: ameriška serija MythBusters: Sirakuze se odpirajo na vzhod, taka obramba le dopoldne

odkritja in iznajdbe: Toplotni žarek: sliki



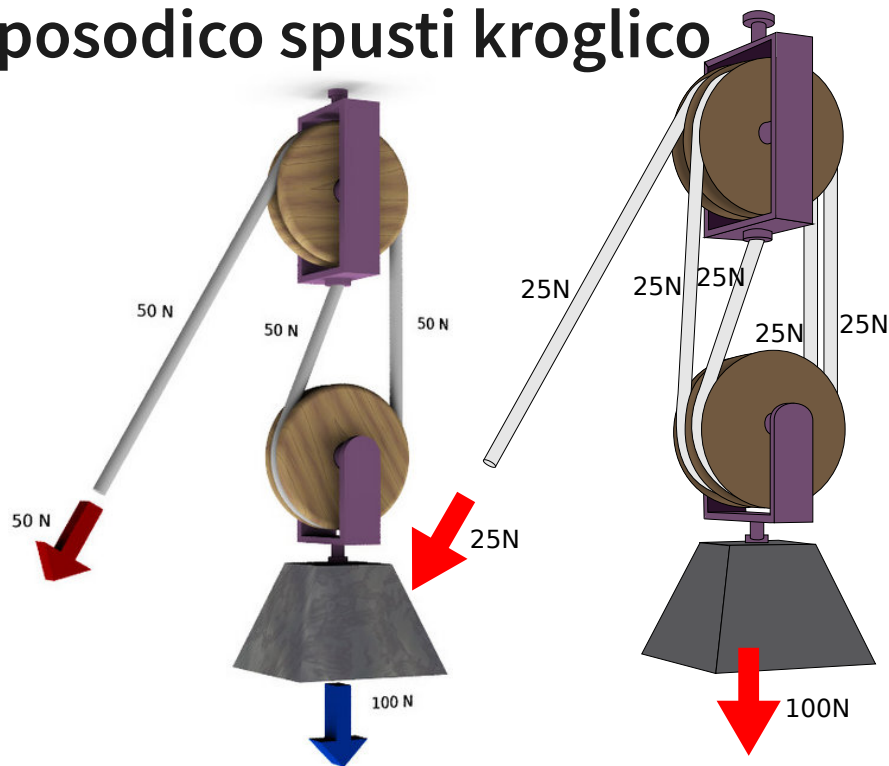
odkritja in iznajdbe: Vzvod

- *seveda ga ni izumil, zgolj pojasnil je delovanje; temelj statike*
 - »vzvod je v ravnotežju kadar sta produkta bremen in ročic enaka«, $F_1x_1=F_2x_2 \Leftrightarrow$ vzvod je uravnotežen. F-sili, x-ročici
 - => za dvig bremena na kratki ročici je na daljši ročici potrebna manjša sila
- **»δῶς μοι πᾶσι τὴν γῶν κινῆσαι«** in s škripčevjem in vzvodi je dvignil ladjo (Papos Aleksandrijski)
- delni opis so prej že spisali Aristotela



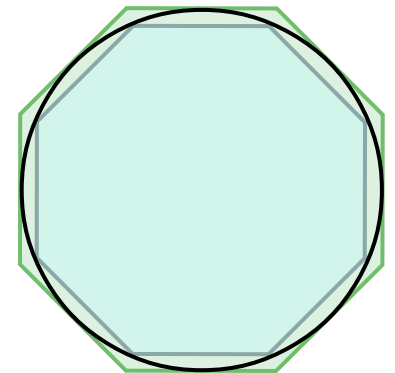
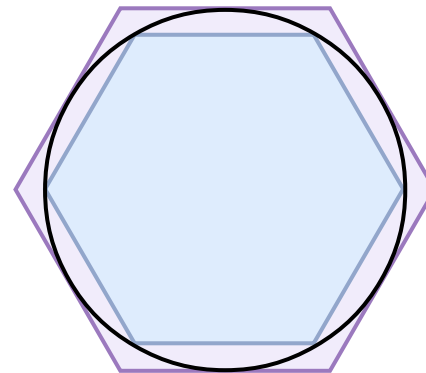
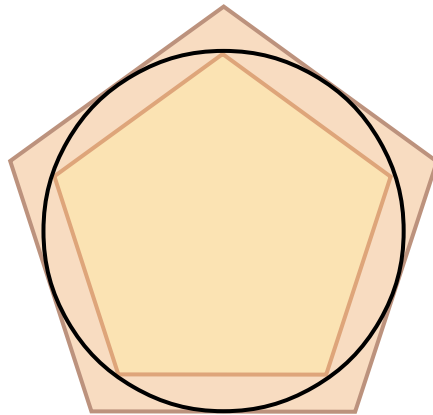
odkritja in iznajdbe: škripčevje, katapult, odometer

- škripčevje (Plutarh)
- katapult je le izboljšal
- odometer: vsako miljo mehanizem v posodico spusti kroglico



matematična odkritja

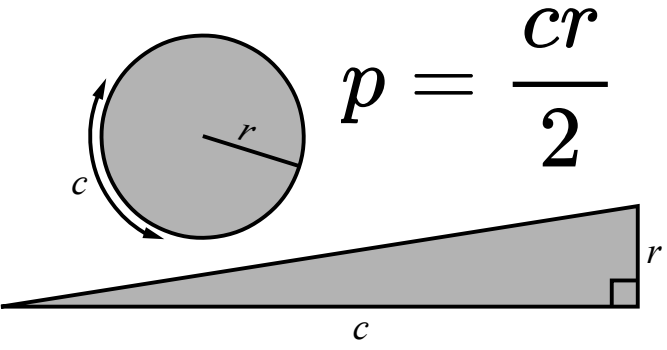
- fizik, astronom in matematik
- temelj integralov: pionir infinitezimale, neskončno majhnih števil (npr. $nE^{-\infty}$)
- poljubna točnost: metoda izčrpavanja/method of exhaustion



```
\frac{11}{14} = \frac{ploščina_{krog_{d=n}}}{ploščina_{kvadrat_{a=n}}}
p = \frac{cr}{2}
3\frac{10}{71} < \frac{obseg(krog_x)}{premer(krog_x)} < 3\frac{1}{7}
1,\overline{7320261437908496} < \sqrt{3} < 1,\overline{73205128} \frac{265}{153} < \sqrt{3} < \frac{1351}{780}
```

matematična odkritja: Merjenje kroga

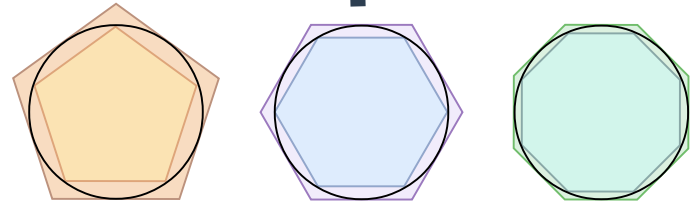
- Kúκλου μέτρησις; razprava treh trditev



$$\frac{11}{14} = \frac{ploščina_{krog_{d=n}}}{ploščina_{kvadrat_{a=n}}}$$

$$3\frac{10}{71} < \frac{obseg(krog_x)}{premer(krog_x)} < 3\frac{1}{7}$$

π



»to pa ni tako natančno!«


```

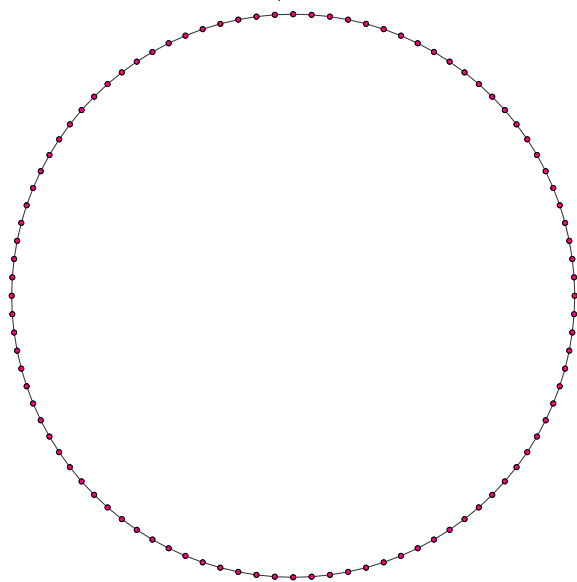
\begin{align}
P_{\text{eneakontaheksagona}} &= 24t^2 \cot \frac{\pi}{96} \\
&= 24t^2 \left( 2 + \sqrt{3} + \sqrt{2} + \sqrt{6} + \sqrt{16 + 8\sqrt{3}} + 2\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} + \sqrt{32 + 16\sqrt{3}} + 4\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} + 2\sqrt{848 + 488\sqrt{3}} + 2(31 + 16\sqrt{3})\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} \right) \\
&= 24t^2 \left( 2 + \sqrt{3} + \sqrt{2} + \sqrt{6} + \sqrt{16 + 8\sqrt{3}} + 2\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} + \sqrt{32 + 16\sqrt{3}} + 4\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} + 2\sqrt{848 + 488\sqrt{3}} + 2\sqrt{358376 + 206908\sqrt{3}} \right)
\end{align}

```

matematična odkritja: merjenje kroga: kako tako natančen π

- pravilni šestindevetdesetkotnik

$$\begin{aligned}
 P_{\text{eneakontaheksagona}} &= 24t^2 \cot \frac{\pi}{96} \\
 &= 24t^2 \left(2 + \sqrt{3} + \sqrt{2} + \sqrt{6} + \sqrt{16 + 8\sqrt{3}} + 2\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} + \sqrt{32 + 16\sqrt{3}} + 4\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} + 2\sqrt{848 + 488\sqrt{3}} + 2(31 + 16\sqrt{3})\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} \right) \\
 &= 24t^2 \left(2 + \sqrt{3} + \sqrt{2} + \sqrt{6} + \sqrt{16 + 8\sqrt{3}} + 2\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} + \sqrt{32 + 16\sqrt{3}} + 4\sqrt{104 + 60\sqrt{3}} + 2\sqrt{848 + 488\sqrt{3}} + 2\sqrt{358376 + 206908\sqrt{3}} \right)
 \end{aligned}$$



matematična odkritja: kvadratni koren št. 3

- postopka ni opisal, verjetno iteracija
- dejanska vrednost je približno 1,7320508
- spodnja meja je natančna na 4 desetiška mesta, zgornja pa na 6

$$\overline{1,7320261437908496} < \sqrt{3} < \overline{1,73205128}$$

$$\frac{265}{153} < \sqrt{3} < \frac{1351}{780}$$

```

\frac{obseg}{2polmer} = \left( \frac{2ploscina}{polmer} \right) \frac{1}{2polmer} = \frac{plosina}{polmer^2} = \pi
\frac{o}{2r} = \left( \frac{2p}{r} \right) \frac{1}{2r} = \frac{p}{r^2} = \pi

```

matematična odkritja: O kroglu in valju

$$\frac{obseg}{2polmer} = \left(\frac{2ploscina}{polmer} \right) \frac{1}{2polmer} = \frac{plosina}{polmer^2} = \pi$$

- *Περὶ σφαίρας καὶ κυλίνδρου*; 2 dela, l. 225 pr. n. št., za Dositeja

+ aksiom za krog (Arhimedov aksiom) $\frac{o}{2r} = \left(\frac{2p}{r} \right) \frac{1}{2r} = \frac{p}{r^2} = \pi$

- limite: vrteči mnogokotniki v kroglu

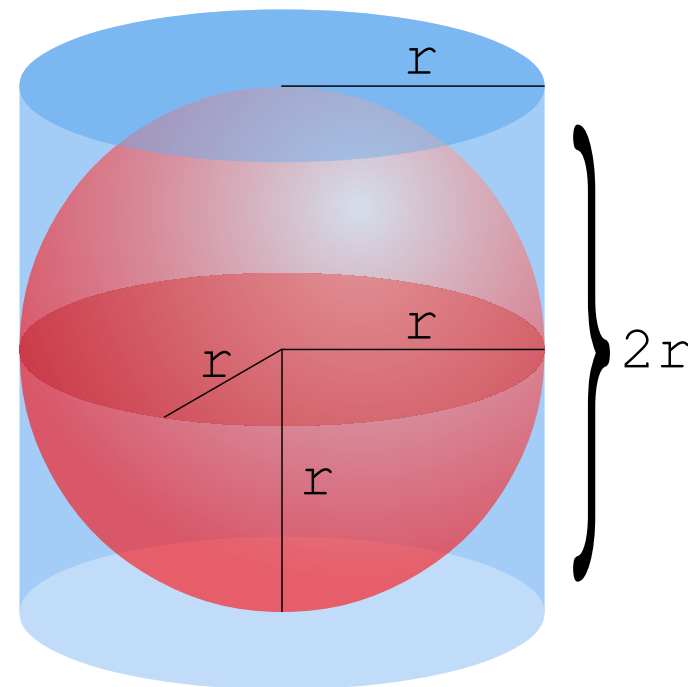
$$P_{valja} = 2\pi r^2 + 2\pi r h = 2\pi r(r + h)$$

$$V_{valja} = \pi r^2 h$$

$$P_{krogle} = 4\pi r^2 = 4P_{velikega\ kroga}$$

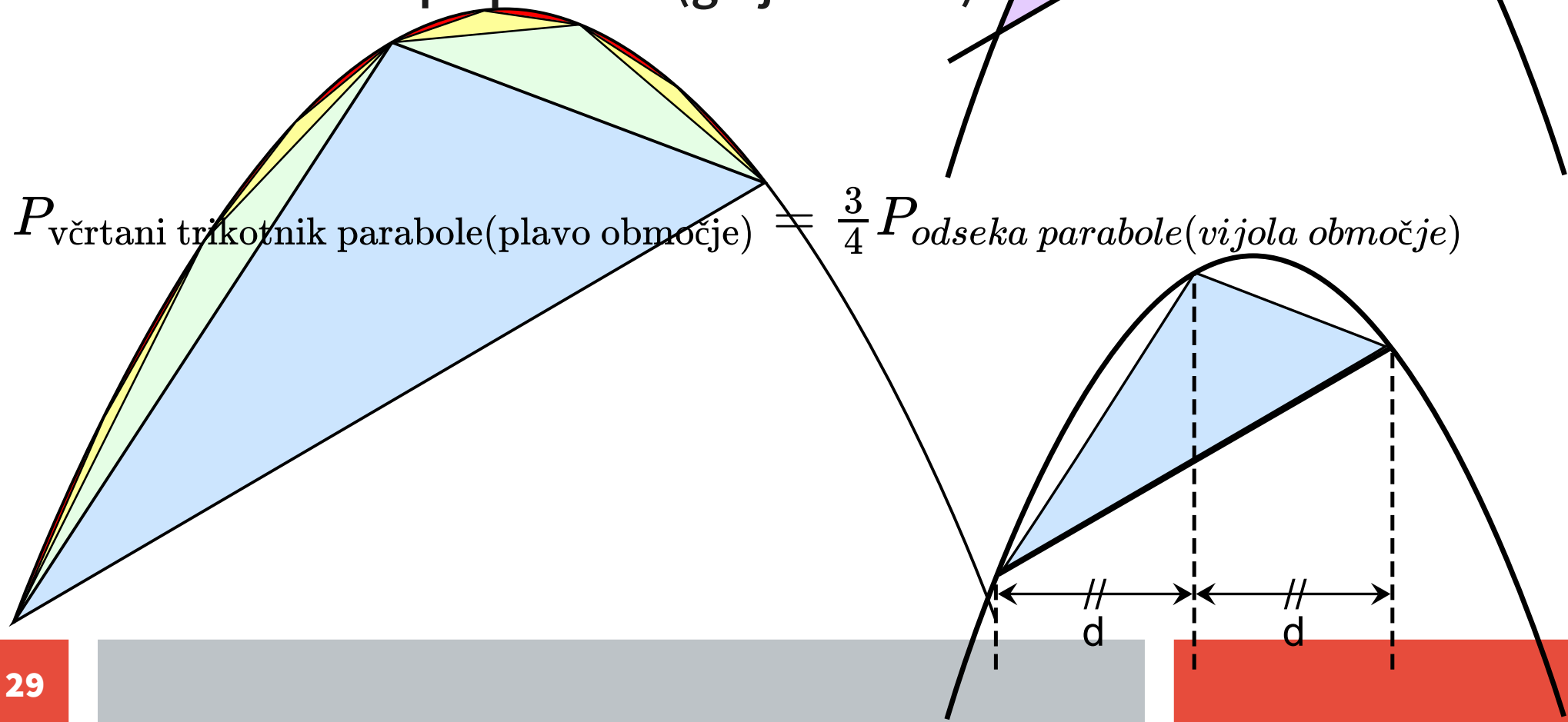
$$V_{krogle} = \frac{3}{4}\pi r^3$$

$$V_{krogle(r=n)} = \frac{2}{3} V_{valja(r=n, h=2n)}$$



matematična odkritja: ploščina parabole

- parabola in sekanta
- včrtani trikotnik po pravilih (glej ravnino)



matematična odkritja: Izračun peščenih zrn (velika števila)

- »Kralj Gelo (Gelo II., sin Hieorna II.) trdi, da je število zrn neskončno, jaz pa trdim, da pesek ni samo v Sirakuzah in drugod po Siciliji, ampak tudi v vseh drugih naseljenih in nenaseljenih pokrajinah.«

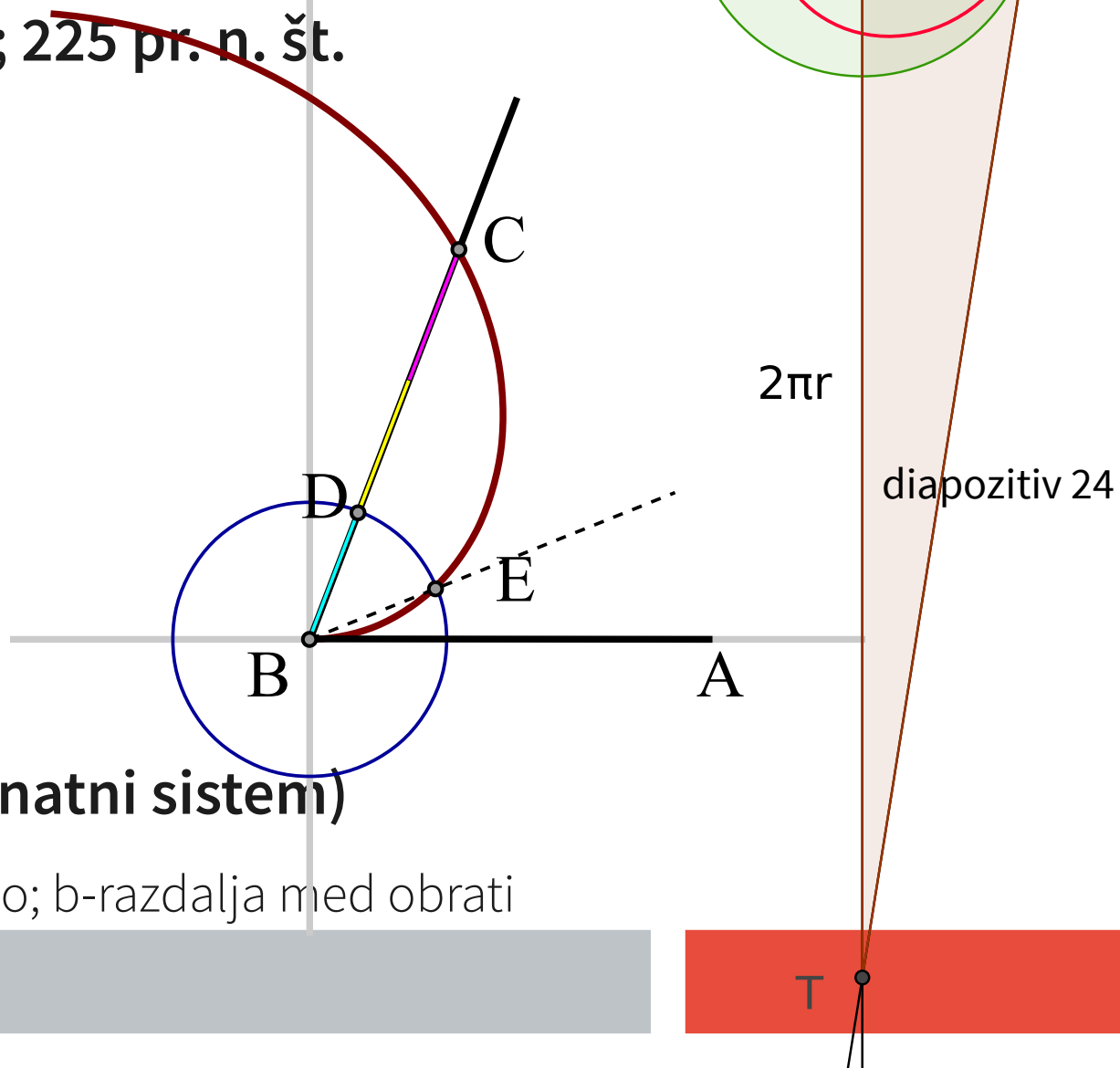
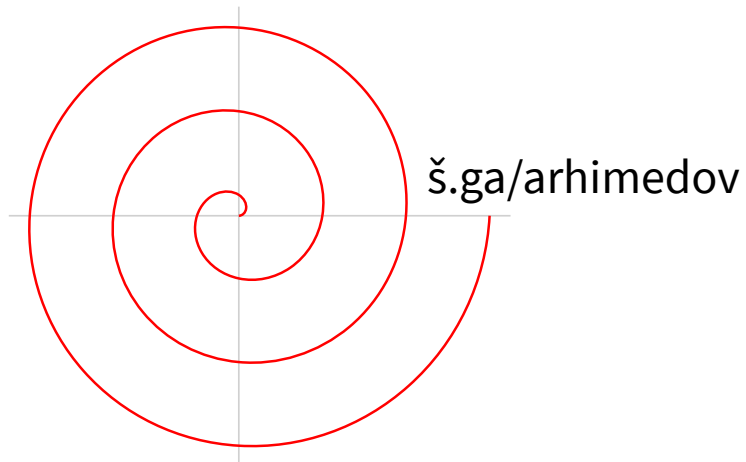
- miriada (10^3) miriad (10^8) μυριάς

- » $r(\text{zemlje})/r(\text{zemljine tirnice})=r(\text{zemljine tirnice})/r(\text{vesolja})$ «

- vesolje = 2 svetlobni leti \Rightarrow 8 vigintilijonov (8×10^{63}) zrn peska

matematična odkritja: 0 spiralah

- Περί έλικων: Perí elíkon; 225 pr. n. št.



- $r = a + b\theta$ (polarni koordinatni sistem)

- a-parameter, ki obrača spiralo; b-razdalja med obrati

zanimivost:

- krater

- Arhimed

- 1967 NASA

- Lunar Orbiter

- 4

- Vir: 2013

- James Stuby @

- Wikimedia

- Commons

- w.wiki/

- DHP



viri slik: Wikimedia Commons

- **Mihael Simonič@Wikimedia** *Arhimed's law*. [internet] 2007 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D4k>
- **Tonyle@Wikimedia** *Archimedeswater balance*. [internet] 2009 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D4m>
- Lippincott, J. B. *Archimedes screw*. iz Chamber's Encyclopedia 1875 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D4t>
- Degeorge, T. *Death of Archimedes* 1815 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: [https://w.wiki/D4\\$](https://w.wiki/D4$)
- **Silberwolf@Wikimedia** *Archimedes-screw one-screw-threads with-ball 3D-view animated small*. [internet] 2007 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D59>
- **Carlito20@Wikimedia** *Arkimedes skruv i Huseby*. [internet] 2008 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5N>
- *Archimedean Screw found at Centenillo Mines, No. 10 Level*. 1928 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5S>
- **Ellywa@Wikimedia** *Gemaal met schroef van Archimedes bij Kinderdijk*. 2006 [internet] [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5T>
- **Polleket@Wikimedia** *Schroef van Archimedes*. 2012 [internet] [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5V>
- **MarkusHagenlocher@Wikimedia** *Mähdrescher Schnecke*. 2012 [internet] [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5W>
- Parigi, G. *Parigi griffe*. 1599-1600 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5Z>
- Fetti, D. *Retrato de un erudito (¿Arquímedes?) ~circa 1620* [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5h>
- **Sijanec@Wikimedia** *Diagram Arhimedovega žarka v slovenščini*. 2019 [internet] [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D6F>
- Parigi, G. *Archimedes-Mirror*. 1599-1600 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D6L>
- **César Rincón@španska Wikipedia** *Polispasto2*. 2004 [internet] [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DcK>
- **Arnaud.ramey@Wikimedia** *Compound pulley*. 2019 [internet] [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D6m>

viri slik: Wikimedia Commons, drugi del

- original: [Fredrik@Wikimedia](#) in [Leszek Krupinski@Wikimedia](#) *Archimedes pi*. 2006, 2005 [internet] [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DCo>
- [Pbroks13@Wikimedia](#) *Area of circle and triangle*. 2008 [internet] [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DDQ>
- [Tomruen@Wikimedia](#) *Regular polygon 96*. 2011 [internet] [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DDT>
- original: [Andertxuman@Wikimedia](#), vektor: [CheCheDaWaff@Wikimedia](#) *Esfera Arquímedes*. 2017 in 2010 [internet] [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DDU>
- Arhimed. *O krogli in valju (latinski prevod)*. 1270 [internet] [citirano 4. 12. 2019]. Dostopno na naslovu <https://w.wiki/DHX>
- original: [Jim.belk@Wikimedia](#), vektorja: [Pbroks13@Wikimedia](#) in [Vladislav Pogorelov@Wikimedia](#) *Parabolic segment and inscribed triangle*. 2011, 2008 in 2007 [internet] [citirano 4. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DHb>
- original: [Jim.belk@Wikimedia](#), vektor: [Pbroks13@Wikimedia](#) *Parabolic segment Dissection*. 2008 in 2007 [internet] [citirano 4. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/Dhg>
- [Pbroks13@Wikimedia](#) *Archimedes trisect spiral*. 2008 [internet] [citirano 4. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/Dhk>
- [Kmhkmh@Wikimedia](#) *Archimedean spiral circle squaring triangle*. 2015 [internet] [citirano 4. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/Dho>
- NASA in [James Stuby@Wikimedia](#): *Archimedes crater 4115 h1*. 1967 in 2013 [internet] [citirano 4. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DHp>

viri slik: ostali

- Shutts, K., Beauchamp, A. *Ship Shaking Device*. [internet] [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: https://www.smith.edu/hsc/museum/ancient_inventions/shipshaker2.html (š.ga/shipshake)
- Prof. Iannò, R. *1/20-th scale model*. [internet] 1999 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: https://www.cs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/Claw/ianno/claw_ianno_1.jpg (š.ga/120scalem)
- Gozzo, M., Pedalino, F. *Scale model*. [internet] 2000 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: https://www.cs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/Claw/claw_max&fra_small.jpg (š.ga/scalemode)
- Wright, R. *The Ship Shaker of Archimedes*. [internet] 1999 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://web.archive.org/web/20060703022007/itsa.ucsf.edu/~erikred/brick/classic/wright.html> (š.ga/theshipsh)
- Harris, H., *1/60-th scale model*. [internet] 1999 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://www.cs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/Claw/harris/> (š.ga/160scalem)

viri posnetkov

- **Andrejdam@Wikimedia** 03. Реакциска сила кај архимедовиот закон. [internet] 2015 [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D55>

drugi viri: Wikipedije

- *Arhimed*. [internet]. 2019. [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D42>
- *Archimedes*. [internet]. 2019. [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5J>
- *Archimedes' screw*. [internet]. 2019. [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/D5K>
- *Method of exhaustion*. [internet]. 2019. [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/Dcn>
- *Merjenje kroga*. [internet]. 2019. [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/Dcu>
- *Enneacontahexagon*. [internet]. 2019. [citirano 3. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DDS>
- *O krogli in valju*. [internet]. 2019. [citirano 4. 12. 2019] Dostopno na naslovu: <https://w.wiki/DHn>
- *O spiralah*. [internet]. 2016. [citirano 4. 12. 2019]. Dostopno na naslovu: <http://w.wiki/DHm>

drugi viri: splet

- *Archimedes' Claw SCALE MODELS*. [internet]. [citirano 1. 12. 2019]. Dostopno na naslovu:
<https://www.cs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/Claw/models.html> (š.ga/archimede)

drugi viri: formule in videi

Vse matematične formule so generirane iz LaTeX formata v SVG vektorsko sliko bodisi z uporabo MediaWiki generatorja bodisi z uporabo javascript programa MathJax 3 (mathjax.org) preko grafičnega uporabniškega vmesnika Thomasa Lochmatterja na <https://viereck.ch/latex-to-svg/> (š.ga/latex2svg).

Videi so v predstavitev vgrajeni v obliki GIF (animirana slika), pretvorjeni pa so z uporabo programske opreme ffmpeg preko grafičnega uporabniškega vmesnika na <https://ezgif.com/video-to-gif> (š.ga/video2gif)

hvala za pozornost

- predstavitev si lahko prenesete iz

- <http://razor.arnes.si/~asija3/files/sola/gimb/1/mat/arhimed/>
- <https://c.š.ga/sola/gimb/1/mat/arhimed/>
- <http://93.103.235.126/sola/gimb/1/mat/arhimed/>



