

Mjerne jedinice

Duje Jerić- Miloš

17. rujna 2024.

Osnovne veličine

► **Vrijeme,**

Osnovne veličine

- ▶ **Vrijeme**, oznaka: t (eng. *time*)

Osnovne veličine

- ▶ **Vrijeme**, oznaka: t (eng. *time*)
- ▶ **Udaljenost**,

Osnovne veličine

- ▶ **Vrijeme**, oznaka: t (eng. *time*)
- ▶ **Udaljenost**, puno različitih oznaka x (to make Elon proud), d (eng. *distance*), l (eng. *length*), h (eng. *height*), s (lat. *spatium*)...

Osnovne veličine

- ▶ **Vrijeme**, oznaka: t (eng. *time*)
- ▶ **Udaljenost**, puno različitih oznaka x (to make Elon proud), d (eng. *distance*), l (eng. *length*), h (eng. *height*), s (lat. *spatium*)...
- ▶ **Masa**,

Osnovne veličine

- ▶ **Vrijeme**, oznaka: t (eng. *time*)
- ▶ **Udaljenost**, puno različitih oznaka x (to make Elon proud), d (eng. *distance*), l (eng. *length*), h (eng. *height*), s (lat. *spatium*)...
- ▶ **Masa**, oznaka m

Osnovne veličine

- ▶ **Vrijeme**, oznaka: t (eng. *time*)
- ▶ **Udaljenost**, puno različitih oznaka x (to make Elon proud), d (eng. *distance*), l (eng. *length*), h (eng. *height*), s (lat. *spatium*)...
- ▶ **Masa**, oznaka m

Osnovne veličine

- ▶ **Vrijeme**, oznaka: t (eng. *time*)
- ▶ **Udaljenost**, puno različitih oznaka x (to make Elon proud), d (eng. *distance*), l (eng. *length*), h (eng. *height*), s (lat. *spatium*)...
- ▶ **Masa**, oznaka m
- ▶ Imamo još (manje bitno za 7. razred) naboj q (quantity [of charge]), množinu/količinu tvari n (eng. *number*), temperaturu T

Osnovne veličine

- ▶ **Vrijeme**, oznaka: t (eng. *time*)
- ▶ **Udaljenost**, puno različitih oznaka x (to make Elon proud), d (eng. *distance*), l (eng. *length*), h (eng. *height*), s (lat. *spatium*)...
- ▶ **Masa**, oznaka m
- ▶ Imamo još (manje bitno za 7. razred) naboj q (quantity [of charge]), množinu/količinu tvari n (eng. *number*), temperaturu T
- ▶ **SVE druge veličine su izvedene iz ovih.**
Npr. brzina = $\frac{\text{udaljenost}}{\text{vrijeme}}$

Sekunda

- ▶ Kako mjeriti vrijeme?

Sekunda

- ▶ Kako mjeriti vrijeme? Pješčani sat, njihalo...

Sekunda

- ▶ Kako mjeriti vrijeme? Pješčani sat, njihalo...
- ▶ **Sekunda** je osnovna mjerna jedinica za vrijeme.

Sekunda

- ▶ Kako mjeriti vrijeme? Pješčani sat, njihalo...
- ▶ **Sekunda** je osnovna mjerna jedinica za vrijeme.
- ▶ Koristimo još minute (min) sate (h, eng. *hour*), dane itd.

Sekunda

- ▶ Kako mjeriti vrijeme? Pješčani sat, njihalo...
- ▶ **Sekunda** je osnovna mjerna jedinica za vrijeme.
- ▶ Koristimo još minute (min) sate (h, eng. *hour*), dane itd.
- ▶ Izvorna definicija: dan (definiran rotacijom Zemlje) \implies
$$h = \frac{1}{24}\text{dan} \implies \text{min} = \frac{1}{60}h \implies s = \frac{1}{60}\text{min}.$$

Sekunda

- ▶ Kako mjeriti vrijeme? Pješčani sat, njihalo...
- ▶ **Sekunda** je osnovna mjerna jedinica za vrijeme.
- ▶ Koristimo još minute (min) sate (h, eng. *hour*), dane itd.
- ▶ Izvorna definicija: dan (definiran rotacijom Zemlje) \implies
$$h = \frac{1}{24}\text{dan} \implies \text{min} = \frac{1}{60}h \implies s = \frac{1}{60}\text{min}.$$
- ▶ Problem: brzina Zemljine rotacije se pomalo mijenja

Sekunda

- ▶ Kako mjeriti vrijeme? Pješčani sat, njihalo...
- ▶ **Sekunda** je osnovna mjerna jedinica za vrijeme.
- ▶ Koristimo još minute (min) sate (h, eng. *hour*), dane itd.
- ▶ Izvorna definicija: dan (definiran rotacijom Zemlje) \implies
$$h = \frac{1}{24}\text{dan} \implies \text{min} = \frac{1}{60}h \implies s = \frac{1}{60}\text{min}.$$
- ▶ Problem: brzina Zemljine rotacije se pomalo mijenja
- ▶ Moderna definicija (atomske sat): $1s = 9\,192\,631\,770$ oscilacija (fotona koje je stvorio elektron Cezijevog atoma pri prelasku između dva hiperfina energetska stanja)

Metar

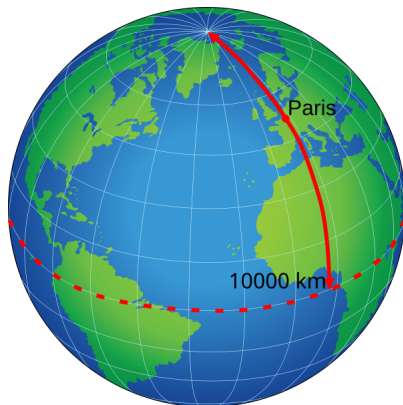
- ▶ Kako mjeriti udaljenost?

Metar

- ▶ Kako mjeriti udaljenost? Štap, dio tijela...
- ▶ **Metar** je osnovna mjerna jedinica za udaljenost.

Metar

- ▶ Kako mjeriti udaljenost? Štap, dio tijela...
- ▶ **Metar** je osnovna mjerna jedinica za udaljenost.
- ▶ Izvorna definicija: 1m je $\frac{1}{10\,000\,000}$ dio četvrtine meridijana kroz Pariz (od sj. pola do ekvatora)



Metar

- ▶ Izmjerimo metar i napravimo štap te duljine ("internacionalni prototip metra")

Metar

- ▶ Izmjerimo metar i napravimo štap te duljine ("internacionalni prototip metra")
- ▶ Problem: duljina štapa ovisi o temperaturi, može se deformirati dok rukujemo s njim, dok oksidira i sl....

Metar

- ▶ Izmjerimo metar i napravimo štap te duljine ("internacionalni prototip metra")
- ▶ Problem: duljina štapa ovisi o temperaturi, može se deformirati dok rukujemo s njim, dok oksidira i sl....
- ▶ Moderna definicija: 1m je udaljenost koju svjetlost u vakuumu prijeđe u $\frac{1}{299\,792\,458}$ dijelu sekunde.

Kilogram

- ▶ **Kilogram** je osnovna mjerna jedinica za masu

Kilogram

- ▶ **Kilogram** je osnovna mjerna jedinica za masu (**kilo**gram, a ne gram!)
- ▶ Izvorna definicija: 1kg je masa 1L vode. ($1\text{L} = 1\text{dm}^3$)

Kilogram

- ▶ **Kilogram** je osnovna mjerna jedinica za masu (**kilogram**, a ne gram!)
- ▶ Izvorna definicija: 1kg je masa 1L vode. ($1\text{L} = 1\text{dm}^3$)
- ▶ Problem: nečistoće utječu na masu, tekućine se šire na različitim temperaturama.

Kilogram

- ▶ **Kilogram** je osnovna mjerna jedinica za masu (**kilogram**, a ne gram!)
- ▶ Izvorna definicija: 1kg je masa 1L vode. ($1\text{L} = 1\text{dm}^3$)
- ▶ Problem: nečistoće utječu na masu, tekućine se šire na različitim temperaturama.
- ▶ Moderna definicija?

Kilogram

- ▶ **Kilogram** je osnovna mjerna jedinica za masu (**kilogram**, a ne gram!)
- ▶ Izvorna definicija: 1kg je masa 1L vode. ($1\text{L} = 1\text{dm}^3$)
- ▶ Problem: nečistoće utječu na masu, tekućine se šire na različitim temperaturama.
- ▶ Moderna definicija?
Ideja: ako definiramo Joule (jedinicu za energiju) onda iz toga dobijemo kilograme $J = \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$

Kilogram

- ▶ **Kilogram** je osnovna mjerna jedinica za masu (**kilogram**, a ne gram!)
- ▶ Izvorna definicija: 1kg je masa 1L vode. ($1\text{L} = 1\text{dm}^3$)
- ▶ Problem: nečistoće utječu na masu, tekućine se šire na različitim temperaturama.
- ▶ Moderna definicija?
Ideja: ako definiramo Joule (jedinicu za energiju) onda iz toga dobijemo kilograme $J = \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$
Najmanja energija elektromag. polja koje oscilira jednom u sekundi (1Hz) je Planckova konstanta. Kilogram je definiran tako da ona iznosi $6.62607015 \cdot 10^{-34} \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$.

Prefiksi

Prefiks	Numerička vrijednost
micro (μ)	10^{-6}
milli (m)	10^{-3}
centi (c)	10^{-2}
deci (d)	10^{-1}
deca (da)	10^1
hecto (h)	10^2
kilo (k)	10^3
mega (M)	10^6

Prefiksi

Prefiks	Numerička vrijednost
micro (μ)	10^{-6}
milli (m)	10^{-3}
centi (c)	10^{-2}
deci (d)	10^{-1}
deca (da)	10^1
hecto (h)	10^2
kilo (k)	10^3
mega (M)	10^6

► $2\text{km} = 2 \cdot 1000\text{m} = 2000\text{m}$

Prefiksi

Prefiks	Numerička vrijednost
micro (μ)	10^{-6}
milli (m)	10^{-3}
centi (c)	10^{-2}
deci (d)	10^{-1}
deca (da)	10^1
hecto (h)	10^2
kilo (k)	10^3
mega (M)	10^6

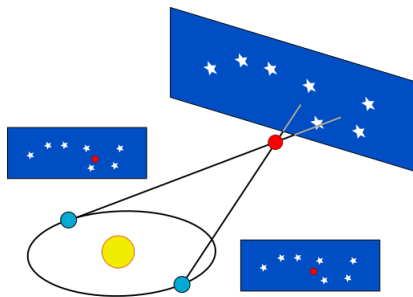
- ▶ $2\text{km} = 2 \cdot 1000\text{m} = 2000\text{m}$
- ▶ $2\text{mm} = 2 \cdot \frac{1}{1000}\text{m} = 0.002\text{m}$

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

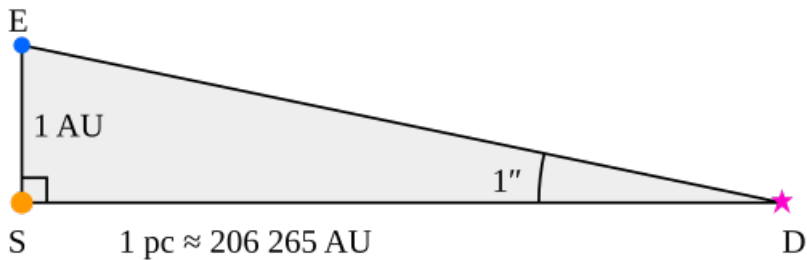
- ▶ Astronomska jedinica (AU, eng. *astronomical unit*): srednja udaljenost Zemlje od Sunca.

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

- ▶ Astronomska jedinica (AU, eng. *astronomical unit*): srednja udaljenost Zemlje od Sunca.
- ▶ Parsek (pc): udaljenost na kojoj zvijezda ima paralaksu od 1 (lučne) sekunde kada Zemlja ode na suprotnu stranu svoje orbite.



Vrlo velike udaljenosti (dodatno)



Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

- ▶ Svjetlosna godina (ly, eng. *light year*) udaljenost koju svjetlost prijeđe u godini dana. 1pc je otprilike 3.26ly

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

- ▶ Svjetlosna godina (ly, eng. *light year*) udaljenost koju svjetlost prijeđe u godini dana. 1pc je otprilike 3.26ly
- ▶ Xtremno velike udaljenosti? Problem: svjetlost putuje konačnom brzinom, a svemir se širi.

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

- ▶ Svjetlosna godina (ly, eng. *light year*) udaljenost koju svjetlost prijeđe u godini dana. 1pc je otprilike 3.26ly
- ▶ Xtremno velike udaljenosti? Problem: svjetlost putuje konačnom brzinom, a svemir se širi. Udaljenost do daleke galaksije? Koja?

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

- ▶ Svjetlosna godina (ly, eng. *light year*) udaljenost koju svjetlost prijeđe u godini dana. 1pc je otprilike 3.26ly
- ▶ Xtremno velike udaljenosti? Problem: svjetlost putuje konačnom brzinom, a svemir se širi. Udaljenost do daleke galaksije? Koja?
 1. Trenutna (...postoji li sada galaksija)?

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

- ▶ Svjetlosna godina (ly, eng. *light year*) udaljenost koju svjetlost prijeđe u godini dana. 1pc je otprilike 3.26ly
- ▶ Xtremno velike udaljenosti? Problem: svjetlost putuje konačnom brzinom, a svemir se širi. Udaljenost do daleke galaksije? Koja?
 1. Trenutna (...postoji li sada galaksija)?
 2. Kada je svjetlost krenula i svemir je bio manji (...je li postojala tada Zemlja)?

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

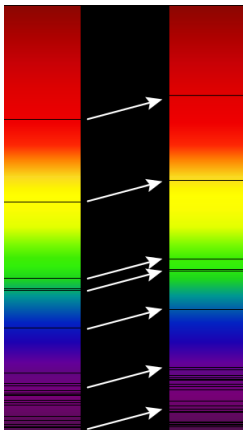
- ▶ Svjetlosna godina (ly, eng. *light year*) udaljenost koju svjetlost prijeđe u godini dana. 1pc je otprilike 3.26ly
- ▶ Xtremno velike udaljenosti? Problem: svjetlost putuje konačnom brzinom, a svemir se širi. Udaljenost do daleke galaksije? Koja?
 1. Trenutna (...postoji li sada galaksija)?
 2. Kada je svjetlost krenula i svemir je bio manji (...je li postojala tada Zemlja)?
 3. Koju je svjetlost prošla?

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

- ▶ Svjetlosna godina (ly, eng. *light year*) udaljenost koju svjetlost prijeđe u godini dana. 1pc je otprilike 3.26ly
- ▶ Xtremno velike udaljenosti? Problem: svjetlost putuje konačnom brzinom, a svemir se širi. Udaljenost do daleke galaksije? Koja?
 1. Trenutna (...postoji li sada galaksija)?
 2. Kada je svjetlost krenula i svemir je bio manji (...je li postojala tada Zemlja)?
 3. Koju je svjetlost prošla?
- ▶ Rješenje: Svjetlost je zbog širenja svemira pomaknuta u crveno (redshift). Samo kaži redshift z i nemoj previše razmišljati o tome. Najveći izmjereni je $z = 14.32$ za galaksiju JADES-GS-z14-0 (JWST, 2024).

Vrlo velike udaljenosti (dodatno)

Pomak u crveno mjerimo iz spektralnih linija (znamo gdje one trebaju biti jer ih možemo mjeriti na Zemlji):



Površina

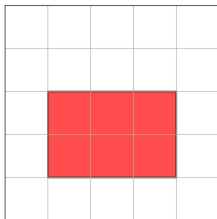
- ▶ Površina pravokutnika: širina · dužina. Mjerna jedinica:
 $m \cdot m = m^2$.

Površina

- ▶ Površina pravokutnika: širina · dužina. Mjerna jedinica:
 $m \cdot m = m^2$.
- ▶ $1m^2$ = površina kvadrata stranica duljine 1m.

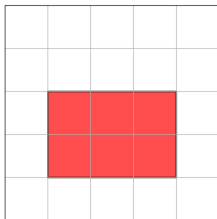
Površina

- ▶ Površina pravokutnika: širina \cdot dužina. Mjerna jedinica:
 $m \cdot m = m^2$.
- ▶ $1m^2 =$ površina kvadrata stranica duljine 1m.
- ▶ Kolika je površina (svaki kvadratić je površine $1m^2$)?



Površina

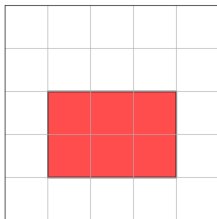
- ▶ Površina pravokutnika: širina \cdot dužina. Mjerna jedinica: $m \cdot m = m^2$.
- ▶ $1m^2 =$ površina kvadrata stranica duljine 1m.
- ▶ Kolika je površina (svaki kvadratić je površine $1m^2$)?



- ▶ Koliko ima dm^2 u m^2 ?

Površina

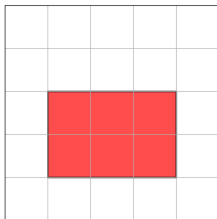
- ▶ Površina pravokutnika: širina \cdot dužina. Mjerna jedinica: $m \cdot m = m^2$.
- ▶ $1m^2 =$ površina kvadrata stranica duljine 1m.
- ▶ Kolika je površina (svaki kvadratić je površine $1m^2$)?



- ▶ Koliko ima dm^2 u m^2 ?
- ▶ Algebarski: $1m^2 = 1m \cdot 1m = 10dm \cdot 10dm = 100dm^2$.

Površina

- ▶ Površina pravokutnika: širina \cdot dužina. Mjerna jedinica: $m \cdot m = m^2$.
- ▶ $1m^2 =$ površina kvadrata stranica duljine 1m.
- ▶ Kolika je površina (svaki kvadratić je površine $1m^2$)?



- ▶ Koliko ima dm^2 u m^2 ?
- ▶ Algebarski: $1m^2 = 1m \cdot 1m = 10dm \cdot 10dm = 100dm^2$.
- ▶ Koliko puta kvadrat sa stranicama duljine 2m ima veću površinu od kvadrata sa stranicama duljine 1m?

Volumen

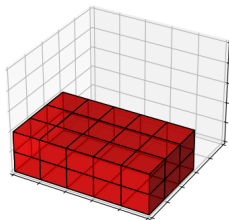
- ▶ Volumen kvadra: širina · dužina · visina. Mjerna jedinica:
 $m \cdot m \cdot m = m^3$.

Volumen

- ▶ Volumen kvadra: širina · dužina · visina. Mjerna jedinica:
 $m \cdot m \cdot m = m^3$.
- ▶ $1m^3 =$ volumen kocke stranica duljine 1m.

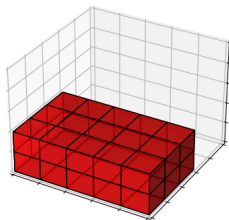
Volumen

- ▶ Volumen kvadra: širina · dužina · visina. Mjerna jedinica:
 $m \cdot m \cdot m = m^3$.
- ▶ $1m^3 =$ volumen kocke stranica duljine 1m.
- ▶ Koliki je volumen (svaka kockica je volumena $1m^3$)?



Volumen

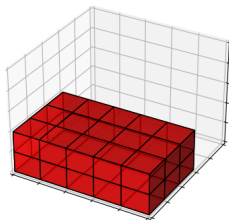
- ▶ Volumen kvadra: širina · dužina · visina. Mjerna jedinica:
 $m \cdot m \cdot m = m^3$.
- ▶ $1m^3 =$ volumen kocke stranica duljine 1m.
- ▶ Koliki je volumen (svaka kockica je volumena $1m^3$)?



- ▶ Koliko ima dm^3 u m^3 ?

Volumen

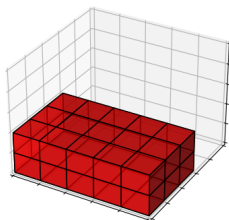
- ▶ Volumen kvadra: širina · dužina · visina. Mjerna jedinica: $m \cdot m \cdot m = m^3$.
- ▶ $1m^3 =$ volumen kocke stranica duljine 1m.
- ▶ Koliki je volumen (svaka kockica je volumena $1m^3$)?



- ▶ Koliko ima dm^3 u m^3 ?
- ▶ Algebarski:
 $1m^3 = 1m \cdot 1m \cdot 1m = 10dm \cdot 10dm \cdot 10dm = 1000dm^3$.

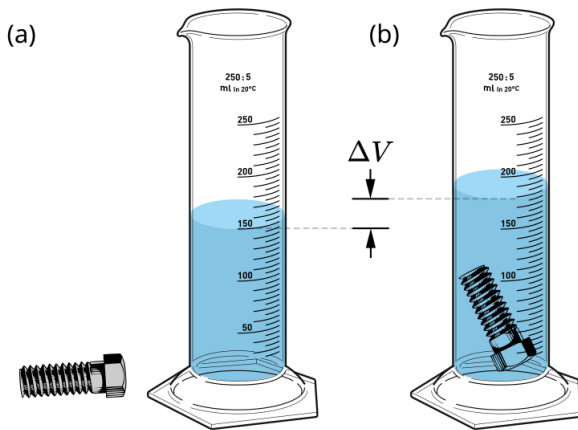
Volumen

- ▶ Volumen kvadra: širina · dužina · visina. Mjerna jedinica:
 $m \cdot m \cdot m = m^3$.
- ▶ $1m^3 =$ volumen kocke stranica duljine 1m.
- ▶ Koliki je volumen (svaka kockica je volumena $1m^3$)?



- ▶ Koliko ima dm^3 u m^3 ?
- ▶ Algebarski:
 $1m^3 = 1m \cdot 1m \cdot 1m = 10dm \cdot 10dm \cdot 10dm = 1000dm^3$.
- ▶ Koliko puta kocka sa stranicama duljine 2m ima veću površinu od kocke sa stranicama duljine 1m?

Volumen nepravilnih tijela



Gustoća

- ▶ Što je teže: drvo ili olovo?

Gustoća

- ▶ Što je teže: drvo ili olovo?
- ▶ Trik pitanje! (uzmi olovnu brokvu i stablo)

Gustoća

- ▶ Što je teže: drvo ili olovo?
- ▶ Trik pitanje! (uzmi olovnu brokvu i stablo)
- ▶ Što je teže: 1m^3 olova ili 1m^3 drva?

Gustoća

- ▶ Što je teže: drvo ili olovo?
- ▶ Trik pitanje! (uzmi olovnu brokvu i stablo)
- ▶ Što je teže: 1m^3 olova ili 1m^3 drva?
- ▶ Olovo je **gušće** (više mase u metru kubnom).

Gustoća

- ▶ Što je teže: drvo ili olovo?
- ▶ Trik pitanje! (uzmi olovnu brokvu i stablo)
- ▶ Što je teže: 1m^3 olova ili 1m^3 drva?
- ▶ Olovo je **gušće** (više mase u metru kubnom).
- ▶ Ne moramo imati tijelo građeno od jednog materijala.

Gustoća

- ▶ Što je teže: drvo ili olovo?
- ▶ Trik pitanje! (uzmi olovnu brokvu i stablo)
- ▶ Što je teže: 1m^3 olova ili 1m^3 drva?
- ▶ Olovo je **gušće** (više mase u metru kubnom).
- ▶ Ne moramo imati tijelo građeno od jednog materijala. Što je gušće: čaša s vodom ili prazna čaša (čaša sa "zrakom")?

Gustoća

- ▶ Što je teže: drvo ili olovo?
- ▶ Trik pitanje! (uzmi olovnu brokvu i stablo)
- ▶ Što je teže: 1m^3 olova ili 1m^3 drva?
- ▶ Olovo je **gušće** (više mase u metru kubnom).
- ▶ Ne moramo imati tijelo građeno od jednog materijala. Što je gušće: čaša s vodom ili prazna čaša (čaša sa "zrakom")?
- ▶ Gustoća tijela: $\rho = \frac{m}{V}$. Mjerimo je u kg po m^3 (ili g po cm^3)

Gustoća

Gustoću možemo koristiti za razlikovanje materijala. Sljedeće gustoće su izmjerene na temperaturi od 20C (Kako tijelo zagrijavamo, tako se ono širi pa gustoća opada).

Materijal	Gustoća / $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Voda	1000
Grafit	2267
Dijamant	3513
Aluminij	2700
Željezo	7860
Bakar	8960
Srebro	10490
Olovo	11348
Zlato	19283

Pretvorbe mjernih jedinica

Primjeri na ploči.

Zadatci u radnoj bilježnici.