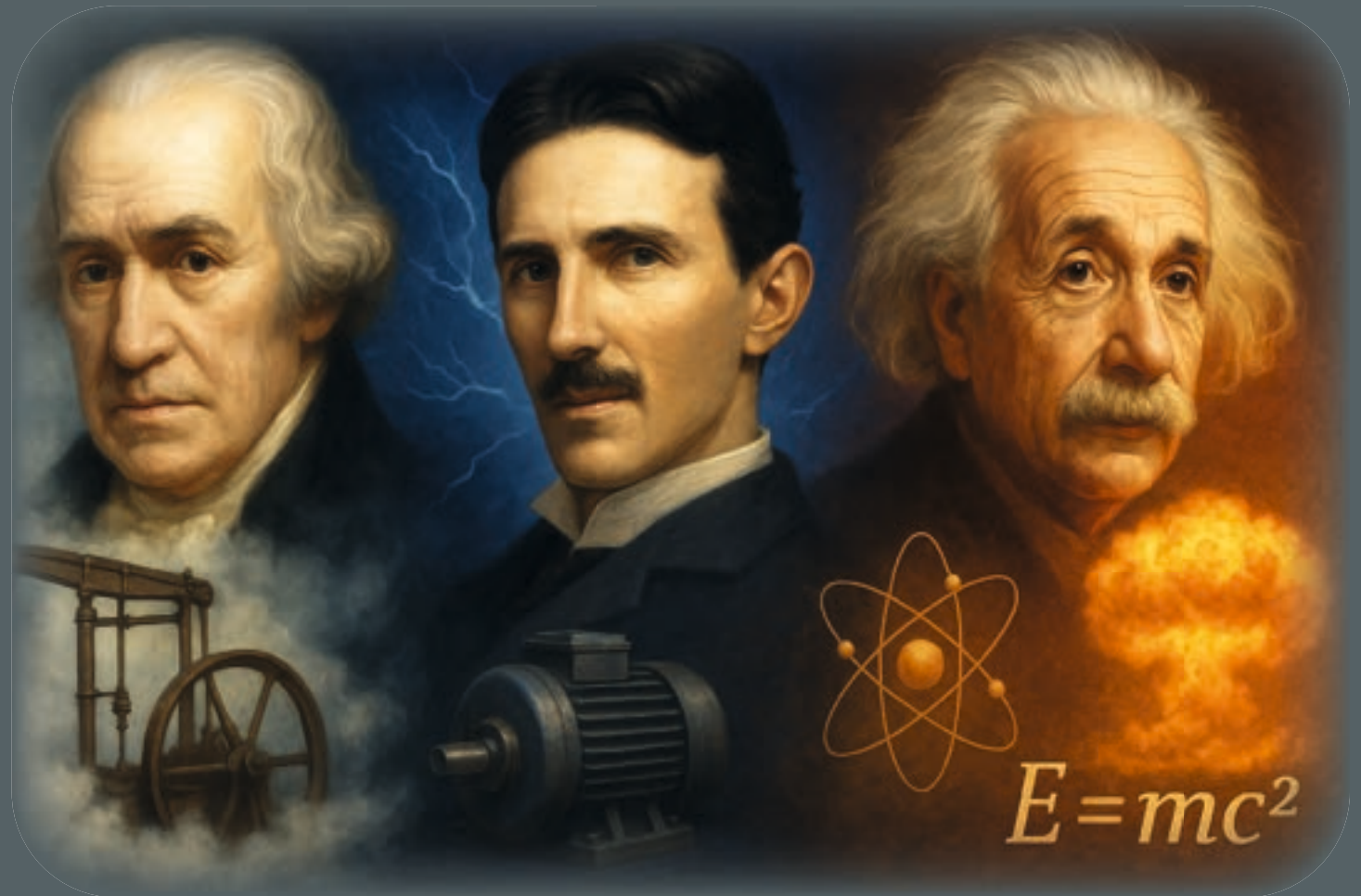


Watt, Tesla, Einstein – energian vallankumouksia

Esitelmä
Kirkkonummella
20.01.2026

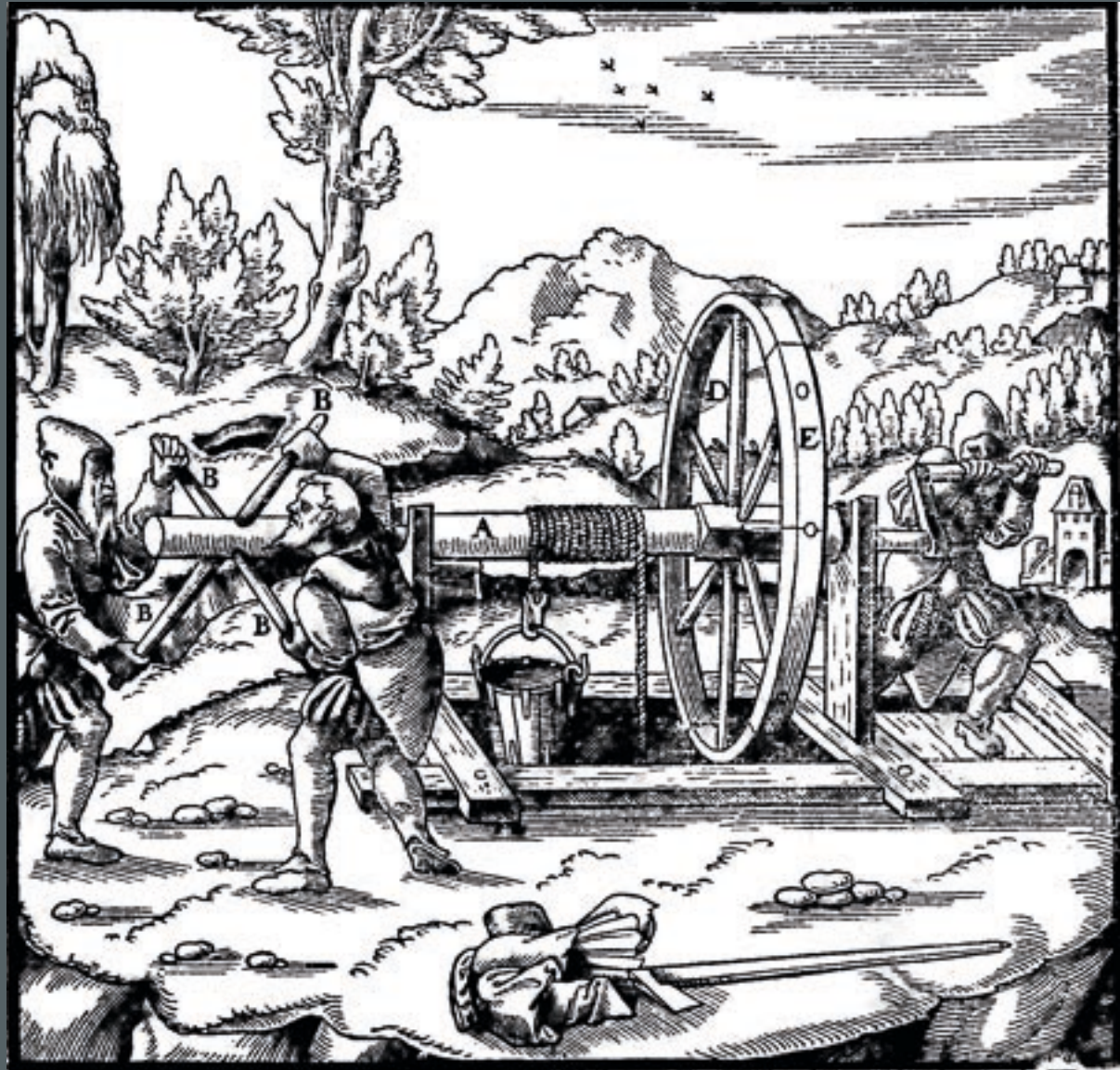
Heikki Oja



Ihmisvoimasta se alkoi

Yhden ihmisen
teho
jatkuvassa
työssä noin
70 wattia.

Agricola, *De re
metallica* (1556)



Hevonen vastaa 10 ihmistä

Yhden hevosen teho jatkuvassa työssä noin 1 hevosvoima $\approx$ 700 wattia = 10 kertaa ihmisvoima.

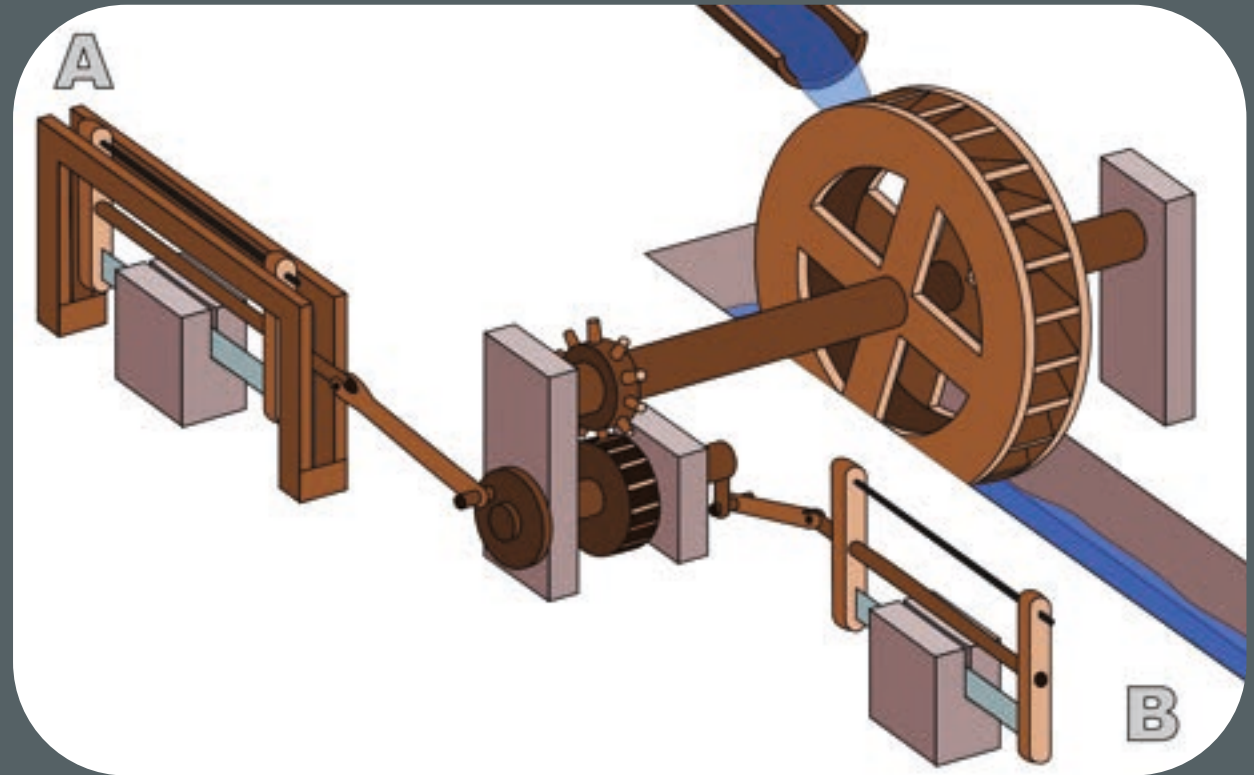
”Liikenne ruuhka London Bridgella 1872”



Suora vesivoima

Vesirattaan teho noin 80–3500 wattia = 1–50 ihmistä, myöhemmin jopa 200 kilowattia (korkea putous).

Verstas rakennettava virtaavan veden partaalle.

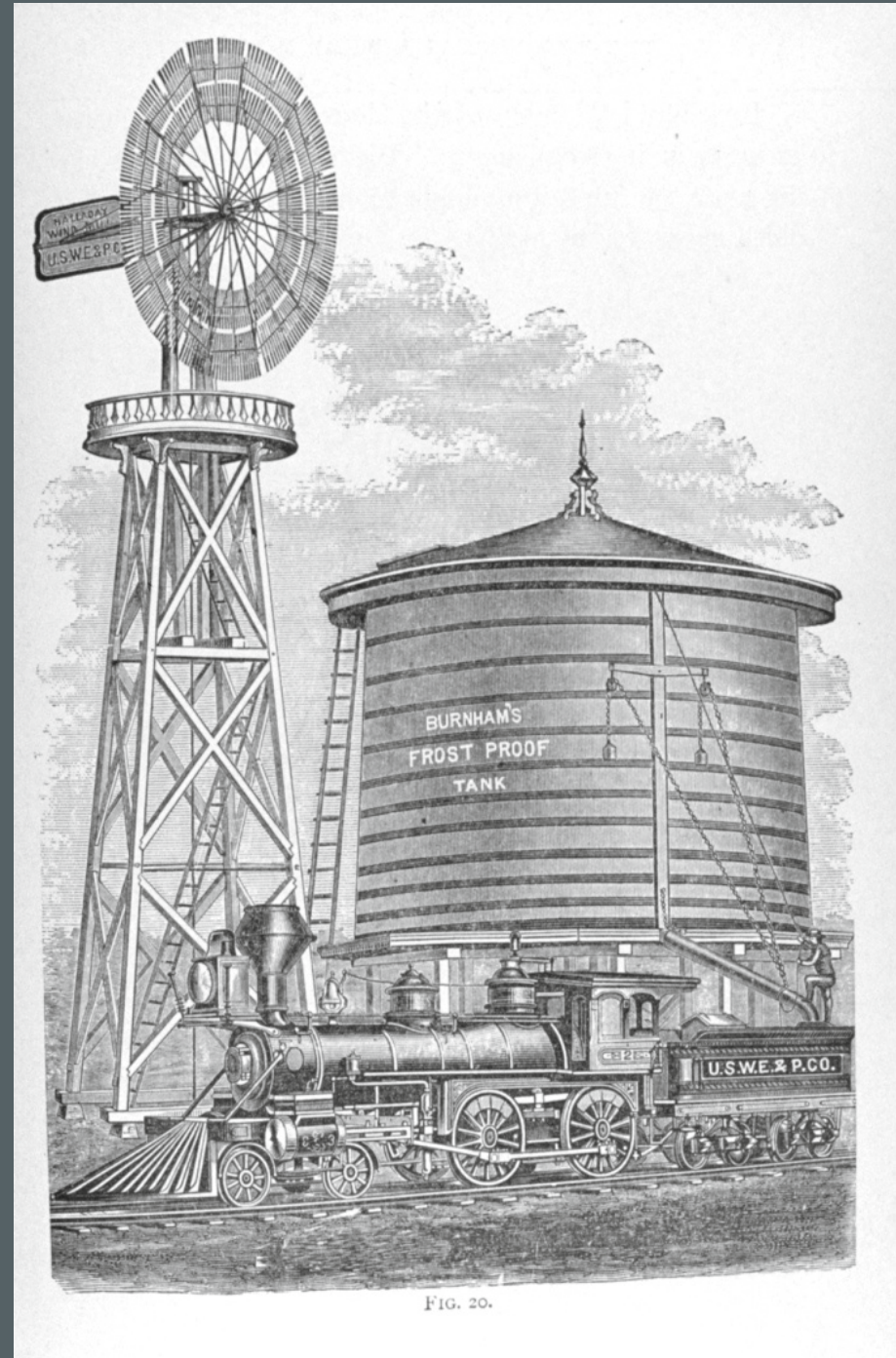


Roomalainen vesiratas v. 300.

Suora tuulivoima

Esimerkiksi veden
pumppaamiseen.
Teho tuulella
1–20 kilowattia
tyynellä 0 kW.

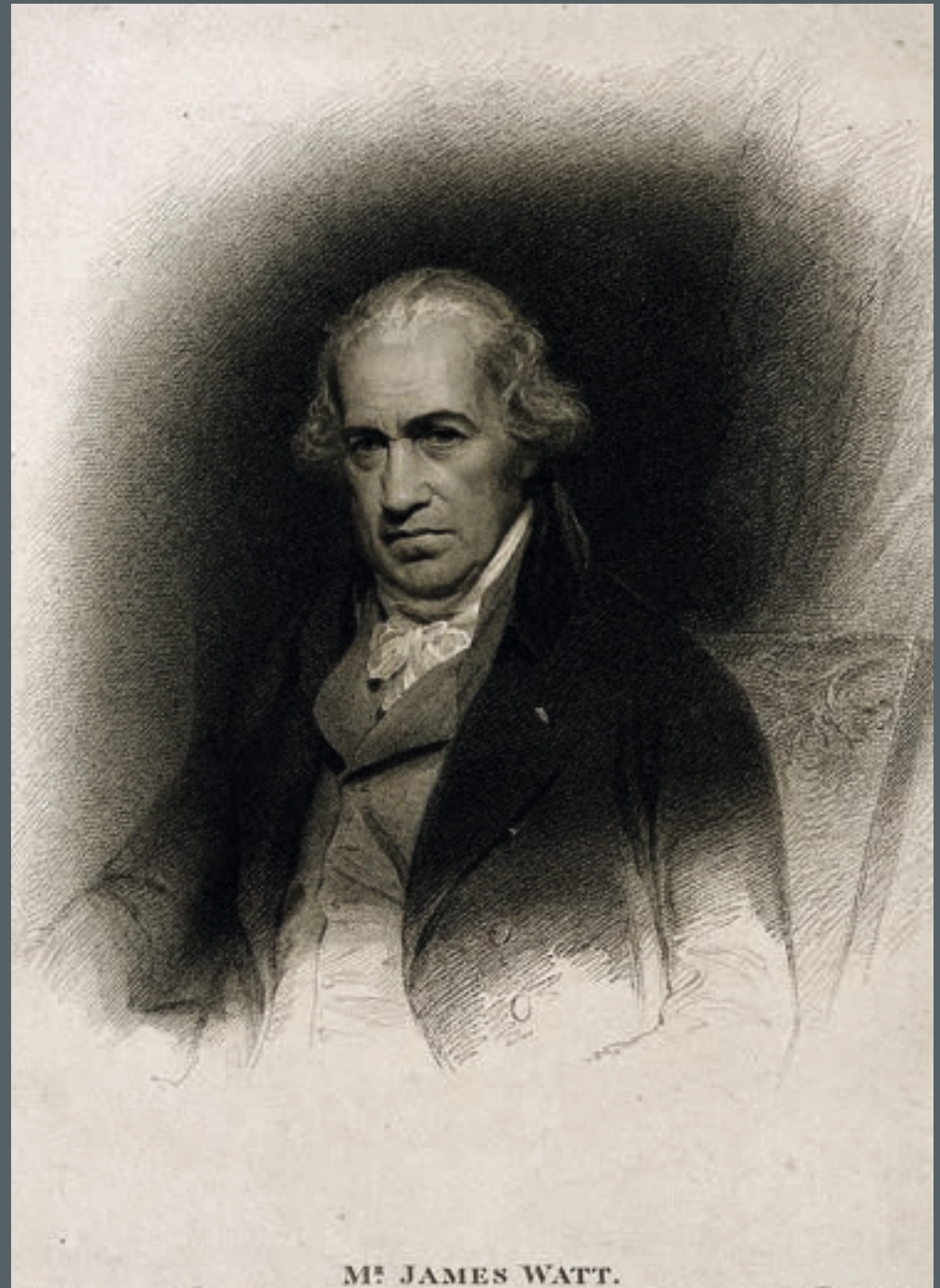
Amerikkalainen kevyt
tuulimylly noin v. 1900.



James Watt

(1736–1819)

Tehoa höyrykoneisiin.
Yhteistyössä Matthew Boultonin kanssa.
Wattin koneen teho
20–100 kilowattia.



Höyrykoneiden aikakausi

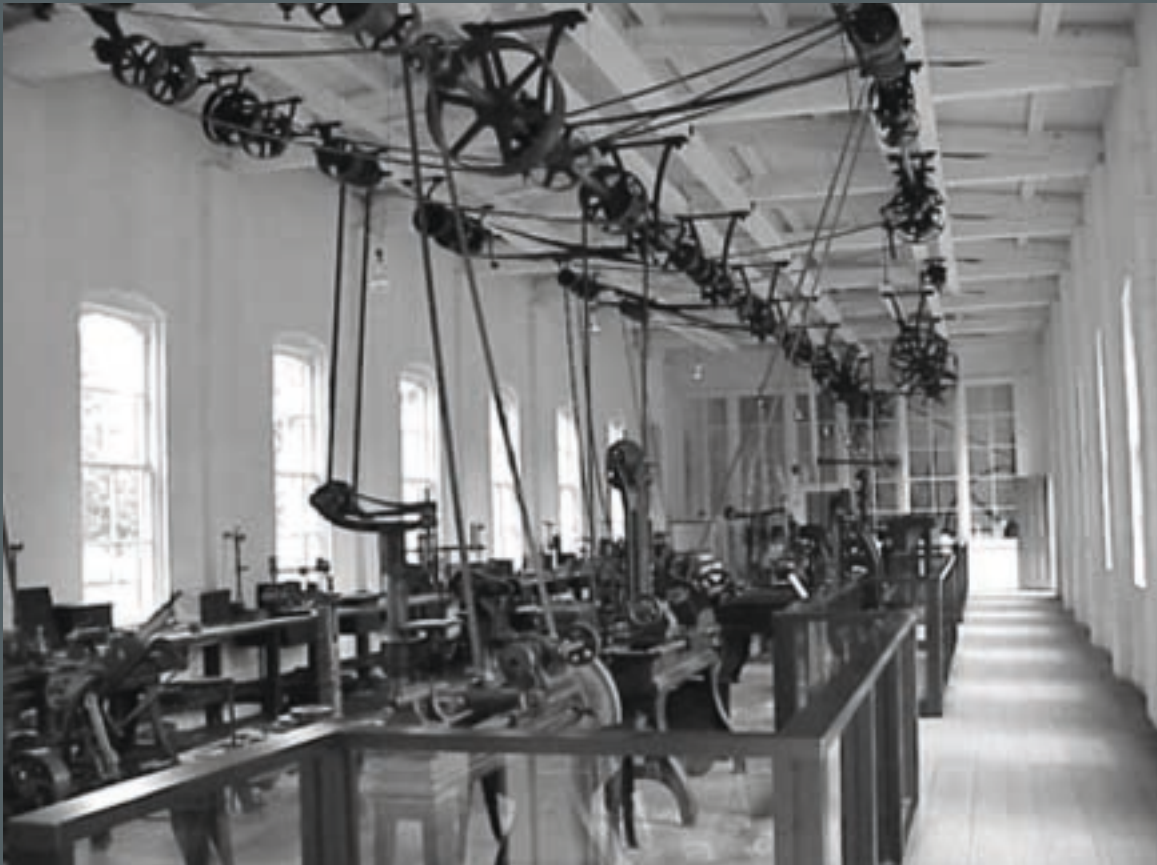
Yksi Wattin
ensimmäisistä
koneista
Old Bess (1777)
pumppasi vettä.
Teho noin
25 kilowattia =
30 hevosen työ.

Esillä Lontoon
tiedemuseossa.



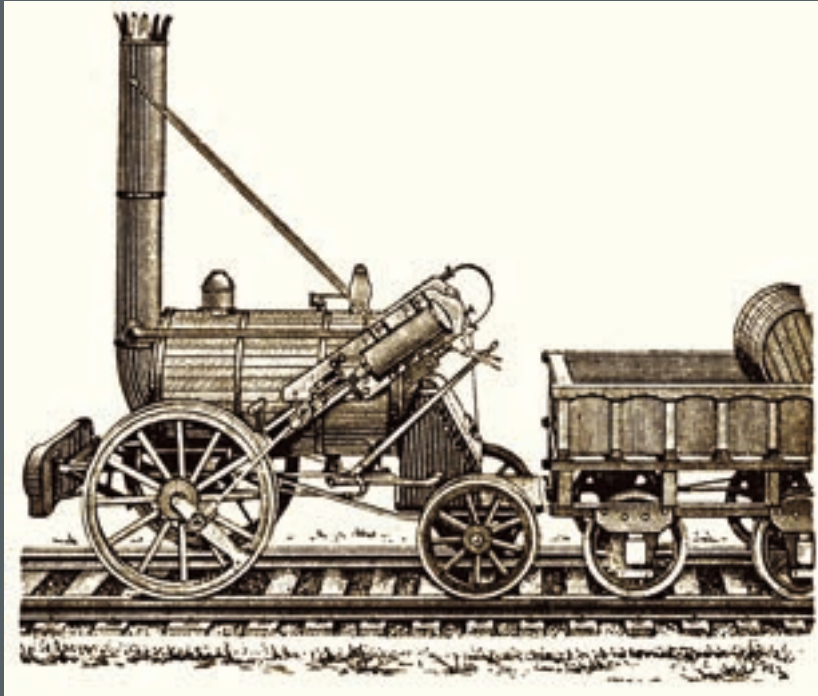
Höyrykone mullisti tehtaan

Yksi höyrykone antoi voiman, joka käytti hihnojen avulla kaikkia laitteita. Tehdas voitiin perustaa minne tahansa (kunhan lähellä oli kivihiiltä).



Höyry mullisti kiskoliikenteen

Raiteilla siirryttiin hevosista höyryvetureihin. Tehot 20 kilowattia (1830 Rocket) –1200 kilowattia (1937 "Ukko-Pekka").



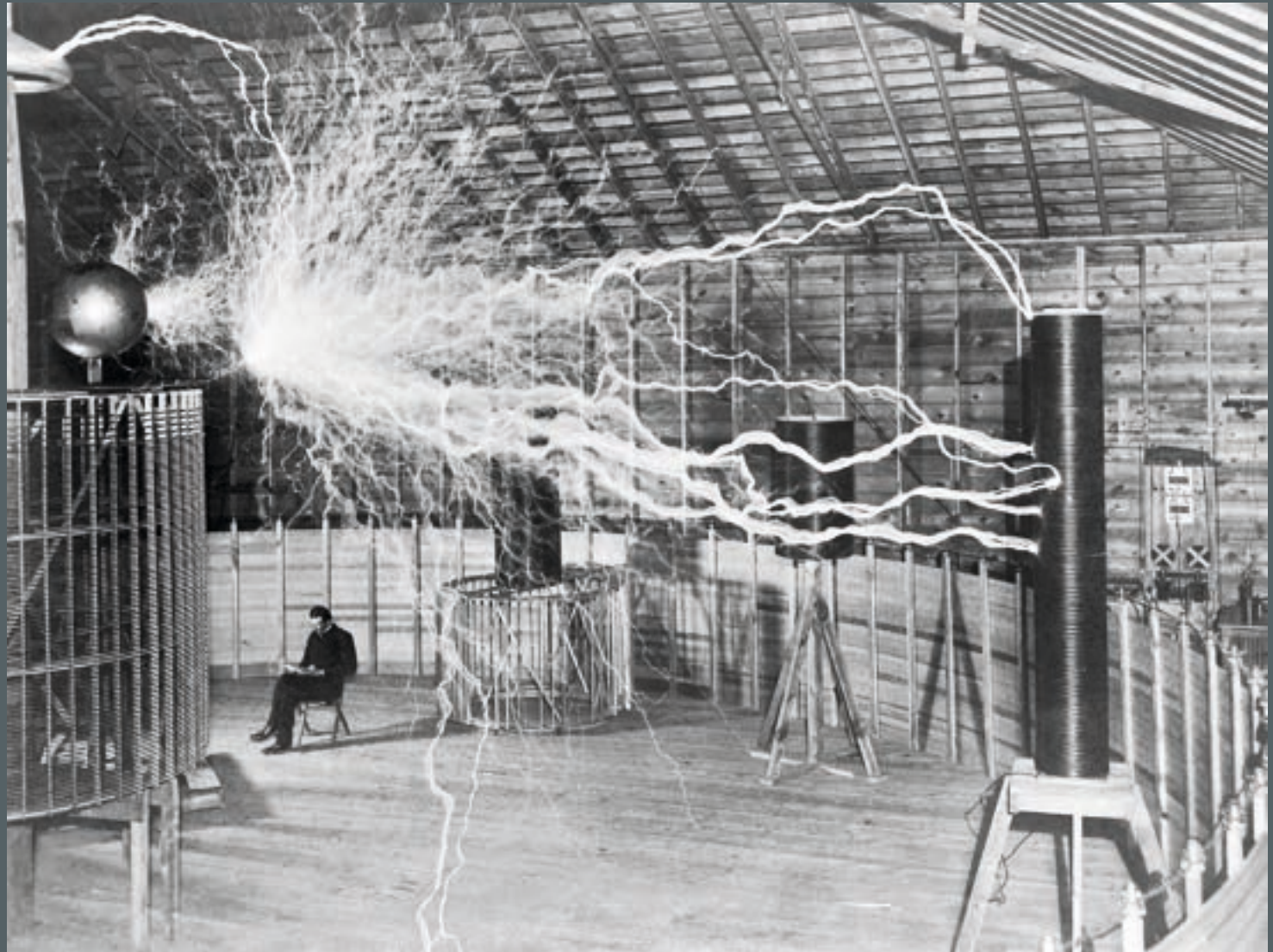
Höyry mullisti laivaliikenteen

Höyrykone korvasi purjeet – Atlantin yli pääsi alle viikossa. Esimerkiksi Titanicin höyrykoneiden teho oli 34 000 kilowattia.



Höyryn jälkeen sähkön aika

”Me kierrämme rautasydämen ympärille sähköjohtoa keloiksi ja ihmetellen ja ihailen huomaamme millaisia outoja voimia voimme saada liikkeelle. Rauta ja johdot käyttäytyvät ikään kuin ne alkaisivat elää.”



Nikola Tesla

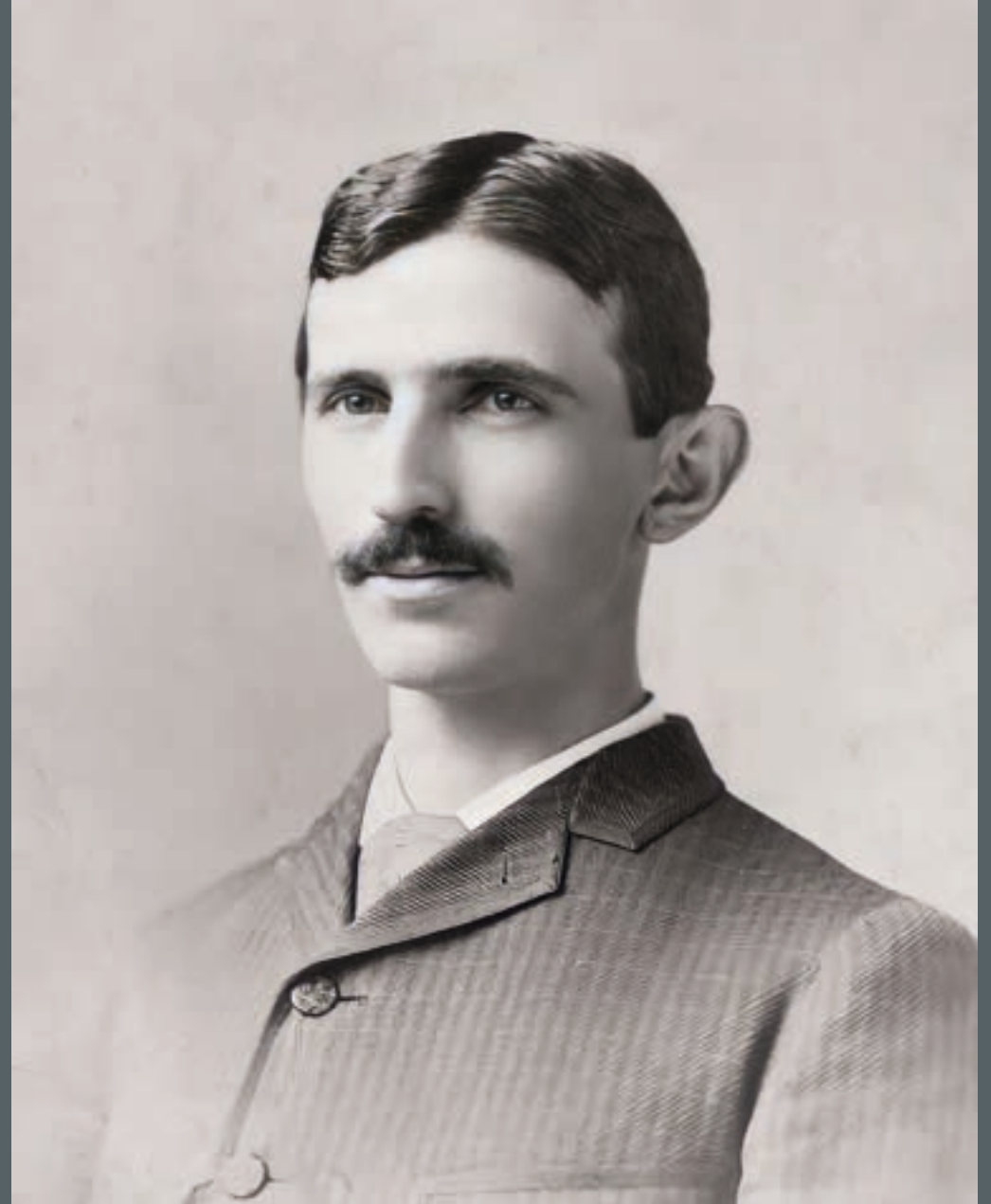
1856–1943

Valokuvamuisti.

Visionääri: kauko-
ohjattava vene, langaton
tiedonsiirto.

Armoitettu showmies:
"kuolemansäde",
ajatusten heijastaminen
seinälle.

Eksentrisen tiedemiehen
perikuva.



Vesiputous tuottaa sähköä

Niagara – Teslan vaihtovirta voitti Edisonin tasavirran.



Toinen teollinen vallankumous

Sähkövoiman
yleinen saatavuus
mullisti
teollisuuden
ja muutti
yhteiskunnan.
Sähkö sopii
kaikkeen
energian-
tarpeeseen:
valo, lämpö,
liike...



Tieliikenteessä sähkö hävisi polttomoottoreille

Kevyet moottorit, suuri teho, edullinen ja energiatiivis polttoaine, jakeluketjun kätevyys...



...mutta on nyt ottamassa voiton

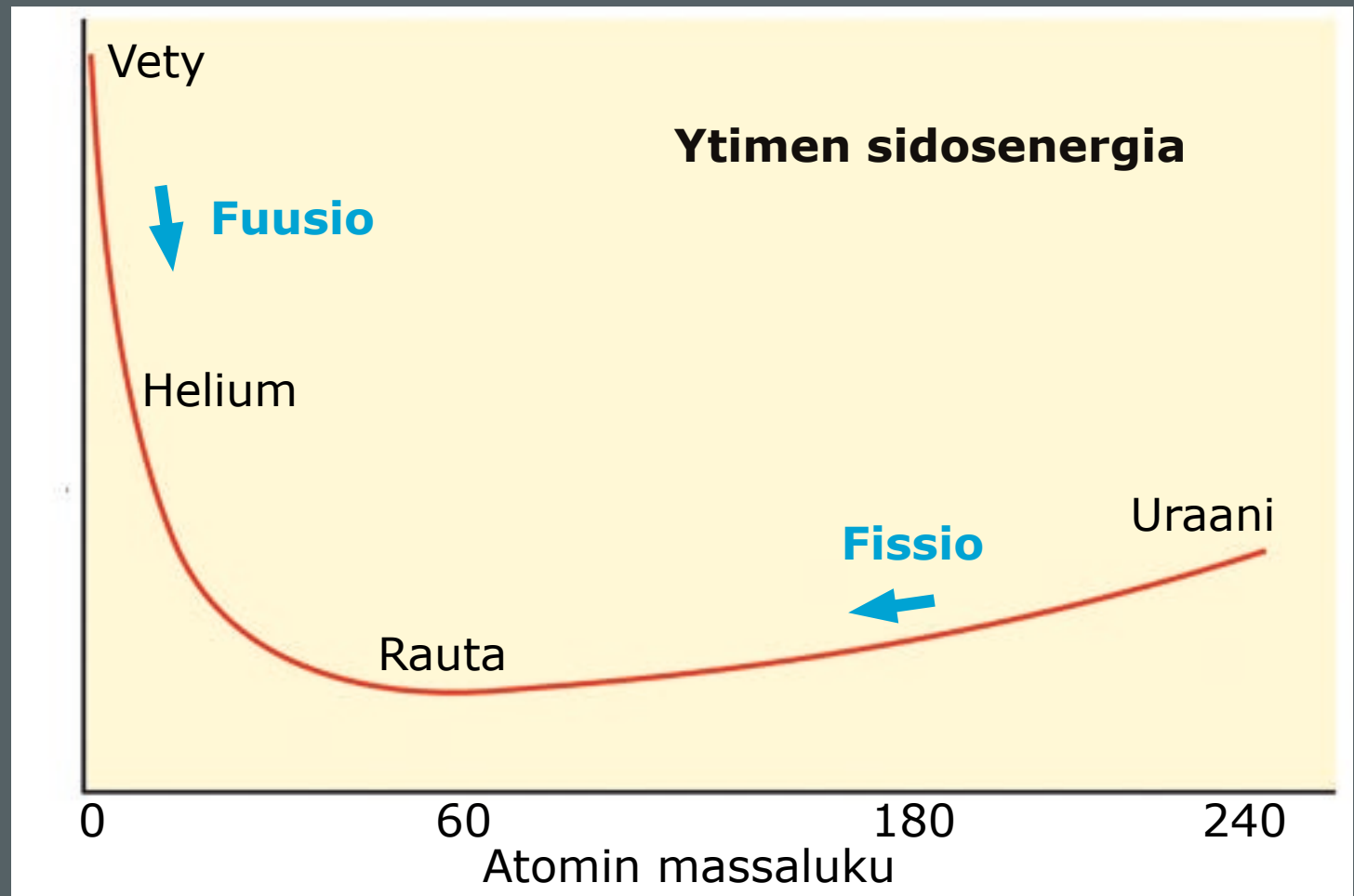
Ilmastonmuutos. Sähkömoottorien ja akkujen kehitys.



Ydinvoima – vahvin kaikista

Aine muuttuu energiaksi Einsteinin tunnetun kaavan $E = mc^2$ mukaan.

”Energialaakso”.
Fuusio = atomit yhtyvät.
Fissio = atomit hajoavat.

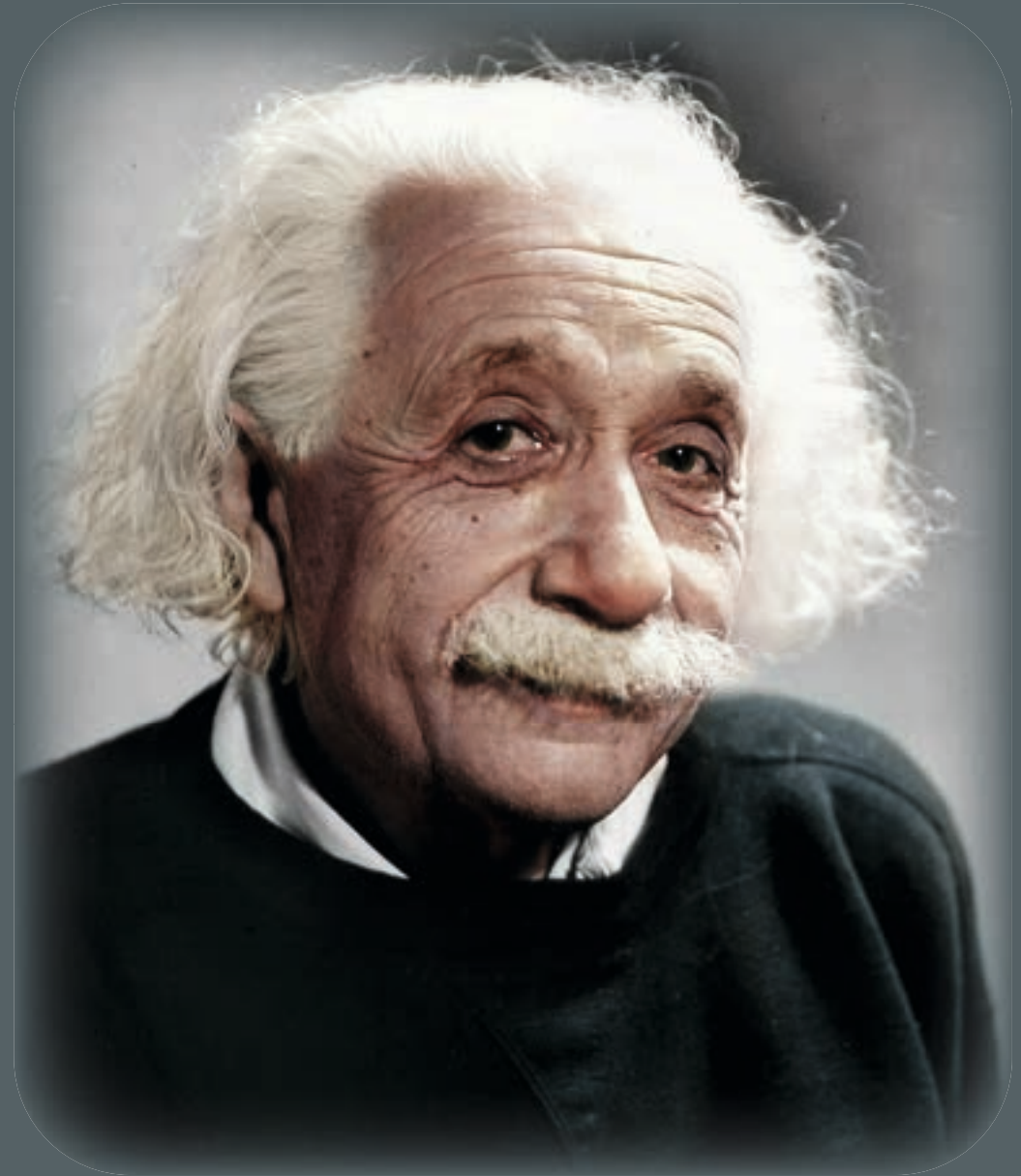


Albert Einstein

1879–1955

1900-luvun tunnetuin
tiedemies:

- kaksi suhteellisuusteoriaa,
- kvanttimekaniikan pioneeri,
- laser ym.



Ydinvoima maapallolla: ydinvoimalat

Olkiluoto 3,
teho 1600
megawattia.

Ydinmoottorit
jäänsärkijöissä,
sukellus-
veneissä...

Tulossa pienet
ydinvoimalat
5–300 MW.



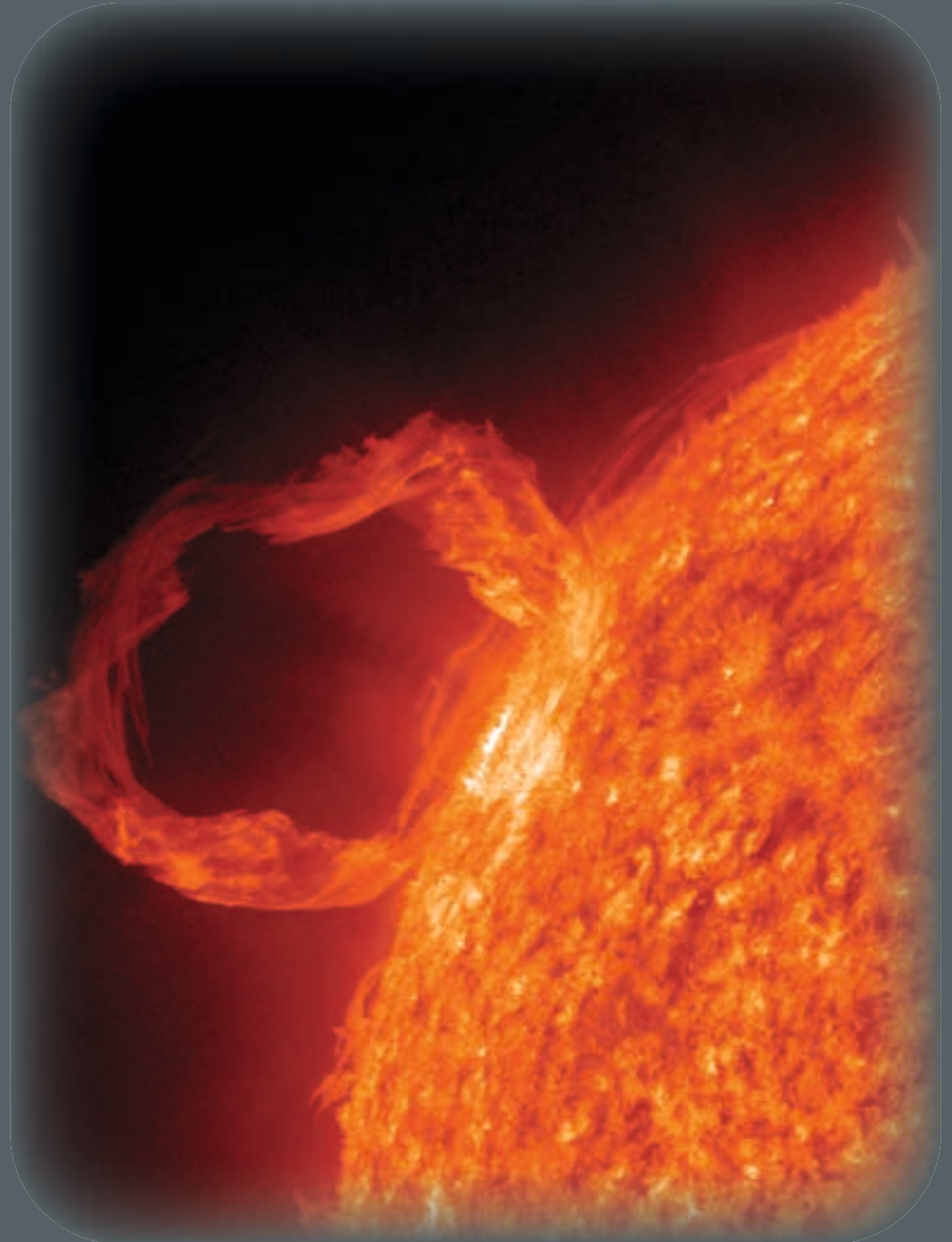
Ydinvoima maapallolla: atomipommi

Lusikankärjellinen
uraania tai plutoniumia
muuttuu energiaksi –
kokonainen kaupunki
tuhoutuu.



Ydinvoima avaruudessa: Aurinko

Auringossa muuttuu
joka sekunti neljä
miljoonaa tonnia
ainetta energiaksi, kun
600 miljoonaa tonnia
vety-ytimiä yhtyy 596
miljoonaksi tonniksi
heliumytimiä.
Teho noin 4×10^{26}
wattia.



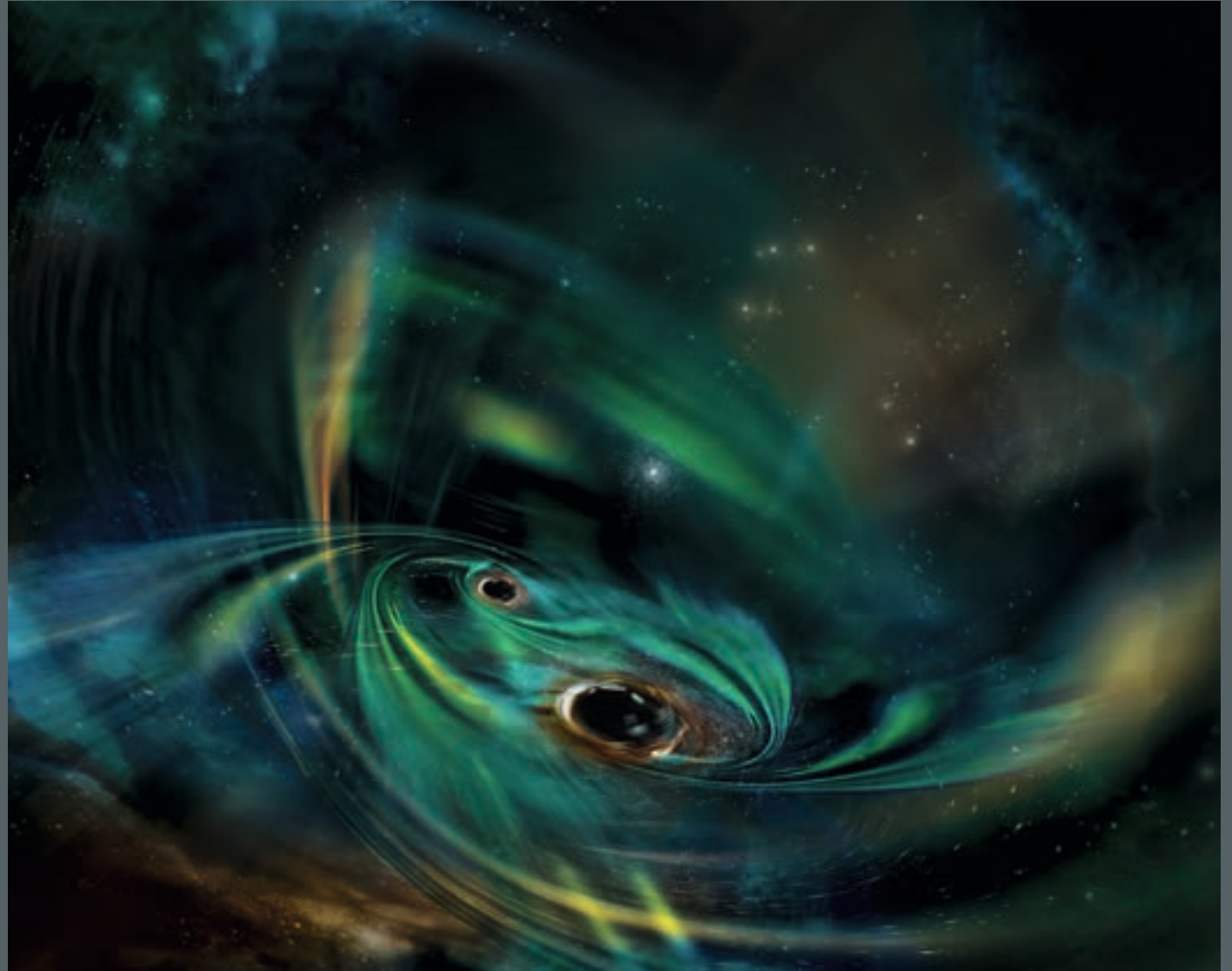
Äärimmäinen energialähde: musta aukko

Kun musta
aukko nielaisee
tähden, tähti
hajoaa ja tähden
massasta jopa
40 % muuttuu
ennen törmäystä
energiaksi
ja säteilee
avaruuteen.



Mustien aukkojen törmäys

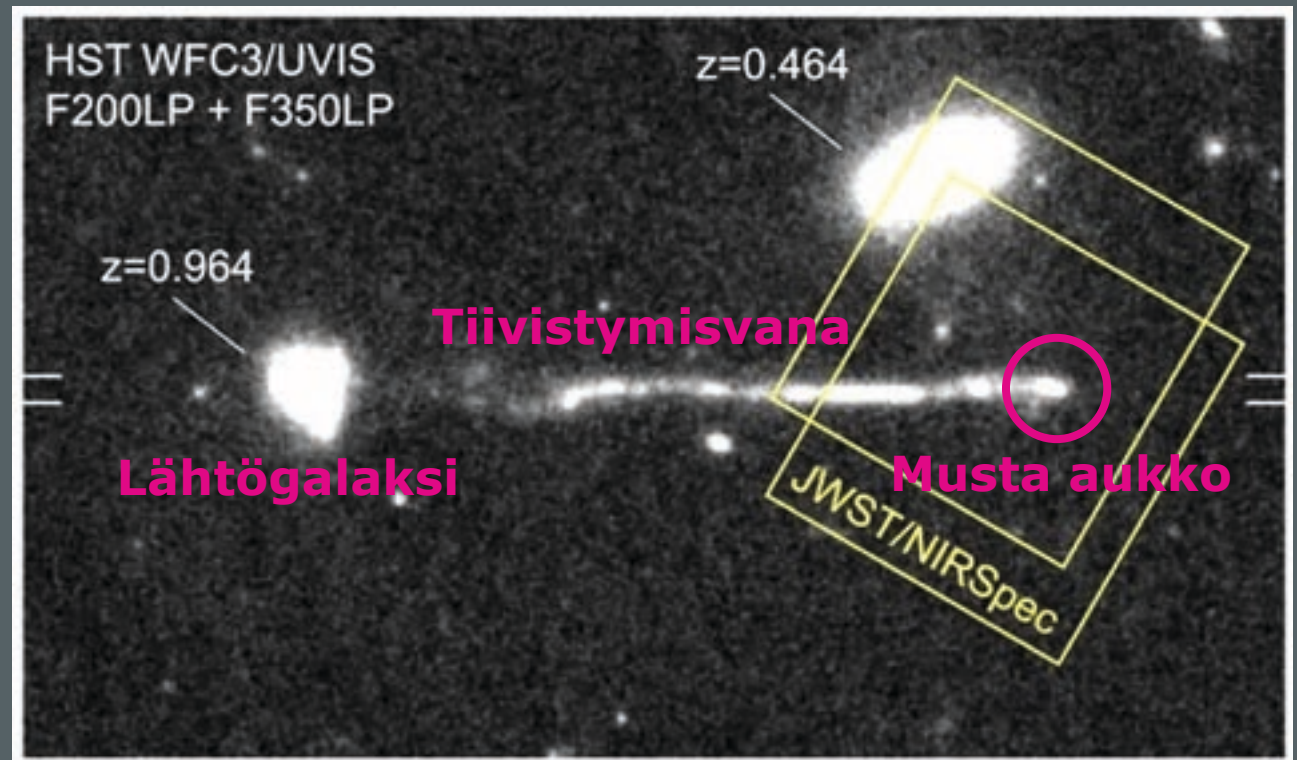
Kahden mustan aukon törmätessä voi usean Auringon verran ainetta muuttua hetkessä energiaksi: lähtöpotku ja gravitaatio-aaltoja.



Uusin havainto: karannut musta aukko

Kaukaisessa
galaksissa.
Etäisyys 8 miljardia
valovuotta.

Nopeus 1000 km/s,
lähti 73 milj. vuotta
sitten, massa yli
10 milj. Auringon
massaa, vanan
pituus 200 000
valovuotta.



Lähteet:

Vaclav Smil (suom. K. Pietiläinen), Energia ja sivilisaatio (Terra Cognita 2019)

Heikki Oja, Fysiikan sankareita (Ursa 2025)

Kuvat:

Jarmo Helle / OpenAI / ChatGPT / DALL·E (1)

Smil, Energia ja sivilisaatio, s. 158 (2)

Smil, Energia ja sivilisaatio, s. 210 (3)

T. Ritti, K. Grewe, P. Kessener, Journal of Roman Archaeology, Vol. 20 (2007), p.148 (4)

Smil, Energia ja sivilisaatio, s. 183 (5)

Wellcome Images (6)

Geni (7)

Hugo Sundström, Finnish Heritage Agency (9 oik.)

National Archives and Records Administration (10)

Wellcome Images / D.V. Alley /Bammesk (11)

RR Auction / Napoleon Sarony, 1885 (12)

Library of Congress/Detroit Publ. Co. (13)

French Energy Regulatory Commission (CRE) (14)

Lokseng01 (15 oik.)

Raysonho @ Open Grid Scheduler / Scalable Grid Engine (16)

National Science Teachers Association (17)

Google/Michael Gorth/Fred Stein (18)

kallerna (19)

NASA (21)

Gemini Observatory/Lynette Cook (22)

NASA Scient. Visualiz. Studio - eMITS/Scott Wiessinger, Univ. Maryland/
Jeanette Kazmierczak, Sonoma State Univ./Aurore Simonnet (23)

Van Dokkum et al. 2025, arXiv:2512.04166 (24)

Japanilainen Komachi-juna, 掬茶 (25)

Muut kuvat: Public Domain

