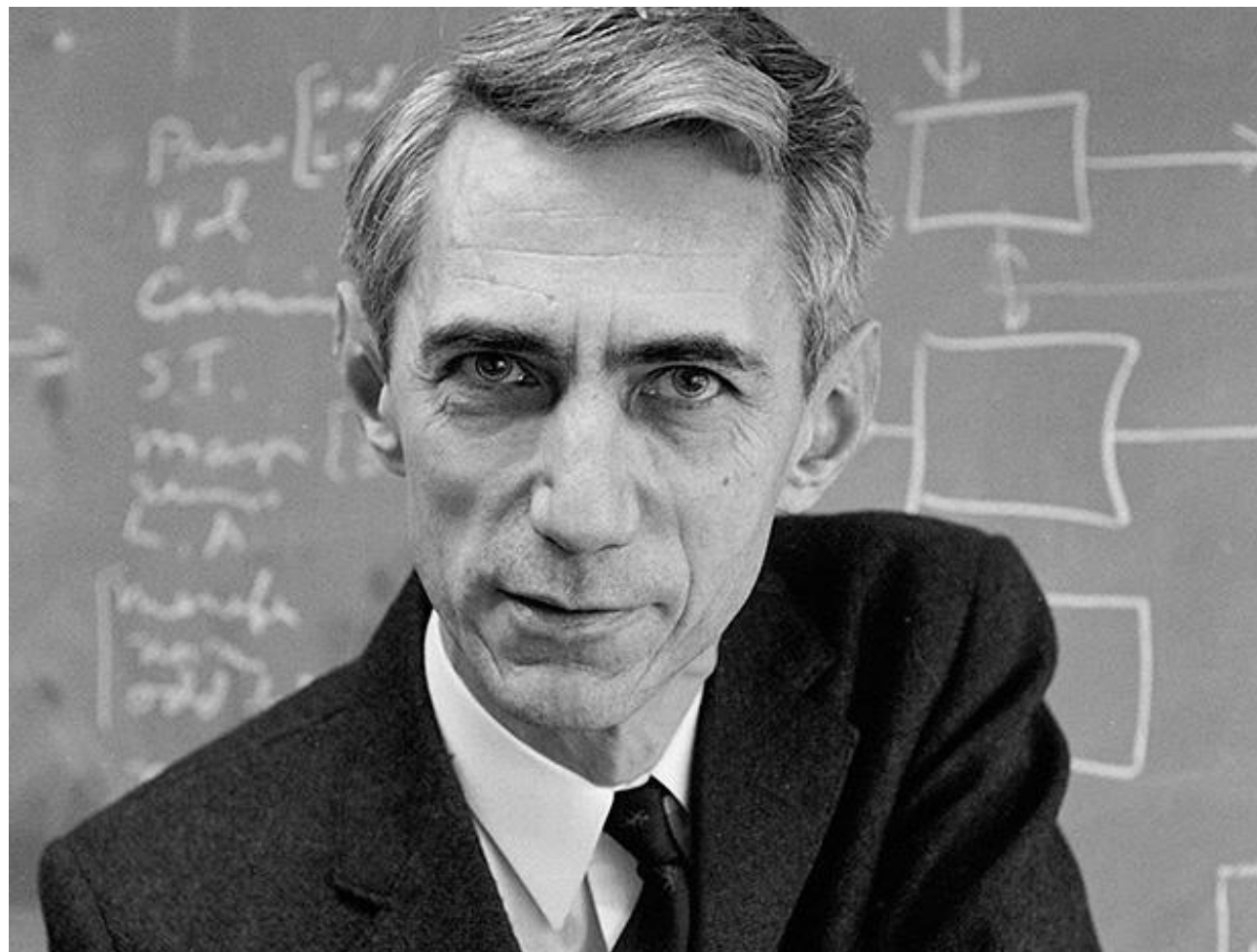


2. Süsteemid ja signaalid

Side IRT3930

Ivo Mürsepp

Claude Elwood Shannon

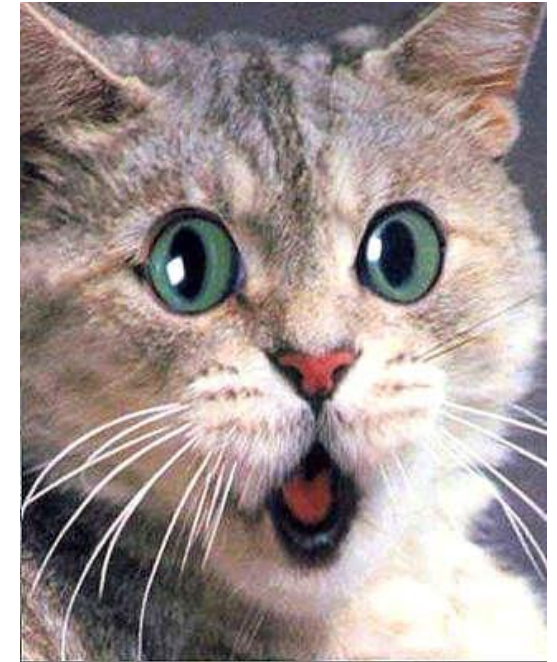


Informatsioon

- Informatsioon – teadmatus vähenemise määr (Üllatuse suurus).
- Teadmised (*knowledge*) – Õigustatud tõene uskumus.
- Andmed (*data*) - muutujate **x** väärtused.
- Sõnumis m sisalduva informatsiooni hulk

$$I(m) = \log_a \left(\frac{1}{p(m)} \right) = -\log_a p(m)$$

- Informatsiooni mõõtühikud:
 - $a = 2$: bitt, bait, *nibble*
 - $a = e$: nat
 - $a = 10$: hartley



Sidesüsteemide mudelid

- Shannon-Weaveri mudel
 - Horisontaalne mudel: „vasakult paremale.“
- ISO-OSI mudel
 - *International Standards Organisation – Open Systems Interconnection*
 - Vertikaalne mudel: „ülevalt alla“
- TCP/IP – mudel
 - ARPA mudel (*Advanced Research Projects Agency*)



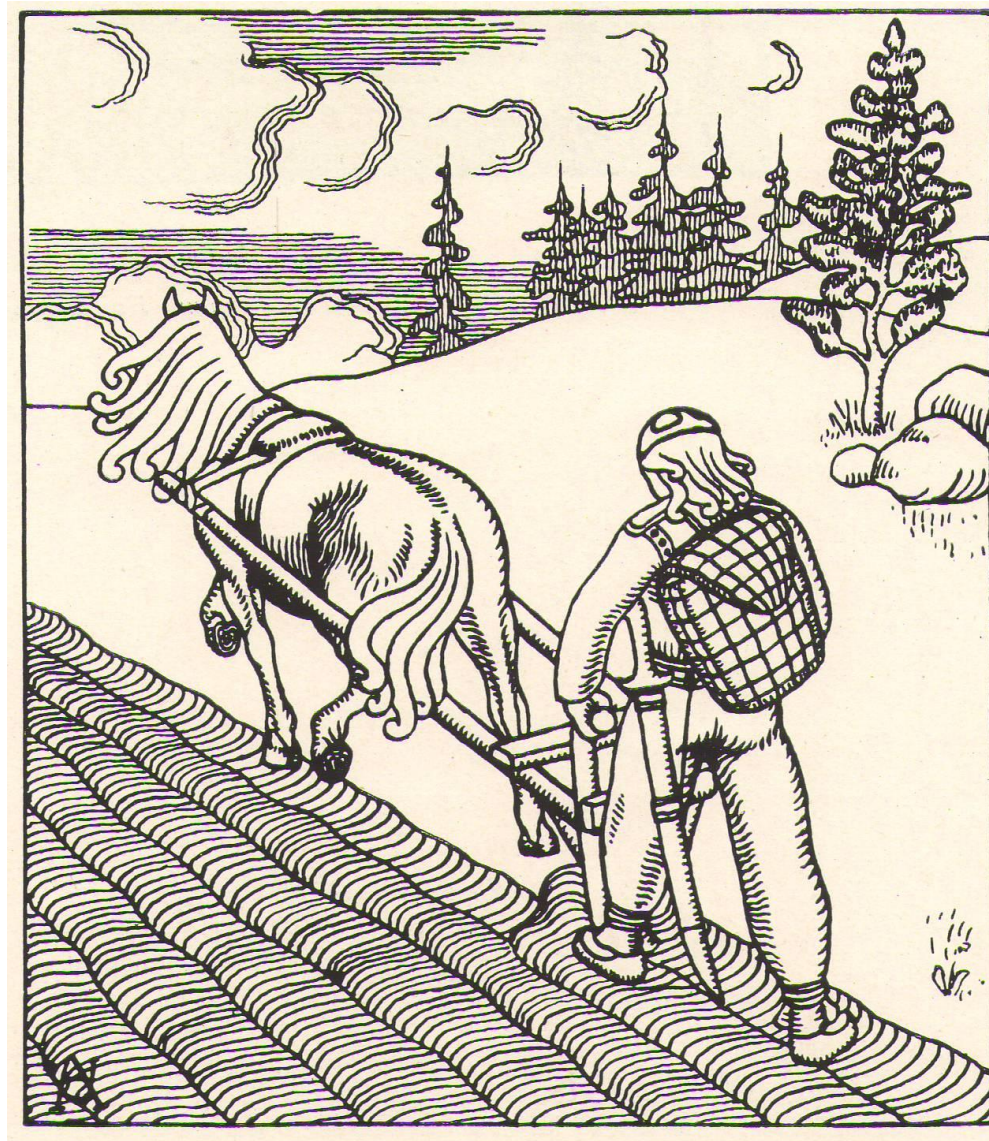
ELU ON
SINUSOID



Signaal

- Ajas või ruumis muutuv füüsikaline suurus.
 - $s(t)$ $s(x,y,z)$ $s(x,y,z,t)$
- Signaaliga side mõistes on tegemist juhul, kui mainitud suurus edastab informatsiooni mingi nähtuse käitumise või parameetrite kohta.
- Analoogsignaali väärtus on võrdeline ehk analoogne ülekantava füüsikalise suuruse väärtusega.
- Digitaalsignaali esitab ülekantavat suurust numbrilise väärtusena.

Kahemõõtmelise signaali edastamine

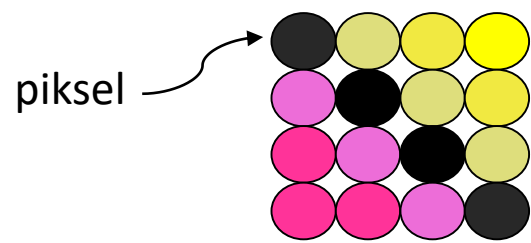


See ei ole kollane!



Mitmemõõtmelised signaalid

- **Pilt:** 2D signaal



must
 $p = 0$

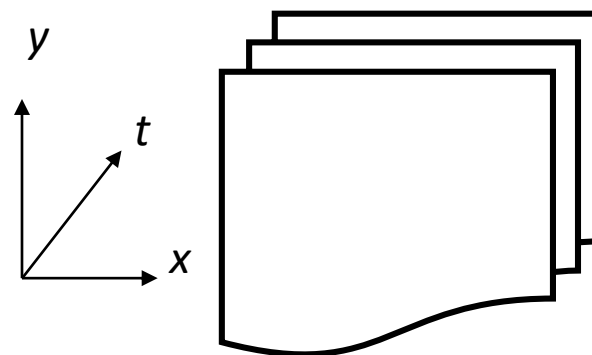
hall
 $p = 128$

valge
 $p = 255$



- **Video:** 3D signaal, ajas järjestikuste kahemõõtmeliste piltide (kaadrite) jada.

Värvid:
kolme põhivärvi
kombinatsioon:
RGB



Pidevad- ja diskreetsed signaalid

- Signaali argument (aeg, ruum) võib olla nii pidev kui diskreetne

$$t \in \mathbf{R} \qquad n \cdot \Delta t; n \in \mathbf{Z}$$

- Signaali väärtus võib samuti olla kas pidev või diskreetne

$$s(n \cdot \Delta t) \in \mathbf{R} \qquad s(t) \in \mathbf{Z}$$

Signaali spekter



Jean-Baptiste Joseph Fourier

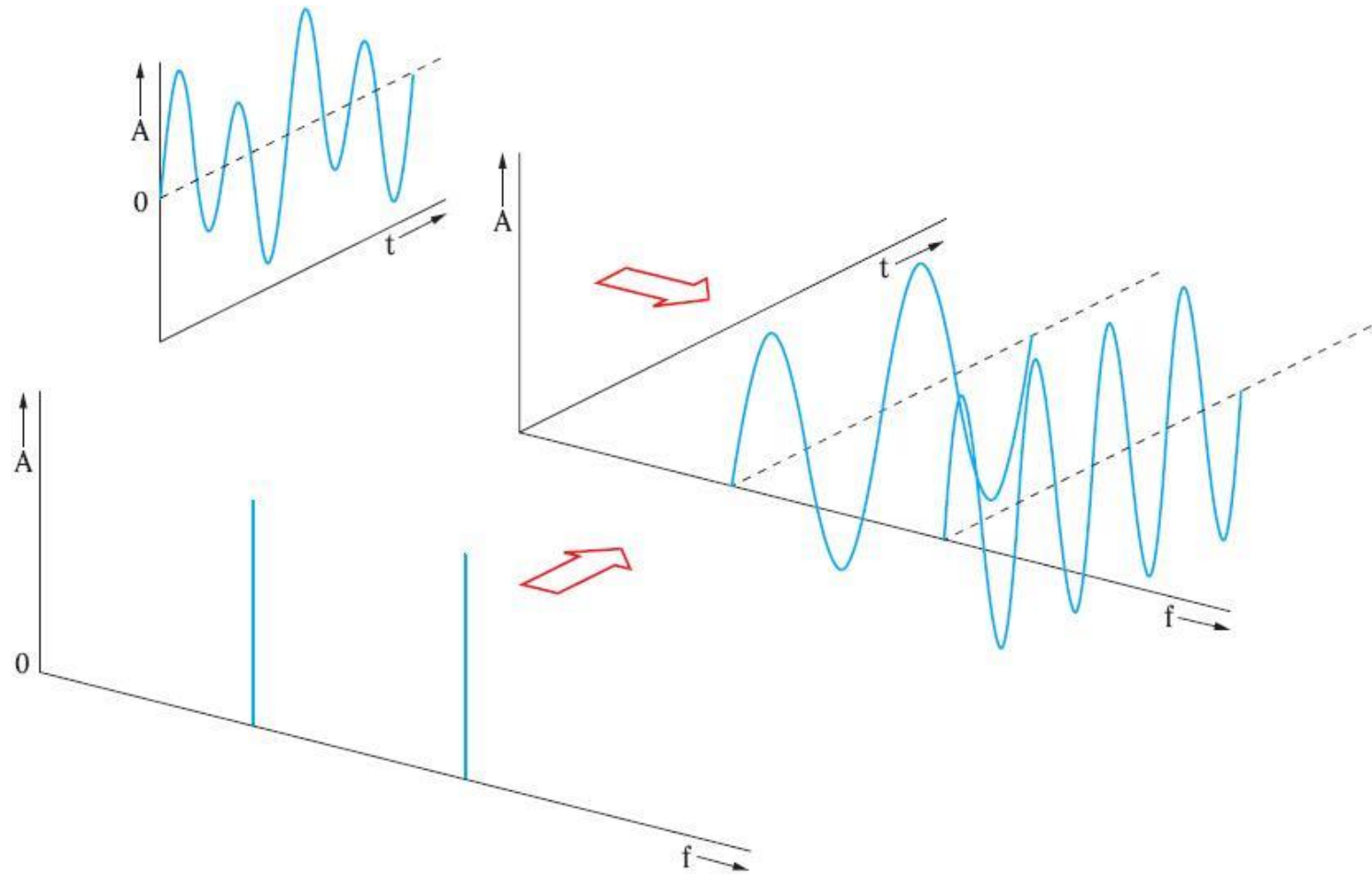
Fourier'i teisendus

- Seob omavahel sagedus- ja ajalise ruumi

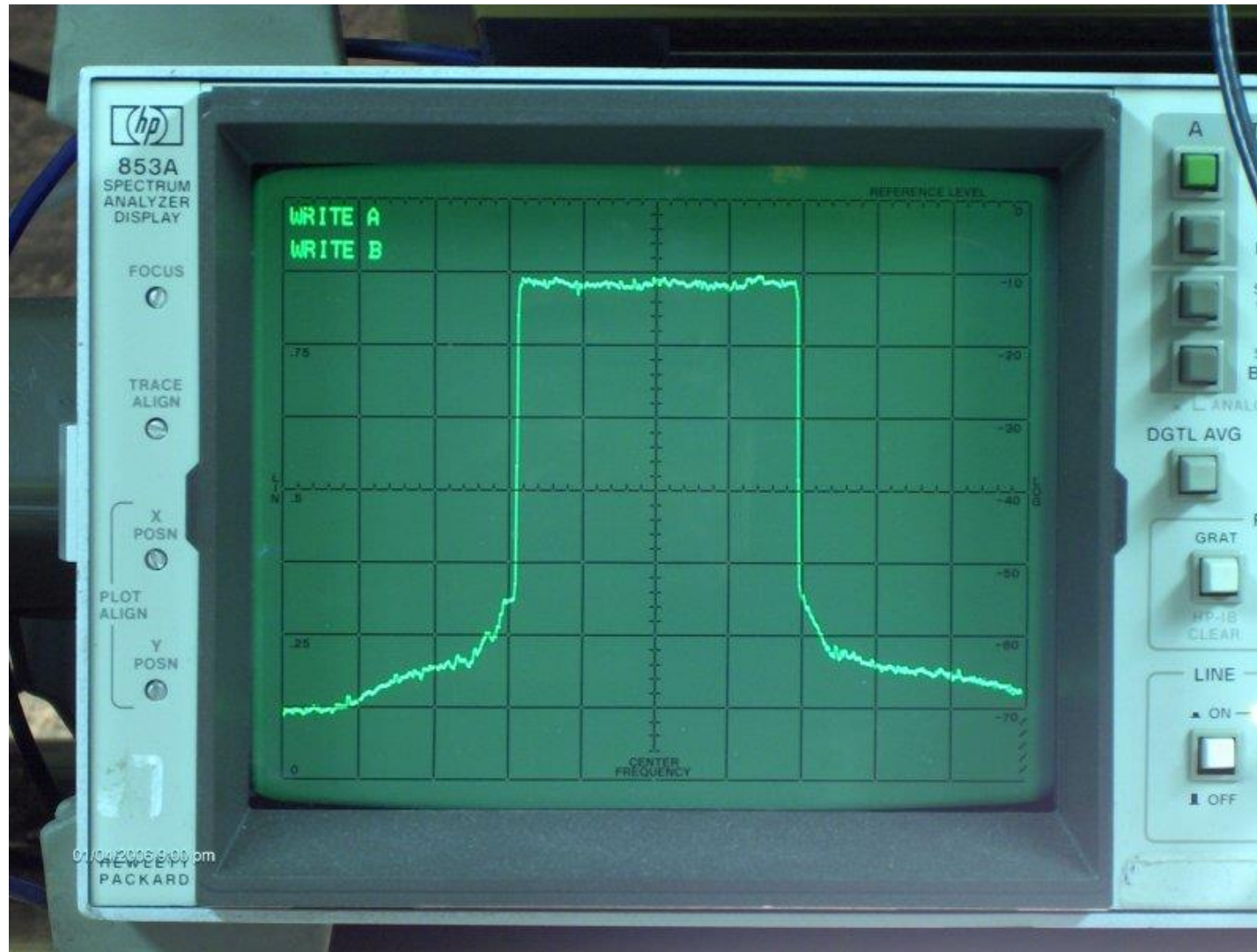
$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(f) e^{j2\pi ft} df$$

Signaali spekter



Signaali spekter



Signaali meetrika

- Hetkvõimsus

$$p(t) = |s(t)|^2 = s(t) \cdot s^*(t)$$

- Võimsus näitab ajaühikus ülekantavat energiahulka.
- Võimsuse mõõtühikuks on W (vatt)

- Keskmise võimuse
- $$P = \mathbf{E}p(t) = \frac{1}{T} \int_0^T |s(t)|^2 dt$$

- Signaali võimsuse tähis: S
- Signaali efektiivväärtus

$$U = \sqrt{P}$$



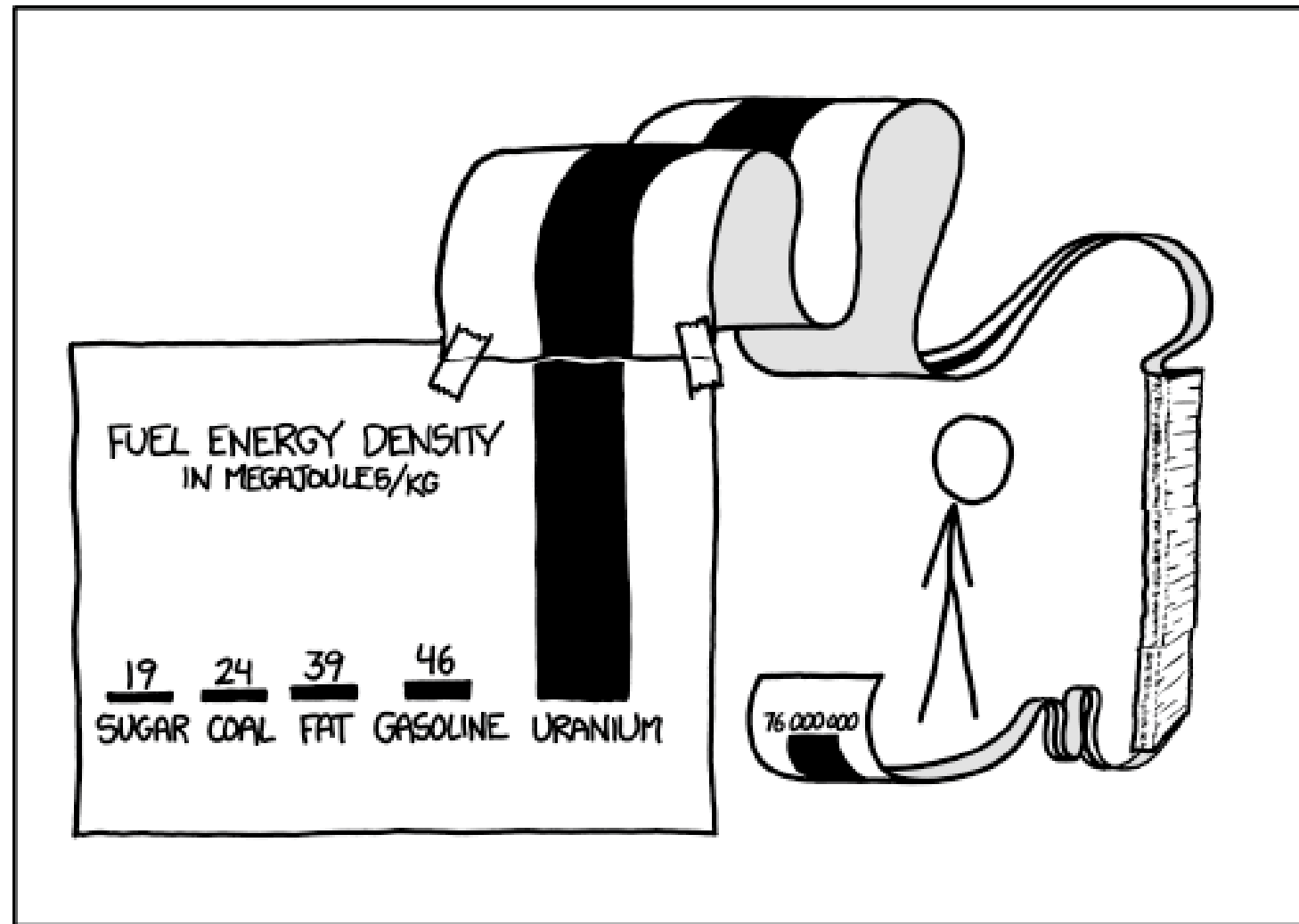
HAARP



Vene rähn



Logaritmilised mõõtühikud



SCIENCE TIP: LOG SCALES ARE FOR QUITTERS WHO CAN'T
FIND ENOUGH PAPER TO MAKE THEIR POINT *PROPERLY*.

Detsibell dB

- Kahe võimsuse suhet mõõdetakse detsibellides [dB]

$$K[\text{dB}] = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1}$$

- Absoluutsed logaritmilised võimsuse mõõtühikud

$$P[\text{dBW}] = 10 \cdot \log \frac{P}{1\text{W}}$$

$$P[\text{dBm}] = 10 \cdot \log \frac{P}{1\text{mW}}$$



Juhuslik signaal - müra

- Populaarseim müra mudel: AWGN (*Additive White Gaussian Noise*)

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mathbf{E}X)^2}{2\sigma^2}}$$

- Gaussi müra võimsus: $N = \sigma^2$
- Signaal- müra suhe: SNR (*Signal to Noise Ratio*)

Shannoni valem

- Sidekanali maksimaalne teoreetiline läbilaskevõime:

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad [bit / s]$$

Harjutusülesanded

- Mitu bitti informatsiooni edastab sõnum m , mille esinemise tõenäosus on $p(m) = 1,95 \cdot 10^{-3}$?
- Mitu bitti informatsiooni sisaldab üks monokromaatiline CIF formaadis videokaader, kui iga piksel salvestatakse ühe baidise kahendarvuna?
- Skitseeri paberile järgmised signaalid

$$s(t) = 3 \cdot \cos(\pi t) \qquad s(t) = 0,4 \cdot \sin(2\pi t + \pi) \qquad s(t) = -1,2 \cdot \cos(3\pi t)$$

- Muusika salvestamisel CD plaadile on kasutatav dünaamiline diapaseon, ehk kõige valjema ja kõige vaiksema heli suhe, mida saa veel plaadile kirjutada, 96 dB. Mitu korda on kõige valjem heli kõige vaiksemast tugevam?
- Arvuta ühe kolmandas ülesandes antud signaali võimsus P .

Materjalid

- Michael Duck and Richard Read. **Data Communications and Computer Networks for Computer Scientists and Engineers.** Second edition. Pearson Education Limited 2003. Ptk 1 Introduction lk 1-16.
- William Stallings. **Data and Computer Communications** 8th edition. Ptk 3. Analog and digitaal data transmissioon. lk 65-96.
- D Reynders, E. Wright. **Practical TCP/IP and Ethernet Networking.** Ptk 5. Introduction to TCP/IP. lk 74-77