TEHNOKRAATIA DIKTATUUR

10 loengust koosnev koolitus mis hõlmab matemaatikat, füüsikat, keemiat, elektrotehnikat
Eesmärk – tuletada meelde, kinnistada ja ümber mõtestada varem õpitut ning vahest õppida ka midagi uut.
Teoreetiline vaade praktilistele teemadele – tekitab uusi mõtteid.

AGA MILLEKS ?

Reaalteadusi tundev inimene saab tehnikaaladel paremini hakkama - ei anna füüsikaseadustele mittevastavaid lubadusi ega ürita lahendada tehnilisi probleeme esoteeriliste meetoditega. Nii on elu lihtsam ja rõõmsam ja energiat kulub vähem.

MILLEST RÄÄGIME ?

1,2) Matemaatika ja füüsika meeldetuletus. Käime kergelt üle koolis õpetatu ja üritame leida lünki ning neid täita.

3) Hüdraulika, pneumaatika, tugevusõpetus teoreetilis-füüsikalisest vaatenurgast

4) Keemia põhitõed, happed, alused, korrosioon. Ohutus ja ohtlikud ained, mida töökojast leida. Kuidas mitte surma saada.

5) Elektrotehnika – alalisvool. Pinge, vool, võimsus. Kaod kaablites – miks, kuidas. Sulavkaitsmed – kiired ja aeglased.

6) Elektrotehnika – vahelduvvool. Pinge, vool, võimsus. Kolmefaasiline vool – milleks ? Vool neutraaljuhtmes, reaktiivvõimsus, siinusemoonutused. Automaatkaitsmed ja selektiivsus

7) Toitevarustus hoonetes. Peakaitsmed, prioriteedireleed, laadimistsüklite planeerimine.

8) Akud ja akutehnoloogiad. Pliiakud, liitiumakud, energiamahutavus. Miks liitiumakud põlevad ja miks liitiumaku ei pruugi olla parem pliiakust. Mida teha põleva liitiumakuga ?

9) Elektroonika – mis on mis elektroonikaseadmes ? Komponendid, kuidas tuvastada visuaalseid rikkeid, miks seadmed üldse rikki lähevad ? Ohutustehnika jõuelektroonikas. ESD – mis see on ja kuidas seda tagada ?

10) Mõõteriistad. Elektrimõõtmised (multimeeter), mehhaanilised mõõtmised(nihik, mõõtekell), mõõtmise täpsuse hindamine ja vigade tekkimine

KES MA SELLINE OLEN ?

Madis Reivik, Volta tehas

Elektroonikainsener, 20+ aastat kogemust

Eelkõige elektroonikaseadmete projekteerimist, sekka ka mehhatroonikat, CNC freesimist, seadmete hooldust ja ümberehitust.

Haridustee - TPT ja TTÜ

MATEMAATIKA JA FÜÜSIKA

Matemaatika on reaalteaduste keel ning alus. Matemaatika kui eraldi teadusharu on teiste teaduste suhtes nii teenindavas – „aitab arvutada“ - kui ka suunavas rollis. Mõnedki avastused füüsikas on tehtud matemaatiliste kurioosiumite uurimise käigus – näiteks osake positron avastati võrrandite „võõrlahendite“ uurimise tulemusena.

Matemaatikat ja füüsikat õpetatakse koolides eraldi ainetena kuid minu hinnangul on see viga. Paljud matemaatikateooriad omavad mingit „tunnetatavat tähtsust“ alles füüsikaliste nähtuste selgitamisel. Ning keerulised füüsikavalemid on lihtsalt mõistetavad, kui nende tuletamine on matemaatiliselt selgitatud.

KIIRE ÜLEVAADE MATEMAATIKA ALUSTEST

Matemaatika opereerib arvudega. Arvud võiks kunstlikult jaotada

- **Täisarvudeks** – need on arvud, mida kasutatakse loendamiseks. 1 ; 2 ; 3; -1. Paarisarvud on täisarvud, mis kahega jagades on ikka veel täisarvud: 2; 4; 6; 8 NULL on paarisarv.

- **Ratsionaalarvudeks** – need on kõik arvud, mida saab TÄPSELT esitada kas
  - murdarvuna („komaga“) – 2,8 ; 5,12; -7,01
  - hariliku murruna - $\frac{1}{2}$; $-\frac{3}{4}$; $\frac{251}{254}$ NB ! Harilik murd ei pruugi olla esitatav lõpliku pikkusega murdarvuna. Näiteks $\frac{1}{3}$ = 0,333333......

- **Irratsionaalarvudeks** – neid ei saa TÄPSELT ESITADA lõpliku pikkusega murdarvuna. Kõige tuntum neist on π ehk ringi ümbermõõdu ja läbimõõdu suhe. Selle arvu esitamisel numbrid ei lõpe ning ei teki mingeid mustreid – arv on lõputult pikk (3,141592... Praeguse seisuga on arvutatud üle 50 triljoni komakoha). π praktiliselt vajalik komakohtade arv ei tohiks siiski olla suurem kui 40. Selle abil saame arvutada Universumi läbimõõtu täpsusega 1 vesiniku aatom
- **Arvude hulk on lõputu**

- **Reaalarv** on üldisem nimetus ja see võib olla nii ratsionaal- kui irratsionaalarv. Siiski ei ole kõik nähtused kirjeldatavad ainult reaalarvudega. Nt $\sqrt{-1}$ puudub reaalarvuline lahend, kuid see ei tähenda, et lahend üleüldse puuduks (appi tulevad imaginaararvud, millest üritaks kuulajaid vähemalt esialgu säästa)
- **Vastandarv** $(-x)$ – see on arv, mille liitmine annab tulemuseks NULLI. Nt 2 vastandarv on -2
- **Pöördarv** ($\frac{1}{x}$) - arv millega korrutamisel saame tulemuseks ÜHE. $\frac{1}{3}$ pöördarv on 3 sest $\frac{1}{3} * 3 = 1$
- Arvu 0 vastandarv on 0 ja arvu 1 pöördarv on 1. Igal arvul on vastandarv, aga **nullil puudub pöördarv.**
- **Lõpmatus -** ∞ ei ole reaalarv vaid matemaatiline sümbol. Minnes vastuollu matemaatilise rangusega võiks öelda, et NULLI PÖÖRDARV on lõpmatus ehk kui jagada tervik olematu suurusega tükkideks, jätkub neid tükke kuitahes paljudele. Irooniliselt tähendab lõpmatus hoopis lõplikust – ehk seda, et arvutusmeetod on lõplikult vigane ja ei anna mingit mõistuspärast tulemust.
- **Ühikud** – arvutustes võib valemitesse lisada ühikud (meeter, sekund jne). Ühikud käituvad valemites samamoodi nagu arvud, neid saab jagada, korrutada, astendada. Näide: m^2**-** ruutmeeter

- **Liitmine ja lahutamine** on elementaarsed ja kõigile ilmselged. Samas võiks neid üldistada **SUMMEERIMISEKS** juhul, kui asendame lahutamistehte vastandarvu liitmisega.

$1 + 2 - 3 - 5 + 8 = 3$ või siis $1 + 2 + (-3) + (-5) + 8 = 3$

- **Liitmisel ei ole tehete järjekord oluline**

$$1 + 2 + (-3) + (-5) + 8 = 8 + 1 + 2 + (-5) + (-3)$$

- **Kui negatiivsed liidetavad** viia sulgudesse, siis läheb miinusmärk sulu ette ja sulgude sees muutub märk positiivseks

$$1 + 2 + (-3) + (-5) + 8 = 1 + 2 + 8 - (3 + 5)$$

- **Summeerimine omab mõtet ainult siis, kui summeeritavad on ilma ühikuta või sama ühikuga !**
- **Näide:** 1m + 1m = 2meetrit aga 1m + 1kg ei oma reaalset sisu

- **Korrutamine ja jagamine** on samuti elementaarsed, kuid ka siin võib teha pildi selgemaks, asendades jagamise pöördväärtusega korrutamisega

$$\frac{4*8*2}{5*4} = 3{,}2 \qquad \text{või teisiti} \qquad 4*8*2*\frac{1}{5}*\frac{1}{4} = 3{,}2$$

- **Negatiivsete arvude korrutamine** - kehtib alljärgnev reegel

$$2*3 = 6$$
$$(-2)*3 = -6$$
$$(-2)*(-3) = 6$$
$$2*(-3) = -6$$

Pikemate arvutuste korral võime teha lihtsalt – loendame korrutises olevate miinusmärgiga arvude hulga, kui see on paaritu arv, siis korrutis on negatiivne

$1*(-2)*(-3)*4*5*(-6) = -720$ sest meil on siin 3 negatiivset arvu

- **Nulliga korrutamisel on tulemus 0**
- **Nulliga jagamisel** puudub mõistlik vastus, sest nulli pöördväärtus on määramatu.
- **Korrutamisel ei pea ühikud olema samad.** Nt $5kg * \frac{1}{1m^3} = 5\frac{kg}{m^3}$ mis omab sisulist tähendust kui tihedusühik

- **Ruutjuur** $\sqrt{x}$ annab tulemuseks arvu, mille ruutuvõtmine annab tulemuseks arvu x

$$\sqrt{x} * \sqrt{x} = x$$
$$\sqrt{2} * \sqrt{2} = 2$$

$\sqrt{4} = 2$ sest $2 * 2 = 4$ (NB! Siin on nüansid !)

- Ruutjuurt ei saa võtta negatiivsest arvust (tulemus ei ole reaalarvuline)
- Kui x ei ole null, siis on ruutjuurel kaks väärtust – arv ja tema vastandarv. Seetõttu on korrektne kirjutada

$$\sqrt{4} = \pm 2$$
$$2 * 2 = 4$$
$$(-2) * (-2) = 4$$

Seda ei tohi unustada, kuna ka negatiivne väärtus on matemaatiliselt (ja füüsikaliselt) samaväärne !

Kõrgemad juured

$$\sqrt[3]{x} = z$$
$$z * z * z = x$$

$$\sqrt[n]{x} = z$$
$$z * z * z \ldots (nende\ kogus\ on\ n) = x$$

Siinkohal on märkidega olukord keerukam, sest

$$\sqrt[3]{8} = 2$$
$$2 * 2 * 2 = 8$$
$$(-2) * (-2) * (-2) = -8$$

Lihtsustatult, kui tegemist „paarisjuurega“ on reaalarvulisi vastuseid kaks, paaritu juure korral üks. Lisaks on juurtel ka kompleksarvulised vastused, kuid nendel praegu ei peatu.

Astendamine - x on alus ja n on astendaja

$x^n = 1 * x * x * x * x\ (x - e\ on\ n\ tükki)$ Nt $5^3 = 5 * 5 * 5 = 125$

Aga mis siis kui x on negatiivne ?

$(-3)^2 = (-3) * (-3) = 9$

$(-3)^3 = (-3) * (-3) * (-3) = -27$ NB ! Märk muutus

Negatiivse arvu astendamisel paaritu arvuga on tulemus negatiivne.

Kui alus on null ?

$0^n = 1 * 0 * 0 \dots.$ Igal juhul on tulemus null

Kui astendaja on null ?

$2^0 = 1 * ja\ siin\ on\ meil\ null\ kahte.. = 1$ ehk siis $x^0 = 1$

Astendamisel astendajal ühikut olla ei tohi, küll võib see olla alusel.

$(2m)^2 = 4m^2$ - pindala

2^{2m} - ilma sisuta tehe

Kui astendaja on negatiivne ? Alustame lihtsamast:

- $x^{-1} = \frac{1}{x}$ ehk siis astendaja -1 tähendab arvu PÖÖRDVÄÄRTUST
- $x^{-n} = \frac{1}{x^n} = 1 * \frac{1}{x} * \frac{1}{x} * \cdots (n\ korda)$
- $3^{-3} = \frac{1}{3^3} = \frac{1}{3} * \frac{1}{3} * \frac{1}{3} = \frac{1}{27}$

Aga kui astendaja on murd ?

- $x^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{x}$
- $4^{\frac{1}{2}} = \sqrt[2]{4} = \pm 2$ (NB ! Kaks vastust !)
- $8^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{8} = 2$ (NB ! Üks vastus !)
- $x^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{x^m}$
- $2^{\frac{6}{2}} = \sqrt{2^6} = \sqrt{64} = \pm 8$

- **Astmete astendamine**

$$x^{n^m} = x^{n*m}$$

$$2^{2^2} = 2^{2*2} = 2^4 = 16\, või\ siis\ (2^2)^2 = 4^2 = 16$$

$$2^{2^{2^2}} = 2^{2*2*2} = 2^8 = 256$$

- **Astmete korrutamine**

$$x^a * x^b = x^{a+b}$$

$$2^3 * 2^2 = 8 * 4 = 2^5 = 32$$

- **Astmete jagamine**

$$x^a / x^b = x^{a-b}$$

$$\frac{2^3}{2^2} = \frac{8}{4} = 2^{3-2} = 2^1 = 2$$

- **Logaritm**

$$y = x^n$$

Oletame, et meil on teada väärtused y ja x ning soovime leida astendajat. Selle tarbeks kasutatakse logaritmfunktsiooni

$$n = \log_x y$$

$$\log_2 256 = 8 \; sest \; 2^8 = 256$$

$$\log_{10} 1000 = 3 \; sest \; 10^3 = 1000$$

- **Eksponentsiaalsed funktsioonid**

$$y = x^n$$

Paljud loodusnähtused on eksponentsiaalse iseloomuga. Näiteks bakterite paljunemine. Oletame, et iga bakter pooldub ühe tunni tagant ning puuduvad looduslikud vaenlased (viirused) ja ka sööta on lõputult.

$$n = 2^t$$

- Kell 00:00 on meil 1 bakter sest $2^0 = 1$
- Kell 01:00 on meil 2 bakterit sest $2^1 = 2$
- Kell 02:00 on meil 4 bakterit sest $2^2 =4$

....

Kui kiirelt see protsess toimib ? Kiiremini kui võiks arvata...

Oletame, et maakera on bakteri jaoks tervikuna ja kadudeta söödav. Bakteri mass on 1 pikogramm - $\mathbf{10^{-12}}\boldsymbol{g}$

Kui kiirelt oleks maakera nahka pandud ?

Maakera mass on $6 * 10^{24} kg$

Bakteri mass on $1 * 10^{-15} kg$

Bakterite arv $n = \frac{6*10^{24} kg}{1*10^{-15} kg} = 6 * 10^{24-(-15)} = 6 * 10^{39}$

$$\log_2 n = \log_2 6 * 10^{39} \approx 132$$

132 tunniga – ca 5 ja poole ööpäevaga võiks üks bakter nahka panna kogu maakera

Nagu näha, tuleb eksponentsiaalseid funktsioone jälgida suure umbusu ja ettevaatlikkusega. „Kõhutunne“ on enamasti petlik.

Pank lubab hoiust kasvatada igal aastal 5%. Ehk siis igal aastal korrutatakse alghoius 1.05-ga. Mis juhtuks 1000 eurose hoiusega 100 aasta jooksul ?

$$1000€ * 1{,}05^{100} = 131\ 501€$$

Aga hoiulaenuühistu lubab 20%

$$1000€ * 1{,}2^{100} = \mathbf{82\ 817\ 974\ 522€}$$

Kui esimene tundub usutav tänu inflatsioonile (dollari ajalooline väärtus suurtes piirides langeb selle hinnanguga kokku), siis teisel juhul on ühistu ainuke lootus raha väärtuse kollaps ja inimeste puudulik arvutusoskus

- **Arvutamise täpsus ja tüvenumbrid**

Tihtipeale, eriti paberinurgal arvutades, tekib küsimus kui palju „komakohti“ peaks arvesse võtma. Korrektne on lähtuda mitte komakohtadest aga **tüvenumbritest.**

0,28467 – 5 tüvenumbrit

3,1 – 2 tüvenumbrit

100,1 – 4 tüvenumbrit

2 – 1 tüvenumber

2,000 – 4 tüvenumbrit

Praktilistes arvutustes on 3..4 tüvenumbrit piisav.

Arvutame ringi ümbermõõdu kui ringi läbimõõt on 1 meeter

1m*3,14 = 3 meetrit ja 140 millimeetrit

1m*3,141592 = 3 meetrit, 141 millimeetrit ja 592 mikromeetrit.

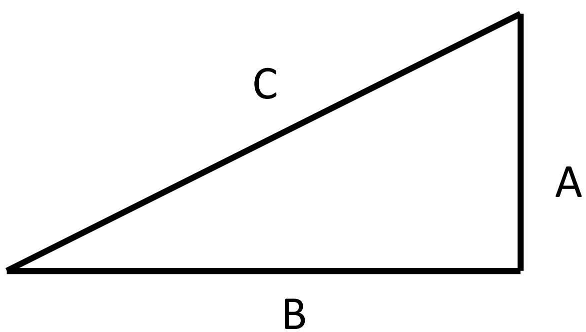
Mille abil mõõtsime diameetri ? Juuksekarva läbimõõt on ca 50 mikromeetrit

NATUKE GEOMEETRIAT

- **Pythagorase teoreem**

Kasutatakse diagonaali pikkuse arvutamiseks

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

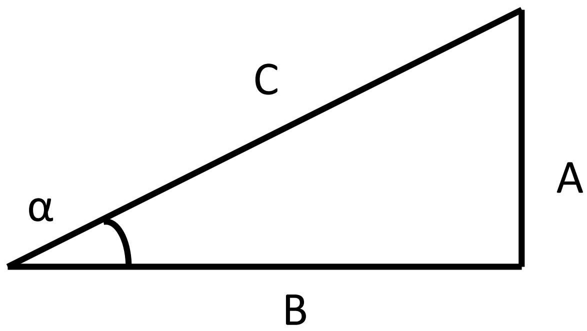


Kuid kehtib ka kolmemõõtmelises ruumis – kui H on punktide kõrguse vahe siis..

$$C = \sqrt{A^2 + B^2 + H^2}$$

- **Siinus, koosinus ja tangens**

Tehnikaalade vaatenurgast võime jällegi lähtuda kolmnurgast



$$A = sin\alpha \ * C$$
$$B = cos\alpha \ * C$$
$$A = tan\alpha \ * B$$

Nurk alfa – tavaliselt kraadides, üks täisring = 360 kraadi

Teatud arvutustes ka radiaanides, üks täisring = 2π radiaani

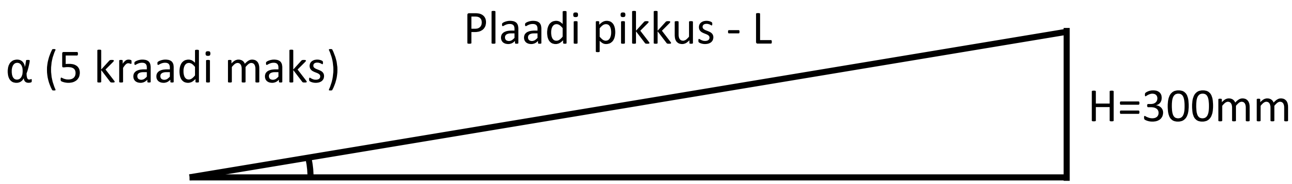
Teisendus radiaanidest kraadideks

$$\alpha(kraadides) = \alpha(radiaanides) * \frac{1}{2\pi} * 360$$

- **Mida nende siinuste ja koosinustega peale hakata ?!?!?**

Näide: Kaldpinna arvutus

Oletame et raske masin võib üles sõita maksimaalselt 5 kraadisest kaldest (paberites kirjas). Äärekivi kõrgus on 300mm. Kui pikk peab olema rambi plaat ?



$$L = \frac{H}{sin\alpha}$$

$$L = \frac{300mm}{sin5°} = \frac{300mm}{0,0872} = 3442mm \approx 3,5m$$

Lihtne arvutus ja säästab jõudu ning vandesõnu.

LIBISEME FÜÜSIKASSE

- **Ühikud**

Tsiviliseeritud maailmas kasutatakse SI – süsteemi mõõtühikuid ning nendest tuletatud ühikuid. Allpool on toodud mõned olulisemad põhiühikud ning tuletatud ühikud.

nähtus		**nimetus**	
aeg	s	sekund	mikrosekund, tund, kuu, sajand
pikkus	m	meeter	cm, mm, km, toll, jalg
mass	kg	kilogramm	gramm, tonn, unts
vool	A	amper	milliamper, kiloamper
pinge	V	volt	millivolt, kilovolt
võimsus	W	vatt	hobujõud, kilovatt
energia	J	džaul	kilovatt-tund, kalor, elektronvolt
jõud	N	njuuton	jõukilogramm kgf
temperatuur	K	kelvin	kraad C, Fahrenheit

Nagu eelnevalt mainitud, võivad ühikud figureerida võrrandites ning käituda vastavalt matemaatikareeglitega. Siiski..

Erinevaid ühikuid ei saa liita !

Ühikuga ei saa astendada !

Kui valemites olevad ühikud ei kanna vastuses sisulist mõtet, siis on arvutused valed !

Näide:

Põranda pindala $S = a * b$ $S = 2m * 3m = 6 * m * m = 6m^2$

Mis on igati loogiline, sest põrandapindala mõõdetakse ruutmeetrites

Aga valesti arvutades $S = a + b$ $S = 2m + 3m = 5m$

Mis on absurd, sest meeter on pikkuse, mitte pindalaühik

Eriti sobilik näide

Arvutame hüdrosilindri maksimaalse jõu

Rõhk pinnaühikule – $bar = 10^5 Pa = 100kPa = 100000\frac{N}{m^2}$

Kolvi pindala $S = 100cm^2 = 10^{-2}m^2$

Pumba rõhk $P = 100bar = 10^7 Pa = 10^7\frac{N}{m^2}$

$$F = S * P = 10^{-2}m^2 * 10^7\frac{N}{m^2} = 10^5 N$$

Vastus – 100 000 N mis on igati mõistlik suurus

Proovime valesti $F = \frac{S}{P} = \frac{10^{-2}m^2}{10^7\frac{N}{m^2}} = 10^{-9}\frac{m^4}{N}$

Kuna tulemus – jõud – ei ole jõuühikutes (njuutonites) siis on arvutused valed.

Seetõttu tasub arvutamisel alati ühikud sisse jätta ja nii jäävad ka valemid paremini meelde

Proportsionaalsed arvutused

Eelneva näite puhul, toome välja valemi proportsioonid

Kolvi pindala on S ning rõhk on P

$$F \sim S, P$$

Loeme nii: jõud on proportsionaalne pindala ja rõhuga.

Aga $S \sim D^2$ ja seega $F \sim D^2, P$

Loeme nii: jõud on proportsionaalne diameetri ruuduga ja rõhuga

Kui meil on topelt suurema diameetriga silinder, siis $D^2 = 2^2 = 4$

Ilma pikema arvutuseta - sellise silindri jõud on 4 korda suurem.

Veel proportsioone ja füüsikat

Liikuva auto energia

$$E = \frac{mv^2}{2} \quad ja\ seega\ E \sim v^2, m$$

Liikuva auto energia on proportsionaalne massiga ning kiiruse ruuduga

Aiku auto sõitis 100 km/h ja tema BMW kaalus 1500kg

Peale teelt väljasõitu niitis ta võsa 50 meetri ulatuses

Pets sõidab 2000kg Audiga 150km/h. Kui palju võsa tema maha niidab ?

Masside suhe $\frac{2000kg}{1500kg} = 1{,}33$ ja kiiruste suhe $\frac{150km/h}{100km/h} = 1{,}5$

$$50meetrit * 1{,}5^2 * 1{,}33 = 150\ meetrit$$

Unistuste purustamine arvutamise abil - 3D printer !

3D printer moodustab detaili, sulatades plastkiudu ning paigutades „plastitäpikesed“ õigesse kohta. Täpikeste mõõtmed on suurusjärgus 0,1mm

See määrab ideaaljuhul ka prinditava detaili „resolutsiooni“ ehk pinna täpsuse..

Juhul kui soovime resolutsiooni parandada, on vaja vähendada täpi mõõtmeid.

Kuna ruumimõõtmeid on 3, siis täpi 2* väiksemaks tegemine muudab ruumala

$$2 * 2 * 2 = 8\ korda$$

Seega, printimisaeg on proportsionaalne täpi mõõdu kuubiga

$$t \sim x^3$$

Freesimisega võrreldava täpsust tarbeks peaks täpi suurus olema ca 0.002mm.

$$t \sim \left(\frac{0{,}1}{0{,}002}\right)^3 = 125\ 000$$

printer peab muutuma **125 000 korda !!** kiiremaks või kasvab ajakulu sama detaili puhul 125 000 korda. Järeldus: 3D printimine ei asenda kõiki lõiketehnoloogiaid.

Esimese loengu lõpetuseks – matemaatiline õudus kuubis

Faktoriaal $n! = 1 * 2 * 3 \dots * n$

$$1! = 1$$

$$5! = 120$$

$$100! = 9{,}3 * 10^{157}$$

Mõned visionäärid arutlevad kas kogu Universum on arvutisimulatsioon ? Praeguste teadmiste ja teooriate kohaselt on klassikalise arvutiga osakeste simuleerimise keerukus ehk tehete arv

$$k \sim t * n!$$

Siiani ei ole õnnestunud simuleerida isegi mitte 100 osakest (10^2). Praeguste teadmiste kohaselt sisaldab Univesum ca 10^{120} osakest. Kui palju on

$$(10^{120})! \ ?$$