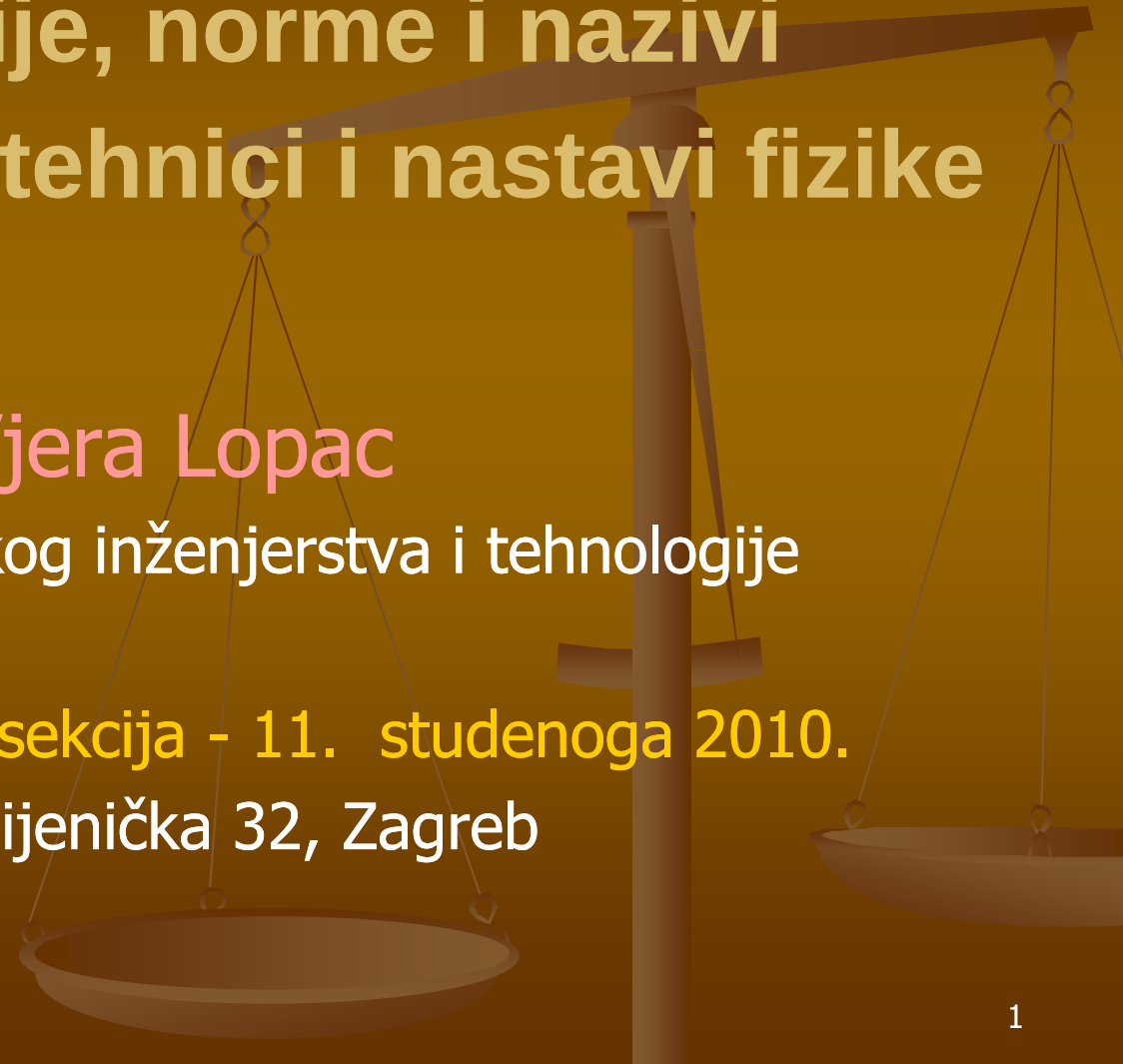


Sila teža i teškoće s težinom – definicije, norme i nazivi u znanosti, tehnici i nastavi fizike



Vjera Lopac

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

HFD - Nastavna sekcija - 11. studenoga 2010.

PMF, Bijenička 32, Zagreb

Sadržaj

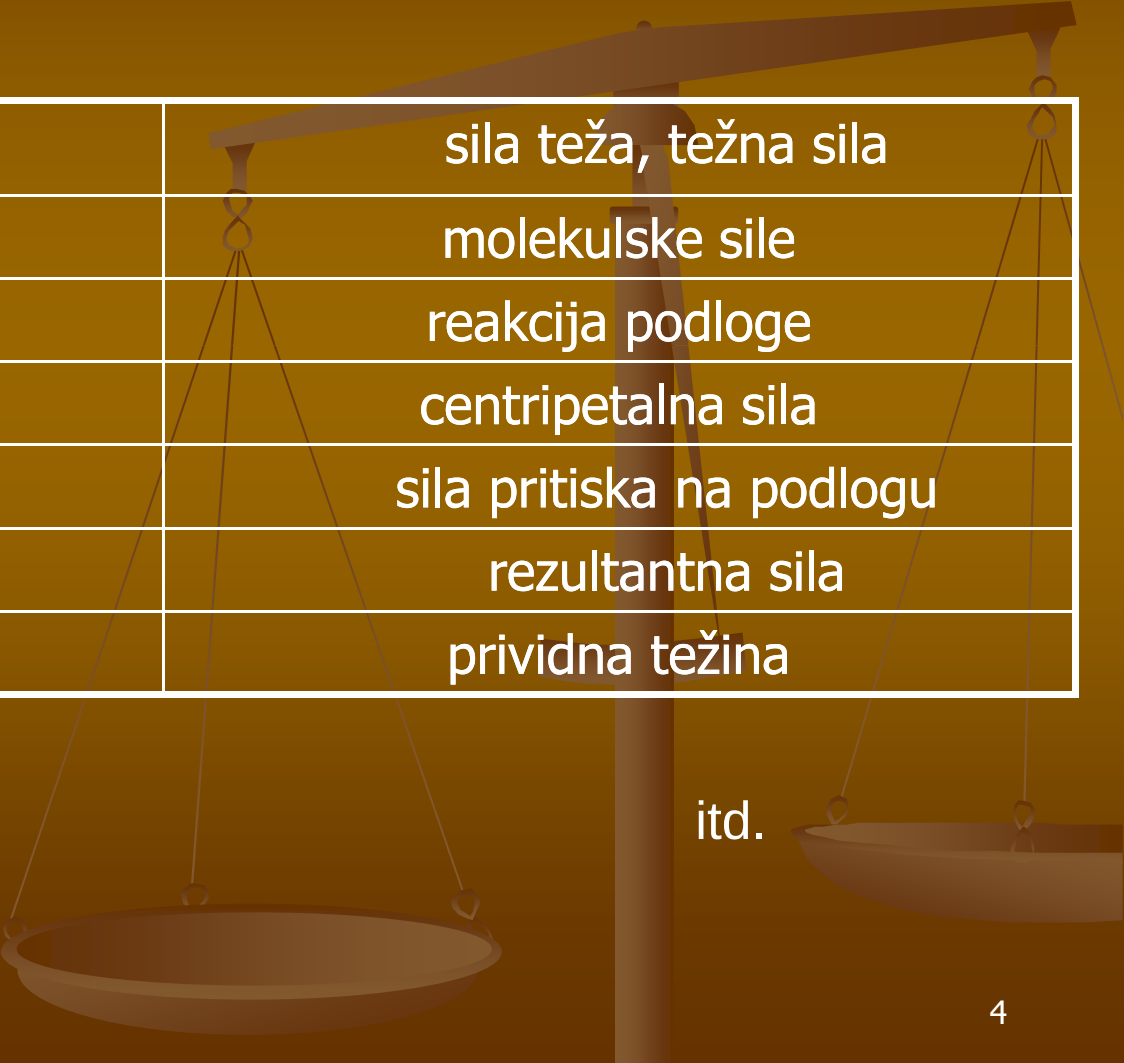
- Težina – brojne interpretacije i definicije, potreba za dogovorom
- Međunarodne norme i dogovori – razvoj definicija pojma težine
- Podrijetlo različitih koncepcija – opsežno istraživanje literature
- Glavni izvori nesporazuma - položaj motritelja i uloga uzgona
- Različite koncepcije u nastavi – službeni dokumenti i udžbenici
- Prednosti i mane postojećih definicija – istraživanje nastavne prakse
- Istraživanje među nastavnicima i autorima – zadatci i mišljenja
- Potpuna definicija – usklađeno rješenje, prijedlozi za primjenu
- Važnost nazivlja u fizici – ključna uloga u nastavi i znanosti

Značenje naziva “težina” u fizici

- Riječ **TEŽINA**:
- Često se rabi u svakodnevnom govoru
- - u raznim značenjima.
- Mnoge druge riječi - sila, energija, snaga, ...
- - u fizici imaju točno određen smisao.
- Težina tijela - posebno u nastavi fizike:
- - postoje **razne predodžbe, tumačenja i definicije**
- Postoje **dvije osnovne koncepcije**, ali i mnogo drugih tumačenja, u kojima se spominju:

SILE

koje se spominju ili podrazumijevaju pri uvođenju "težine" su:

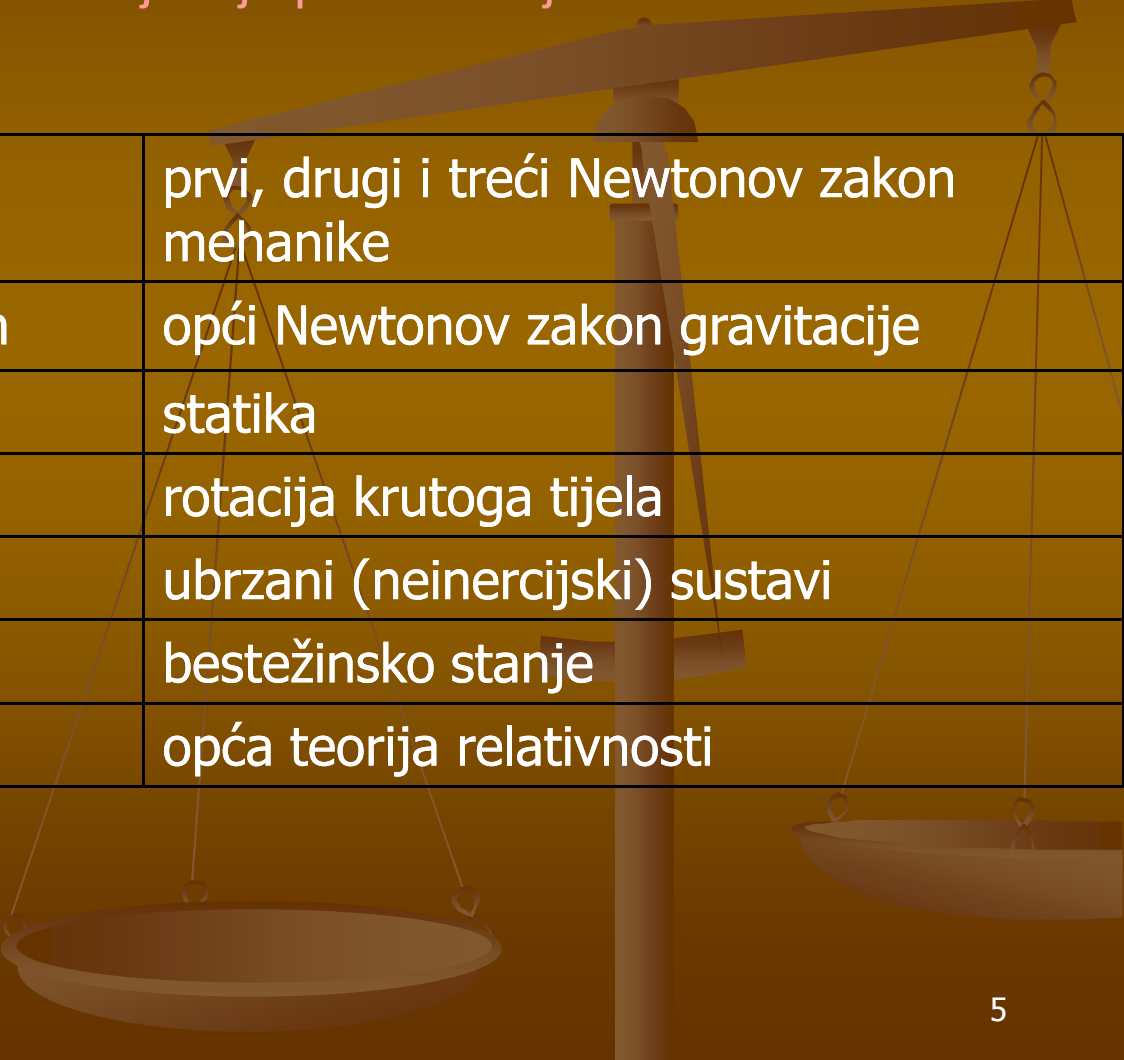


gravitacijska sila	sila teža, težna sila
elastična sila	molekulske sile
normalna sila	reakcija podloge
centrifugalna sila	centripetalna sila
inercijske sile	sila pritiska na podlogu
sila uzgona	rezultantna sila
sila teretnica	prividna težina

itd.

FIZIKALNE POJAVE I ZAKONI

koji se spominju ili podrazumijevaju pri uvođenju “težine” su:



jednoliko ubrzano gibanje, slobodni pad	prvi, drugi i treći Newtonov zakon mehanike
zakon opruge, Hookeov zakon	opći Newtonov zakon gravitacije
Arhimedov zakon	statika
zakon poluge	rotacija krutoga tijela
teška i troma masa	ubrzani (neinercijski) sustavi
načelo ekvivalencije	bestežinsko stanje
specijalna teorija relativnosti	opća teorija relativnosti

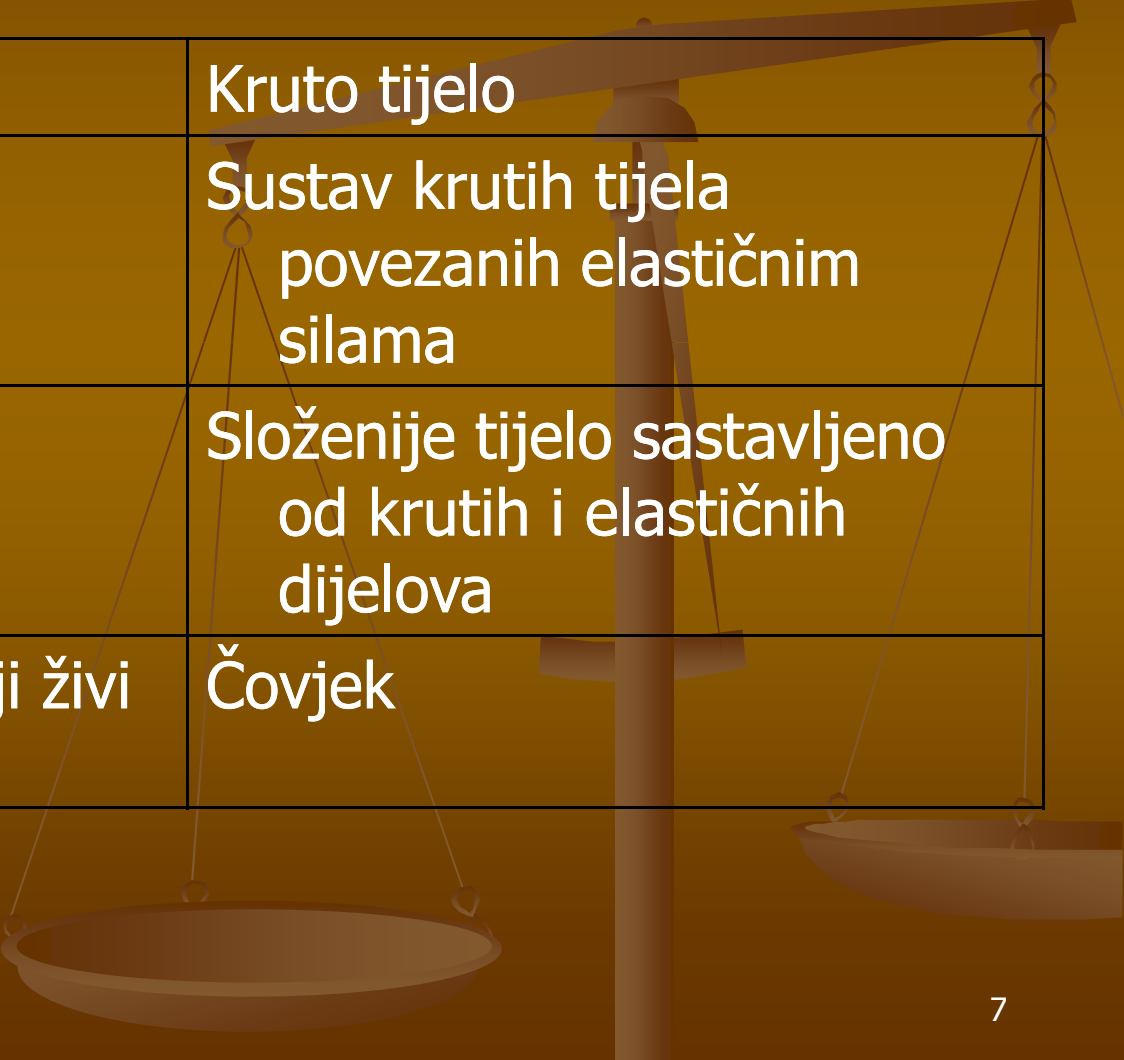
FIZIKALNE VELIČINE, UREĐAJI I MJERENJA

koji se spominju ili podrazumijevaju pri uvođenju “težine” su:

masa	gustoća
tlak	moment sile
gravitacijsko polje	akceleracija slobodnoga pada
opružne vage	polužne vage
utezi	vaganje
mjerjenje akceleracije slobodnoga pada	mjerjenje akceleracije sile teže
mjerjenje mase	mjerjenje težine



"TEŽINA TIJELA": što je "tijelo"?

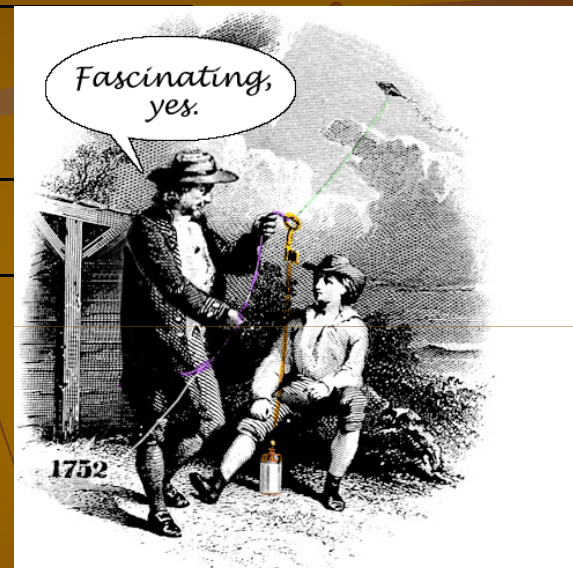


Materijalna točka	Kruto tijelo
Elastično tijelo	Sustav krutih tijela povezanih elastičnim silama
Idealni ili realni fluid	Složenije tijelo sastavljeno od krutih i elastičnih dijelova
Jednostavniji ili složeniji živi organizam	Čovjek

POLOŽAJ MOTRITELJA ..

... bitan podatak pri definiciji i računanju težine

motritelj miruje na površini Zemlje
ili drugog astronomskeg objekta



motritelj je vezan uz tijelo
koje se giba, ili je sam to tijelo

<http://www.codecheck.com/cc/BenAndTheKite.html#Redwood>

<http://www.cloud9living.com/las-vegas/weightless-flight>

Potreban dogovor!

- Ako svaki autor pod težinom misli na nešto drugo, onda dolazi do zbrke i sam naziv prestaje biti upotrebljiv. Predlažu se dvije mogućnosti:
- a) da se naziv težina potpuno izbací iz uporabe, ili
- b) da se značenje riječi “težina” **utvrdi međunarodnim dogovorom**, koji će vrijediti u svim prirodnim znanostima, nastavi i tehničkim primjenama
- Još polovinom 19. stoljeća trebalo je riješiti uočene nejasnoće u vezi s temeljnom veličinom masom i njezinom jedinicom kilogramom, kilogram se upotrebljavao
 - kao jedinica za masu,
 - ali i kao jedinica za silu.

Povijesni razvoj : osnivanje međunarodnih mjeriteljskih tijela

- Mehanizam za takvo dogovaranje postoji od 1867. godine. Europsko i svjetsko mjeriteljstvo, nakon ključnoga početnoga razvitka metarskoga sustava u 18. stoljeću, povezanoga s mjerenjima duljine Zemljina meridijana, doživljava procvat u drugoj polovini 19. stoljeća.
- Na Međunarodnom geodetskom kongresu u Berlinu 1867. potaknuto pitanje utemeljenja jedinstvenoga sustava utega i mjera u Europi, koji bi se temeljio na metarskom sustavu.
- Engleska, Francuska i Rusija poduprle su tu inicijativu: 1869. osnovana međunarodna komisija u kojoj je sudjelovalo 25 zemalja.

Povijesni razvoj pojma težine: dogovori i norme

- **Konvencija o metru 1870.:** potpisalo 17 zemalja.
- Stvoren prototip metra
- osnovan Međunarodni ured za utege i mjere (**International Bureau of Weights and Measures, Bureau international des poids et mesures, BIPM**)
- odgovoran Općoj konferenciji za i utege i mjere (**General Conference on Weights and Measures, Conférence générale des poids et mesures, CGPM**) sa sjedištem u Parizu.
- **Prototip metra:** temeljni usporedni etalon za mjerenja duljine sve do 1960. godine.
- **Prototip kilograma:** predstavljen je 1889., vrijedi još i danas.
- Napredak fizike i mjernih tehnika: omogućio zamjenu prototipa metra kao jedinice za duljinu novom definicijom (**s pomoću brzine svjetlosti**)
- za kilogram se to tek očekuje (u nekoj daljnjoj budućnosti)

“Poids et mesures” – “Utezi i mjere”



Daljnji razvoj normizacije i mjeriteljstva

- tijekom 20. stoljeća **BIPM** i **CGPM** prate nova otkrića u znanosti
- aktivne i danas: na dan 14. rujna 2010. ured BIPM imao
 - 54 država **stalnih** članica (među njima je i **Hrvatska**) i
 - 30 **pridruženih** država
 - u skladu s razvojem znanosti prilagođavaju se definicije i interpretacije osnovnih i izvedenih fizikalnih veličina i mjernih jedinica

Iako zakonske obaveze nisu u svim zemljama jednako riješene, očekuje se da sve članice poštuju preporuke BIPM-a i primjenjuju ih **u svim segmentima javnog života**: od nastave do znanosti, od tehnike do gospodarstva.

Metrologija – mjeriteljstvo, važna temeljna znanstvena i tehnička disciplina, omogućuje preciznija mjerenja i bolje definicije mjernih jedinica



**Prototip (prauzorak, pramjera, etalon)
kilograma (1889.) i metra (1870.)**



**"Fundamentals of
measurement",
November 2004**



Definicija težine iz 1903. godine (Citat: 1. dio)

- "Uzimajući u obzir odluku BIPM-a od 15. listopada 1887. da se kilogram definira kao jedinica mase;
- uzimajući u obzir odluku o prihvatanju prauzoraka metričkog sustava jednoglasno prihvaćenu na sjednici CGPM-a 26. rujna 1889.;
- uvažavajući nužnost da se stane na kraj praksi da riječ *težina* ponekad ima smisao *mase* a ponekad smisao *mehaničke sile*,
- Konferencija donosi sljedeću deklaraciju:
- 1. Kilogram je jedinica za masu. Ta je masa jednaka masi međunarodnog prauzorka kilograma;

Definicija težine iz 1903. godine

(Citat: 2. dio)

- 2. Riječ „težina“ označava veličinu koja ima obilježje sile; težina tijela je umnožak mase tijela i akceleracije sile teže;
- posebno, „normirana (standardna) težina“ jednaka je umnošku mase tijela i standardne (normirane) akceleracije Zemljine sile teže.
- 3. Vrijednost akceleracije sile teže koju BIPM prihvaća kao standardnu jest $g_n = 980,665 \text{ cm/s}^2$ *, koja je već uvrštena u zakonske propise nekih zemalja. (*Ta vrijednost g_n bila je uobičajeni podatak potreban za računanje danas odbačene jedinice „kilogram sile“.)”

Nove definicije težine: u skladu s napretkom znanosti i tehnike

- 1905. specijalna teorija relativnosti
- 1916. opća teorija relativnosti
- do 1920. tehnička revolucija: visoke zgrade s dizalima
- od 1967. astronautska era: sateliti i svemirske stanice s ljudskom posadom; zrakoplovi u paraboličnoj putanji
- motritelj više nije nužno na Zemlji
- uvode se s time usklađene nove definicije
- Težina precizno definirana u novim normama:
 - međunarodnoj normi ISO 31 (1992.)
 - međunarodnoj normi ISO 80000-4 (2006.)

Čovjek projektil – gdje je motritelj?



Međunarodna norma **ISO 80000** (**IEC 80000**)

- objavljena u razdoblju od 2006. do 2009.
- Naslijedila i zamijenila norme ISO 31 (iz 1992.) i djelomično norme IEC 60027
- ISO 80000 je najcjenjeniji vodič s uputama za upotrebu fizikalnih veličina i mjernih jedinica te formula u kojima se one pojavljuju
- u znanstvenim i nastavnim dokumentima širom svijeta
- U većini zemalja, notacija koja se rabi u udžbenicima matematike i prirodnih znanosti dosljedno slijedi upute dane u toj normi.

Norma ISO 80000 ima 14 dijelova:

part	name	former source
ISO 80000-1	General	ISO 31-0, IEC 60027-1 and IEC 60027-3
ISO 80000-2	Mathematical signs and symbols to be used in the natural sciences and technology	ISO 31-11, IEC 60027-1
ISO 80000-3	Space and time	ISO 31-1 and ISO 31-2
ISO 80000-4	Mechanics	ISO 31-3
ISO 80000-5	Thermodynamics	ISO 31-4
IEC 80000-6	Electromagnetism	ISO 31-5, IEC 60027-1
ISO 80000-7	Light	ISO 31-6
ISO 80000-8	Acoustics	ISO 31-7
ISO 80000-9	Physical chemistry and molecular physics	ISO 31-8
ISO 80000-10	Atomic and nuclear physics	ISO 31-9 and ISO 31-10
ISO 80000-11	Characteristic numbers	ISO 31-12
ISO 80000-12	Solid state physics	ISO 31-13
IEC 80000-13	Information science and technology	subclauses 3.8 and 3.9 of IEC 60027-2:2005 and IEC 60027-3
IEC 80000-14	Telebiometrics related to human physiology	IEC 60027-7

Definicija težine u normi ISO 80000-4

4-9.2 (3-9.2)	weight fr poids (m)	F_g, Q	$F_g = m \cdot g$ where m is mass (Item 4-1) and g is local acceleration of free fall (ISO 80000-3:2006, item 3-9.2)	It should be noted that, when the reference frame is Earth, this quantity comprises not only the local gravitational force but also the local centrifugal force due to the rotation of the Earth. The effect of atmospheric buoyancy is excluded in the weight. [See Comptes rendus, 3rd CGPM (1901), p. 70.] In common parlance, the name "weight" continues to be used where "mass" is meant, but this practice is deprecated.
------------------	------------------------	----------	---	--

Norme su izvorno objavljene na engleskom i francuskom jeziku, a neke su prevedene i na ruski.

Mogu se pogledati u Hrvatskom zavodu za norme
Zagreb, Vukovarska 78 www.hzn.hr

Definicija težine F_g i popratne napomene

- u Međunarodnoj **normi ISO 80000-4** (2006)
- Definicija:
- " **$F_g = mg$**
- gdje je m masa a **g lokalna akceleracija** slobodnoga pada."
- Napomene (koje su dio definicije):
- "Treba naglasiti da, kad je **referentni sustav Zemlja**, ta veličina uključuje ne samo lokalnu gravitacijsku silu, već i lokalnu centrifugalnu silu uslijed vrtnje Zemlje oko osi. U težinu **nije uključen utjecaj atmosferskog uzgona**.
- U običnom govoru naziv "težina" još se rabi umjesto naziva "masa", što treba dokinuti."

Važne posljedice ove definicije:

- Težina se računa kao $F_g = mg_L$, a iznos težine ovisi o referentnom sustavu (položaju motritelja)
 - u sustavu Zemlje (mjeritelj je na površini Zemlje) uzgon se ne uzima u obzir, lokalna je akceleracija $g_L = g$, pa je $G = mg$
 - ako je motritelj u sustavu tijela gustoće ρ_t koje pada kroz vakuum, zrak ili drugo sredstvo gustoće ρ_s , za njega je lokalna akceleracija slobodnoga pada jednaka nuli:

$$g_L = g \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_t} \right) - g \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_t} \right) = 0$$

pa je i težina tijela jednaka nuli, dakle je tijelo u “**bestežinskom stanju**”

Sila u sustavu tijela koje se giba s ubrzanjem a_i

$$F = F_r - ma_i$$

Sila u ubrzanom sustavu koji ima ubrzanje a_i

$$F_r = mg - \rho_s Vg = mg \left(1 - \frac{\rho_s Vg}{mg} \right) = mg \left(1 - \frac{\rho_s V}{\rho_t V} \right)$$

$$F_r = mg \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_t} \right)$$

Realna sila pritiska na podlogu
(**teretnica**) je zbog uzgona manja u
sredstvu nego u vakuumu

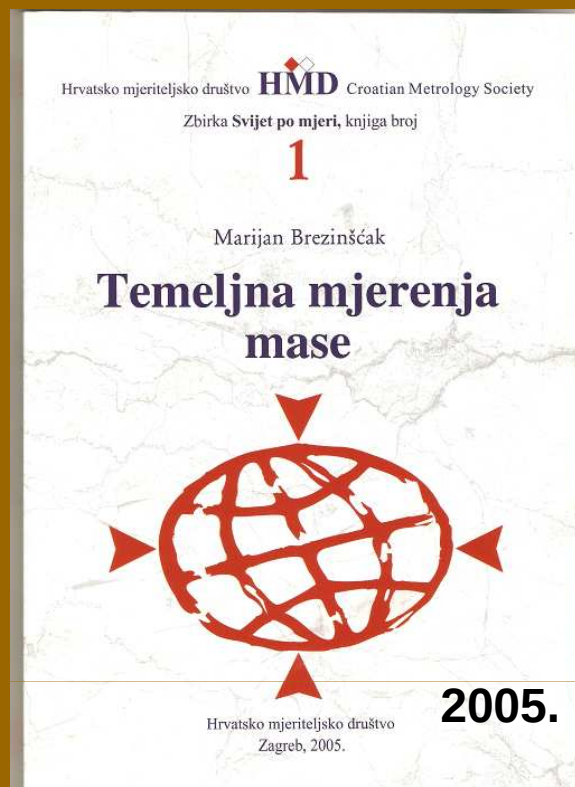
$$a_i = g \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_t} \right)$$

Slobodni pad je sporiji zbog uzgona

$$g_L = g \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_t} \right) - g \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_t} \right) = 0$$

$$F_g = mg_L = 0$$

BESTEŽINSKO STANJE!



U primjeni: najčešći slučaj -

TEŽINA u sustavu Zemlje – motritelj je na Zemlji



Marijan Brezinščak (1926-2009)

Težina je definirana kao umnožak mase i lokalne akceleracije g_L u vakuumu (ISO 31-3). Masa tijela gustoće ρ_t se precizno određuje vaganjem na polužnoj vazi jednakih krakova. Ako se vaganje obavlja u zraku ili drugom fluidu gustoće ρ_s , mjerena sila nije težina tijela mg_L , već manja sila **teretnica** Q (*load* ili *load force*):

$$Q = mg \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_t} \right)$$

Definicija težine u nastavi i udžbenicima u Hrvatskoj

Fizičari, nastavnici u osnovnim i srednjim školama, autori udžbenika i nastavnih programa, **nisu dovoljno upoznati s međunarodnim normama.** (Svjestan otpor protiv normi?)

Smatraju da se međunarodne norme odnose samo na industriju ili trgovinu

Autori najčešće navode neku od dviju suprotnih definicija težine: **operacijska i gravitacijska.** **Odakle ta dvojnost?**

- operacijski pristup težini pojavio u ruskim udžbenicima; taj je koncept značajno utjecao na hrvatske udžbenike poslije 1985.
- gravitacijski pristup težine samo djelomično odgovara normi ISO 80000 – za Zemlji

Dokumenti s propisanim sadržajima za srednje i osnovne škole s operacijskom definicijom težine

- **FIZIKA U GIMNAZIJAMA**
- A-inačica: Opći zakon gravitacije. Gravitacija na površini Zemlje – sila teža.
- B-inačica: Sila teža. Težina tijela. Sila teža kao poseban slučaj gravitacijske sile.
- **NASTAVNI PLAN I PROGRAM ZA OSNOVNU ŠKOLU**
- 7. razred: opisati i razlikovati silu težu (kojom Zemlja djeluje na tijelo) i težinu (kojom tijelo djeluje na podlogu ili ovjes); primijeniti znanje o sili teži i težini u jednostavnim problemskim zadacima
- **DRŽAVNA MATURA**
- - objasniti i primijeniti pojmove sile teže, težine, elastične sile i sile trenja
- - objasniti silu težu kao poseban slučaj gravitacijske sile
- **NOK RADNA VERZIJA** travanj 2010.
- Objasniti, izmjeriti i razlikovati masu, silu težu i težinu
- **PROBLEM!!! Povjerenstva za udžbenike ne odobravaju tekstove u kojima je težina definirana prema normi ISO 80000-4**

Filozofija znanosti: dva tipa definicija

- **Operacijska definicija** definira varijablu, izraz ili predmet s pomoću specifičnih provjernih testova, kojima se utvrđuje njihova prisutnost ili iznos, dakle, s pomoću *operacija kojima se mjere* - Percy Williams Bridgman (1882-1961)...Definicije koje se oslanjaju na operacije (postupke) uvode se kako bi se izbjegle poteškoće povezane s pokušajima da se stvari definiraju s pomoću unutarnje zakonitosti. Primjer operacijske definicije: definicija "težine" predmeta s pomoću brojeva koji se pojavljuju kad se taj predmet stavi na vagu s oprugom. Tada je težina ono što slijedi iz postupka vaganja...
- Tome je suprotna **teorijska ili konceptualna definicija**: opisuje značenje riječi s pomoću teorija vezanih uz specifičnu struku. Podrazumijeva poznavanje i prihvaćanje teorija na kojima se temelji. Ne svodi se samo na skup opažanja, već zahtijeva i prihvaćene zaključke o tim opažanjima. Kako se razvijaju teorije i raste znanstveno razumijevanje, poboljšavaju se i teorijske definicije.

Dvije koncepcije pri definiranju “težine”:

1) Teorijska ili konceptualna definicija

- Težina je sila kojom Zemlja privlači materijalnu točku ili kruto tijelo:
- umnožak mase i ubrzanja slobodnoga pada, $G = mg$. Poseban slučaj: g je ubrzanje sile teže).
- Masa m se mjeri polužnom vagom, g se mjeri na Zemlji u vakuumu.
- Slijedi temeljnu ideju definicije iz ISO 80000-4 za Zemlju.
- Definicija uobičajena
 - u američkim udžbenicima fizike za fakultete i srednje škole
 - u općoj fizici na fakultetima u Hrvatskoj
 - u hrvatskim školskim udžbenicima **prije 1985.**

Dvije koncepcije pri definiranju “težine”

2) Operacijska definicija

- Težina je sila kojom tijelo djeluje na podlogu ili na ovjes:
- rezultat mjerenja opružnom vagom, nema računanja!
- Nije u skladu s definicijom ISO 80000-4.
- Definicija preuzeta iz ruskih udžbenika
 - prevladava u hrvatskim školskim udžbenicima **nakon 1985.**
 - za gravitaciju se uvodi nova fizikalna veličina: **sila teža, jednaka mg .**

Naziv “težina” u nekim stranim jezicima

hrvatski	engleski	francuski	njemački	ruski
<i>težina</i> (v)	weight (v)	poids (v)	Gewicht (v)	вес (v)
<i>sila teža</i> (p,v)	gravity (p)	pesanteur (p)	Gewichtskraft (v)	сила тяжести (v)
<i>uteg</i> (o)	weight (o)	poids (o)	Gewicht (o)	гиря (o)

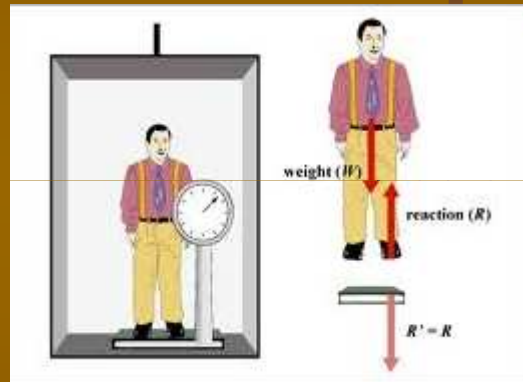
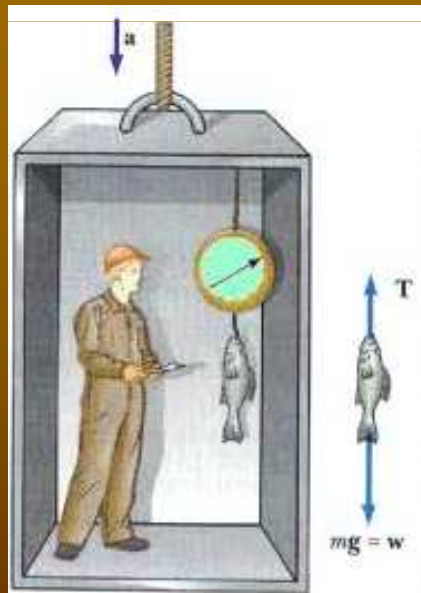
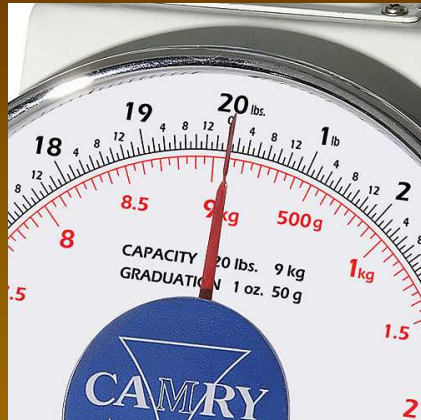
(v) fizikalna veličina; (p) fizikalna pojava; (o) objekt

S jezičnog aspekta, u engleskom i francuskom sila teža nije veličina nego opis pojave. U ruskom i njemačkom “sila teža” može biti i fizikalna veličina

Operacijska definicija težine:

težina je ono što se mjeri opružnom vagom

Nejasno: što se zapravo očitava na opružnoj vagi?



Argumenti za operacijsku definiciju težine

Najveći pobornik operacijske definicije težine je

Igal Galili, teorijski fizičar iz Izraela, koji je studij fizike započeo u Rusiji, a završio u Izraelu. Sada je profesor edukacijske fizike i predstojnik Science Education Department-a na sveučilištu Hebrew University u Jeruzalemu. Objavio je članke o težini u društvenim edukacijskim časopisima (Int. J. Sci. Educ.) .

Galili smatra da **težinu** nema smisla **računati**, već samo izravno **mjeriti**.

"An alternative, operational definition of weight, separating it from the gravitational action at a distance, might be preferable in the educational context." "It would be educationally better simply to **define weight as result of weighing.**" "... support for a specific way of presenting the weight concept, hitherto employed only in a minor fraction of existing introductory physics textbooks in the USA, although it is the **dominant approach** practised **in current textbooks in the former USSR.**"

Definicija težine u ruskim udžbenicima

1) Primjer definicije težine tipičan za ruske udžbenika:

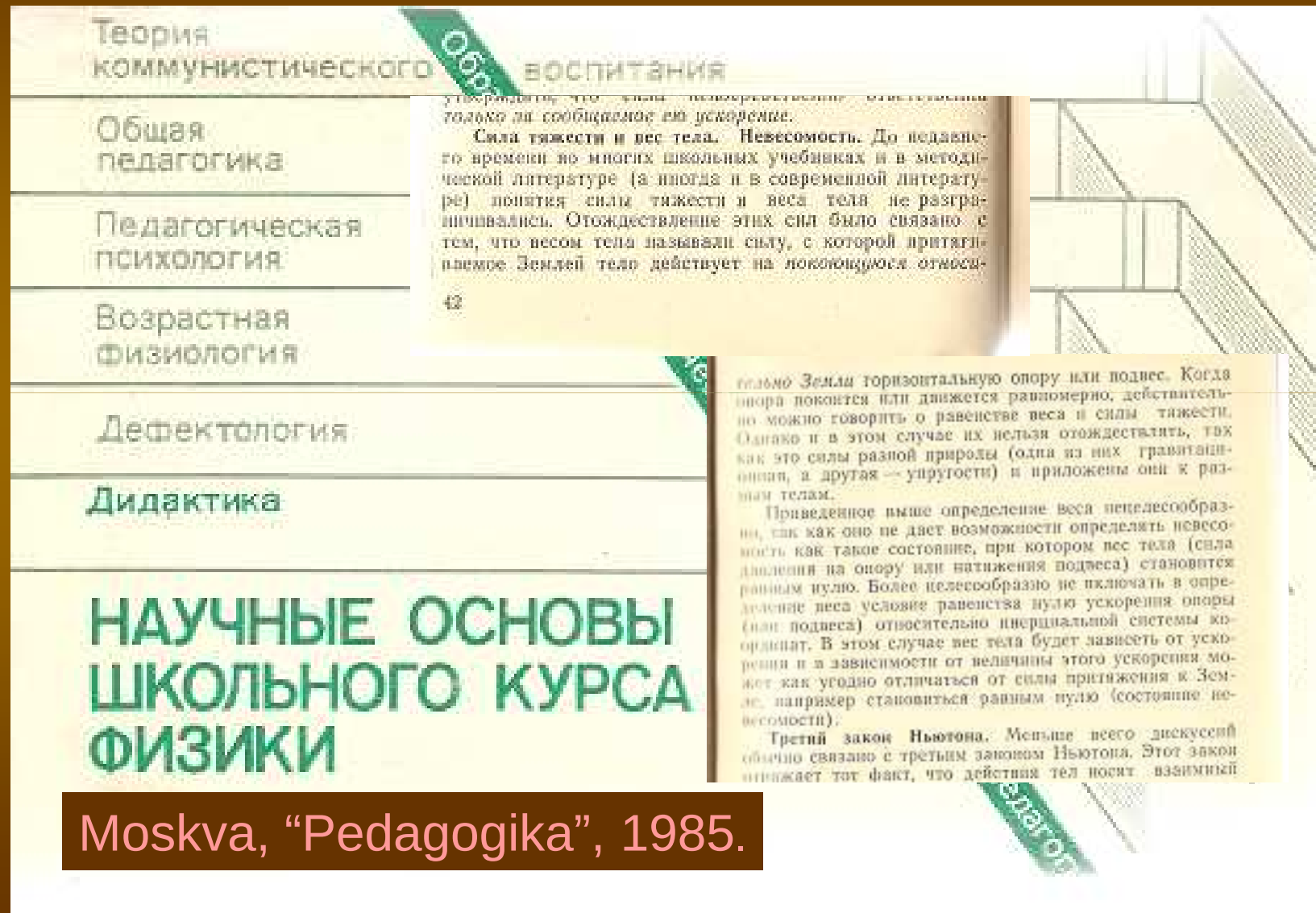
Javorski, Pinski: Osnovi fiziki I
Nauka, Moskva, **1981.** (III. izdanje)

Sila kojom Zemlja privlači k sebi tijela naziva se **sila teža**.

Težinom se naziva sila kojom tijelo djeluje na horizontalnu podlogu ili kojom rasteže nit uslijed privlačenja toga tijela k Zemlji.

2) Primjer ruskog metodičkog priručnika iz 1985. kojim se objašnjavaju ciljevi najnovije reforme školstva:

Metodičke upute prilikom reforme školstva 1985.



Autor razlikuje težinu i silu težu. Iako tekst ispravno naglašava ovisnost težine o položaju motritelja, definicija težine ostaje neprecizna i nejasna

“Sila teža i težina tijela. Bestežinsko stanje.

Do nedavno se u mnogim školskim udžbenicima i metodičkoj literaturi (pa i u suvremenoj literaturi) pojmovi sile teže i težine nisu razlikovali. Izjednačavanje tih sila proizlazilo je iz toga što se težinom tijela nazivala sila kojom tijelo privlačeno Zemljom djeluje na vodoravnu podlogu ili ovjes, koji miruju u odnosu na Zemlju. Kad podloga miruje ili se giba jednoliko, doista se može govoriti o jednakosti težine i sile teže. Međutim, ni u tome slučaju nije riječ o identičnim silama, jer su to sile različitih naravi, jedna je gravitacijska sila, a druga sila elastičnosti, i djeluju na različita tijela. Gornja definicija težine nije prikladna zato što ne pruža mogućnost da se bestežinsko stanje definira kao stanje pri kojem je težina tijela (sila pritiska na podlogu ili istezanja ovjesa) jednaka nuli. Prikladnije je u definiciju težine ne uključivati uvjet da ubrzanje podloge ili ovjesa u odnosu na inercijski sustav mora biti jednako nuli. U tom će slučaju težina tijela ovisiti o ubrzanju, a ovisno o iznosu tog ubrzanja može biti po volji različita od sile Zemljinoga privlačenja, pa tako može biti i jednaka nuli (bestežinsko stanje). “

Kritika operacijske definicije težine

“Operacionalistička namjera da se istakne važnost operacija i da se one u proučavanju što bolje iskoriste u cilju što preciznijeg otkrivanja i određivanja svojstva objekta, izrodila se u **neznanstveno shvaćanje da se kao definicije fizičkih veličina i pojava uzmu djelatnosti, operacije čovjeka** kao jedini i dovoljan sadržaj tih definicija. Dakle operacionalizam **zapostavlja** pravi i **glavni predmet proučavanja fizike** ... Pokušaji operacionalista da svoje definicije proture i kroz udžbenike na svim razinama nisu ograničeni ni geografski ni društvenim sustavom ...”

D. M. Ivanović: O nekim idejnim pitanjima u nastavi fizike (Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1974.)

Primjer nagle promjene definicije težine u školskim udžbenicima

Z. Šporer, A. Kuntarić: Repetitorij fizike
ŠK, Zagreb **1975.** (II. izdanje)

Težina (G) tijela koje miruje na nekom mjestu na Zemlji jest sila kojom Zemlja privlači to tijelo. ... **Težina tijela** ("**sila teža**") je rezultanta gravitacijske sile F_{gr} i vertikalne komponente centrifugalne sile F_{cr} koja se javlja zbog rotacije Zemlje.

Z. Šporer, A. Kuntarić: Repetitorij fizike
ŠK, Zagreb **1986.** (V. izdanje)
i **1995.** (XX. izdanje)

Težina G tijela koje miruje na nekom mjestu na Zemlji jest sila kojom tijelo zbog Zemljina privlačenja djeluje na podlogu ili na ovjes ako visi.
Sila teža je rezultanta gravitacijske sile F_{gr} i vertikalne komponente centrifugalne sile F_{cr} koja se javlja radi Zemljine vrtnje.

Ispitivanje: Šest zadataka o težini

Nastavnici opće fizike na fakultetima, autori školskih udžbenika i metodičari zamoljeni su da riješe 6 zadataka s težinom i daju popratni komentar

Zadacima se provjerava:

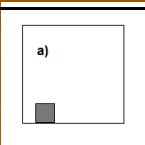
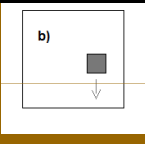
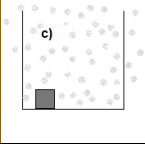
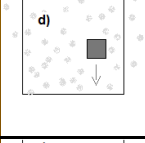
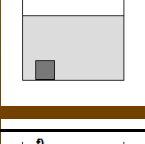
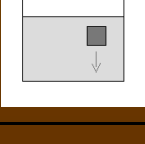
- koju koncepciju težine zastupa autor?
- smatra li autor da se zadani primjeri mogu numerički rješavati?
- kakav je pristup autora referentnom sustavu
 - gdje je motritelj?
- kakav je pristup autora uzgonu?

Komentari pojašnjavaju osobni odabir i pristup

Tijelo oblika kocke sa stranicom $s = 10\text{cm}$ i mase $m = 5\text{kg}$, nalazi se u blizini Zemljine površine, na mjestu gdje je izmjerena lokalna akceleracija slobodnoga pada u vakuumu $g_L = 9,8\text{m/s}^2$.

U skladu s Vašim poimanjem pojma težine (weight), u priloženu tablicu unesite izračun i rezultat F_T za težinu tijela u opisanim slučajevima od a) do f).

Gustoća vode $\rho_V = 1000\text{kg/m}^3$, a gustoća zraka $\rho_Z = 1\text{kg/m}^3$.

		Uvjeti	Izračun	Rezultat
a		Tijelo miruje na podlozi u vakuumu.		$F_T =$
b		Tijelo slobodno pada u vakuumu.		$F_T =$
c		Tijelo miruje na podlozi u zraku.		$F_T =$
d		Tijelo slobodno pada u zraku.		$F_T =$
e		Tijelo miruje na dnu posude s vodom.		$F_T =$
f		Tijelo slobodno pada u vodi.		$F_T =$

Rješenja zadataka

- Deset ispitanika, u skladu s definicijom ISO za motritelja na Zemlji , odgovara: težina je $F_T = mg = 49\text{N}$ u svim primjerima.
- Sedam ispitanika podržava operacijsku definiciju i uračunava uzgon. Rezultati su sljedeći: **rezultat** (broj odgovora)
- a) **49N** (7);
- b) **49N** (2), **0** (4), **--** (1);
- c) **48,99N** (3), **48,9902** (2), **49N** (1), **--** (1);
- d) **48,99N** (1), **0** (2), **49N** (1), **0,01N** (1), **$-9,8 \cdot 10^{-3}\text{N}$** (1), **--** (1);
- e) **39,2N** (5), **48N** (1), **--** (1):
- f) **39,2N** (1), **0** (2), **48N** (1), **9,8N** (1), **-9,8N** (1), **--** (1)
- Rezultati se znatno razlikuju. Računanje je nepouzđano.
- Dvoje ispitanika zagovara operacijsku definiciju ali ne daje rješenja: time potvrđuju da **operacijska definicija isključuje računanje, rezultat se može dobiti samo mjerenjem!**

Mišljenja sveučilišnih nastavnika opće fizike

Antonije Dulčić: Predavanja iz osnova fizike, PMF

U engleskoj literaturi upotrebljava se naziv *težina* (engl. *weight*) za silu $\vec{F}_g$ kojom Zemlja privlači dotično tijelo. Takva se praksa širi i u hrvatskoj literaturi. Za silu $\vec{F}_n$, koja se može mijenjati u ovisnosti o danoj situaciji, upotrebljava se opisni izraz *sila kojom tijelo djeluje na podlogu*. Takvu ćemo praksu slijediti u ovoj knjizi.

Mirko Planinić

za svoja predavanja iz Osnova fizike koristim udžbenik University Physics (Young and Freedman) u kojem je težina definirana kao i u normi koju spominjete. ...U toj knjizi **uzgon nije nigdje eksplicitno naveden** kao sila koja se uzima u obzir kad se računa prividna težina ali se to sigurno mislilo. Za ovu rezultatnu **silu koja opisuje pritisak na podlogu koristi se pojam prividna težina.**

Mišljenja sveučilišnih nastavnika opće fizike

■ Miroslav Furić

- Evo kako ja učim studente..... Na tijelo s inercijskom masom djeluje na Zemlji niz sila: gravitacijska, zatim prividna (radi neinercijalnosti zemlje od rotacije) i konačno uzgon. ...ja bih naveo sva tri utjecaja te zaključio da je **težina kolokvijalni termin** pod kojim razni autori mogu podrazumijevati **razne stvari**
- Apsolutni termini su gravitacijska sila (gravitacijska akceleracija), sila na uravnoteženo tijelo u vakuumu s odgovarajućom akceleracijom to jest uključanjem neinercijskog dijela akceleracije, te **konačno rezultatna sila na tijelo u mediju**. Pod ovom posljednjom većina bi ljudi podrazumijevala težinu. (Tijelo uronjeno u tekućinu gubi na težini...)

Mišljenja sveučilišnih nastavnika opće fizike

■ Ksenofont Ilakovac

- Ja u svojim predavanjima i drugim prilikama nisam uključivao uzgon u pojam težine, dakle, uzimao sam samo gravitacijsku i inercijsku silu za tumačenje pojma težine. Uzgon sam objašnjavao kao PRIVIDNU promjenu težine. Razlog je što je uzgon sila kojom okolina djeluje negravitacijskim silama na tijelo, ali možda više što se sile uzgona u nekim situacijama ne razlikuju od sila tvrde podloge. Npr., tijelo pliva na vodi i ako uzmemo uzgon kao dio sile težine, ono nema težine. Onda vodu hlađenjem zamrznemo, onda to tijelo stoji na tvrdoj podlozi i najedanput ono ima težinu. Takvih se primjera može smisliti koliko hoćete.

■ Krešo Zadro

- nisam vidio potrebe za dva pojma: 'sila teža' i 'težina'. Posebno me zbunjivao opis 'težine' kao sile kojom tijelo pritiska (horizontalnu) podlogu ili navlači nit o koju je obješeno...što je težina tijela koje visi ali tako da je naslonjeno na kosinu?.te sam isključivo koristio pojam 'težine' kao 'sile na tijelo' a ne kao sile kojom 'tijelo djeluje na nešto'
- najprikladnijim prihvatiti definiciju iz University Physics (Sears and Zemansky)Uzgon?...Dakle, 'prividna težina' ..

Mišljenja autora školskih udžbenika i metodičara fizike

Rudolf Krsnik: Suvremene ideje u metodici nastave fizike

...za koncept težine danas ne postoji jedinstven dogovor na globalnoj razini. U uporabi su dvije inačice: u jednoj težina tijela mase m jest sila mg kojom Zemlja djeluje na tijelo. U drugoj inačici je težina sila mg kojom tijelo djeluje na podlogu ili ovjes. Iako to dovodi do nepotrebne zbrke – primjerice bestežinsko stanje se u dvije inačice opisuje sasvim različito – nije moguće postići konsenzus čak niti na razini školskog sustava jedne male zemlje (2005, 2008).

Igal Galili

....it is fine that you can interpret numerical results. I would concern with what people thought when they answered this or other way. To know about people's concept, I believe, they might need the way to express them beyond application.

Mišljenja autora školskih udžbenika i metodičara fizike

■ Vladimir Paar

- ...u ovim pitanjima **ne bih uvodio razliku vakuum-zrak**, to bi za većinu učenika bilo zbunjujuće...Bojao bih se na toj razini uvoditi još i inercijsku silu..... **mislim da se pri izboru terminologije treba držati i tradicije i razumljivosti za učenike**. ...
....treba preformulirati sva mjesta gdje se težina javlja, i paziti da razina zahtjevnosti bude prilagođena dobi učenika i znanju nastavnika.

■ Sonja Prelovšek Peroš

- ... o iznosu težine raspravljamo **jedino kada tijelo miruje na mirnoj, vodoravnoj podlozi ili visi na ovjesu**. Kažemo da su tada sila teža i težina jednake po iznosu (i usmjerenju, hvatišta se razlikuju, izračun je $G = F_g = mg$). Ne računamo iznos težine pri slobodnome padu, već kažemo da u tome slučaju tijelo nema težinu (iako je iznos F_g neupitan). **Ostale primjerene razmatramo u osnovnoj školi.**

Mišljenja autora školskih udžbenika i metodičara fizike

■ Branka Milotić

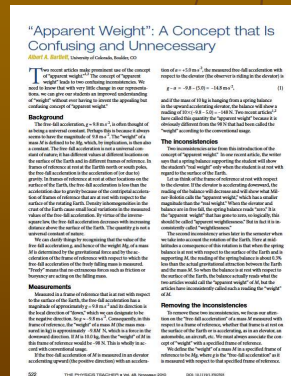
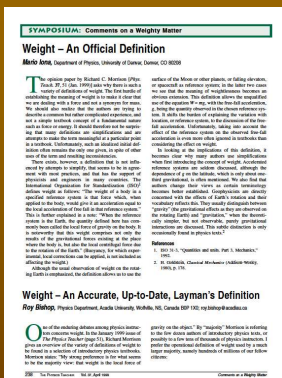
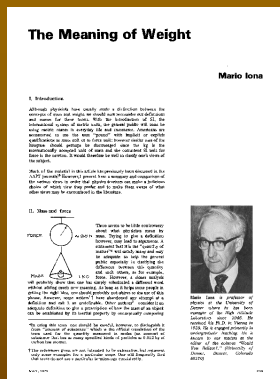
- ... studente upućujem i na ISO i HRN i upoznam ih sa svim drugim kriterijima i tumačenjima s kojima će se susretati u ostaloj literaturi, a možda jednoga dana i u našoj udžbeničkoj literaturi.... u školskoj se praksi **moramo držati još uvijek važećih HNOS-a** na nastavničkim fakultetima koristimo obje veličineZemlja silom težom djeluje na tijela i hvatište joj u težištu tijela, a tijela težinom djeluju (u vakuumu i približno u zraku) na Zemlju s hvatištem na podlozi ili na ovjesu. ...**meni je konceptualno bliži tzv. ruski pristup od ovoga u ISO-u 80000-4,** uvedenom 2006. koji potpuno izjednačava pojam težine s uobičajenim pojmom sile teže.

■ Maja Planinić

- Iako mi se pristup težini kao sili kojom tijelo djeluje na podlogu ili ovjes čini bližim operativnoj definiciji težine (načinu kako se ona mjeri), kao i iskustvenom poimanju težine, ne protivim se niti uvođenju nove definicije. U konačnici, **to je stvar dogovora među fizičarima i to se mora poštivati. Za učenike je svakako jednostavnije da je težina uvijek jednaka mg .**

Težina tijela – potpuna definicija

- **Težina tijela** u nekom referentnom sustavu je sila koja se dobije množenjem mase m tijela s akceleracijom slobodnoga pada g_L u tom sustavu: $F_T = mg_L$. Odabir referentnog sustava **ovisi o položaju motritelja!** Kako g_L može poprimiti razne vrijednosti pa i nulu, ta **definicija uključuje i bestežinsko stanje** kao stanje s težinom $F_T = 0$. Za površinu Zemlje g_L je izmjeren u vakuumu.
- **Nema uzgona!** (Definicija ISO 80000-4).



M. Iona: The Meaning of Weight, Physics Teacher 1975.

M. Iona: "Weight – An Official definition", Physics Teacher 1999.

A.A. Bartlett: "Apparent Weight": A Concept that is Confusing and Unnecessary, Physics Teacher 2010.

OBJE PRETHODNE KONCEPCIJE STAPAJU SE U JEDNU!

Zadatak	Uvjeti	Motritelj na Zemlji	Motritelj na tijelu
a)	miruje u vakuumu	49 N	49 N
b)	pada u vakuumu	49 N	0
c)	miruje u zraku	49 N	49 N
d)	pada u zraku	49 N	0
e)	miruje u vodi	49 N	49 N
f)	pada u vodi	49 N	0

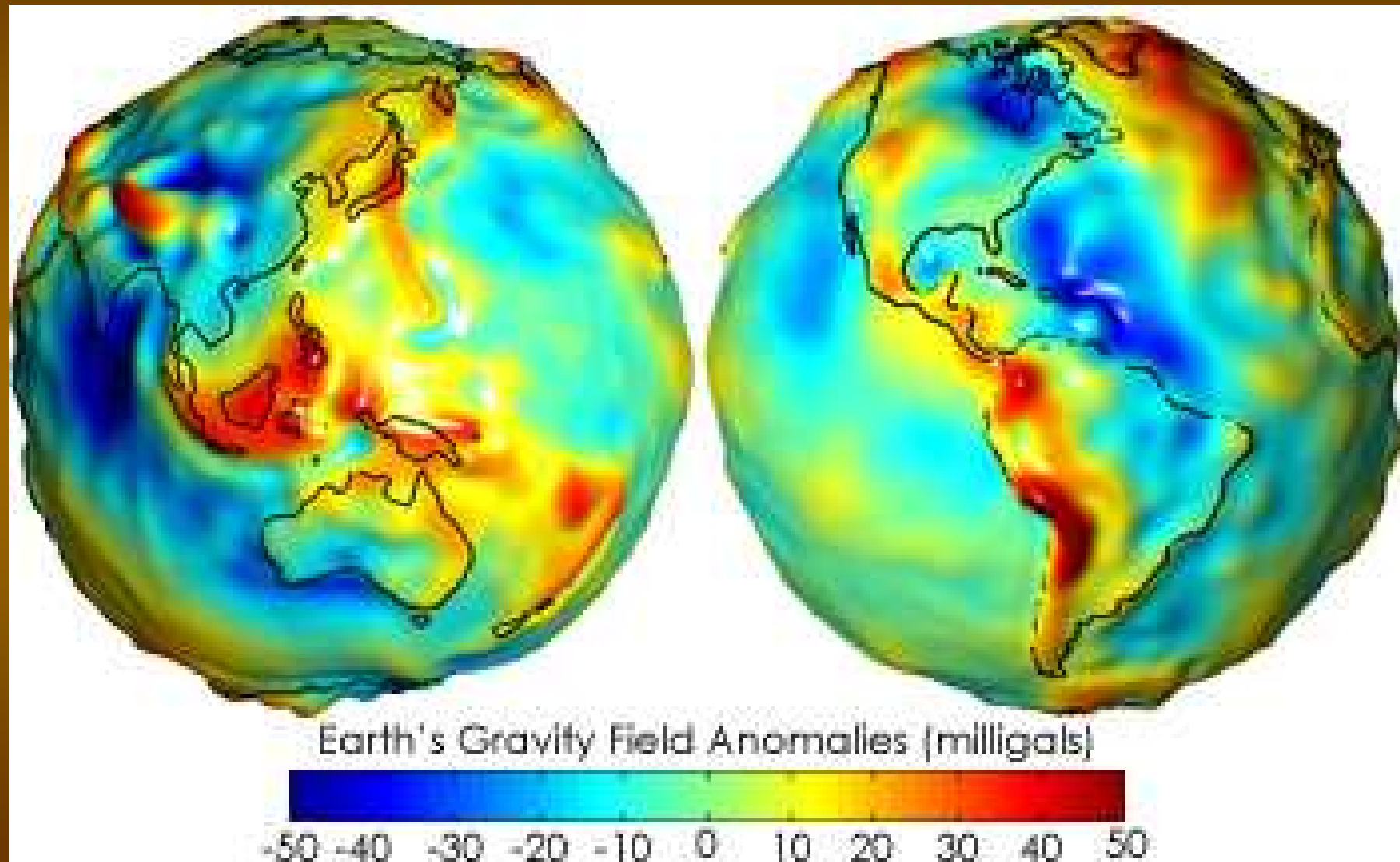


Rješenje zadataka
prema
potpunoj definiciji

(ISO 80000 – 4)

Za uvjete zadane u zadatku, svih 6 rješenja glasi 49 N, jer je motritelj na Zemlji – kao u uobičajenim pokusima i zadacima iz mehanike.

Podaci o Zemlji – g je promjenljiv

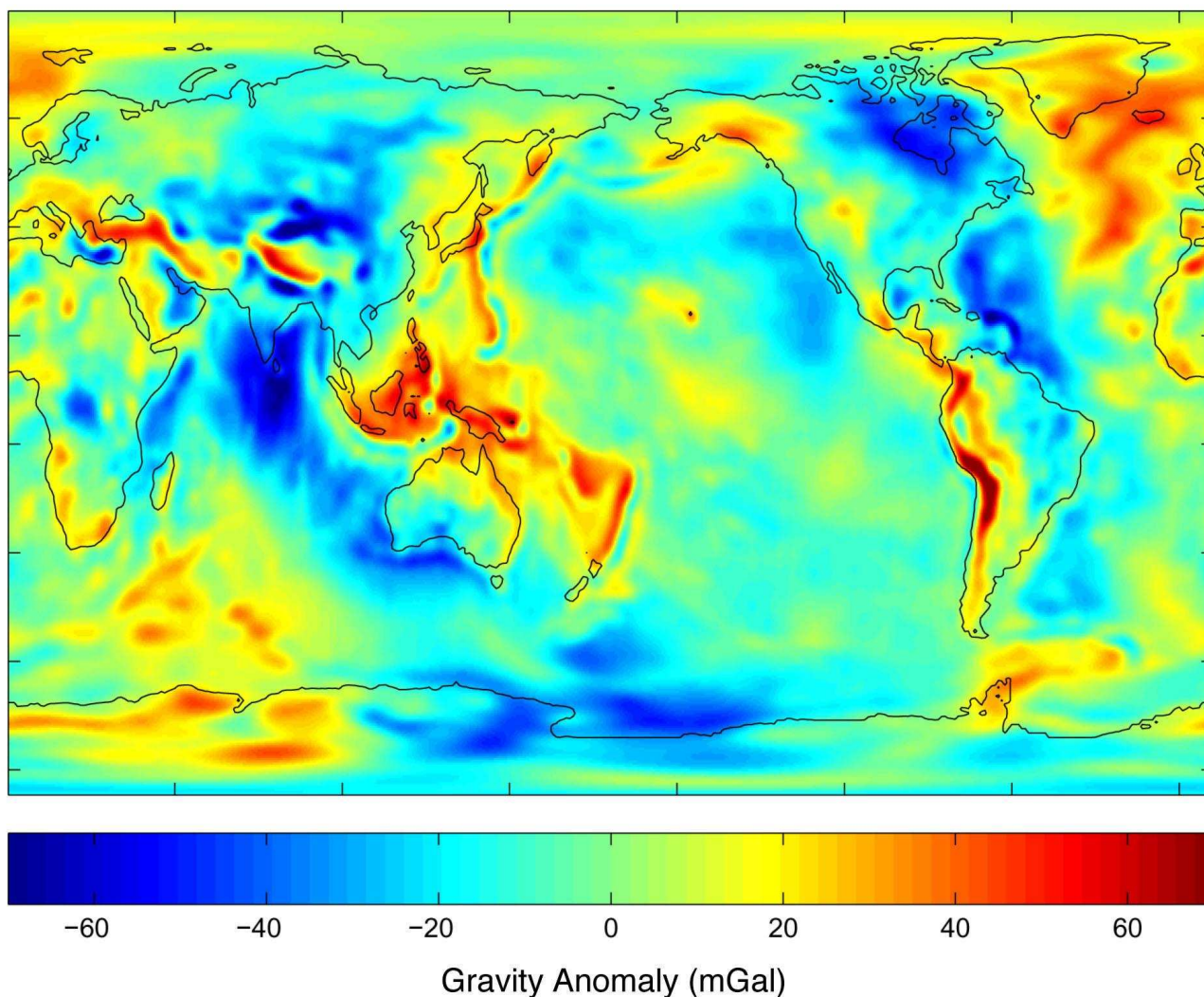


Mjerenja vrijednosti ubrzanja g

- Vrijednosti akceleracije slobodnoga pada u vakuumu mjere se precizno **na cijeloj površini Zemlje**. Time se bavi specijalno područje geofizike, koje se zove gravimetrija.
- Postoje zemaljske i svemirske metode.
- Prikaz vrijednosti ubrzanja Zemljine sile teže načinjen je na temelju projekta NASA-e: **Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE)** i pokazuje promjene Zemljina gravitacijskoga polja, određenoga masom koja je nejednoliko raspodijeljena unutar Zemlje, a mijenja se i s vremenom.
- Boje prikazuju izmjerena odstupanja od vrijednosti za glatku idealiziranu Zemlju. **Crveno** obilježava **veći g** , a **plavo** **manji g** od standardne vrijednosti za elipsoid.

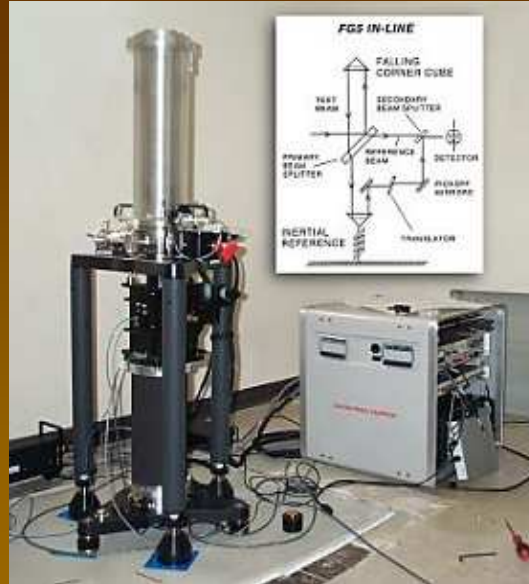
Odstupanje vrijednosti g od geodetske formule za elipsoid

$$g_{\text{normal}} = 9,780327(1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000058 \sin^2 2\phi) \text{ ms}^{-2}$$

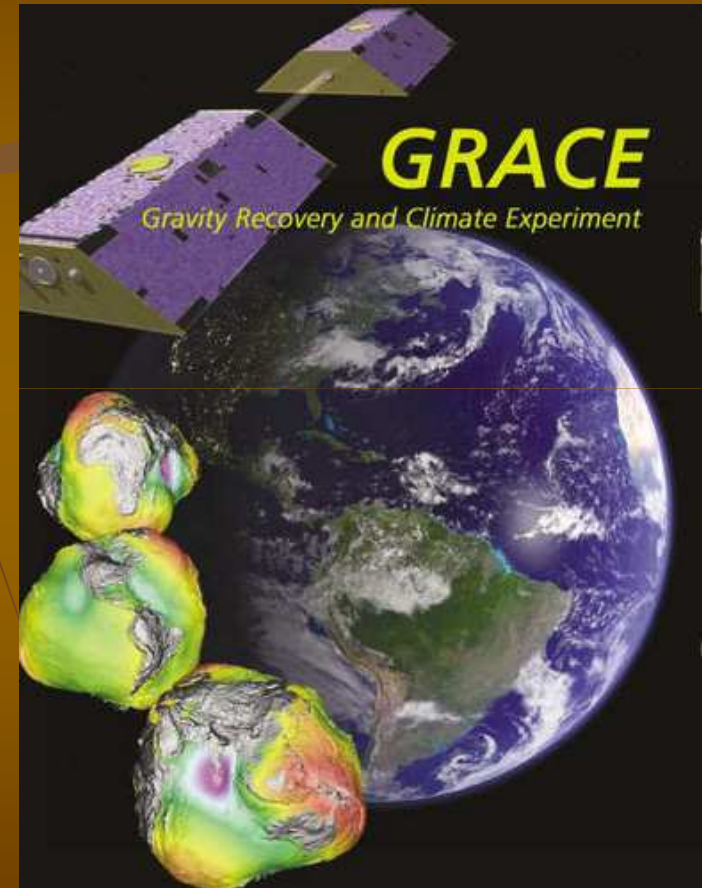


1 Gal =
1 cm s⁻²

GRACE mjeri
veličinu g
svemirskom
metodom,
pomoću dvaju
satelita



Mjerenje g
zemaljskom
metodom



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GRACE_globe_animation.gif

Zaključci

1) Istraživanje definicije težine pokazalo je da

- fizičari **znanstvenici** (opća fizika na fakultetima) prihvaćaju “**gravitacijsku definiciju**” težine
 - umnožak mase (mjerene polužnom vagom) i lokalnog ubrzanja slobodnoga pada (mjerelog zemaljskim ili svemirskim gravimetrijskim metodama)
 - definicija **ne uključuje uzgon**, vodi računa o **motritelju**
 - u skladu je s normom ISO 80000-4.
- **metodičari** fizike u Hrvatskoj zagovaraju “**operacijsku definiciju**” težine
 - težina se dobiva mjerenjem s pomoću opružne vage, a ne računanjem. Definicija je uvedena kao **obvezatna** za školsku nastavu i udžbenike oko 1985., prema ruskim uzorima.

Zaključci

2) Ishodi obrazovanja:

- uvodeći u školskoj nastavi fizike gravitacijsku i ostale sile, učenike je potrebno upozoriti na nazive koji su u osnovnoj i srednjoj školi različiti od onih koje će kao studenti susresti na fakultetu (sila teža i težina)
- učenici se i u školi i na fakultetu moraju upoznati s definicijama danim u međunarodnim normama i općenito s važnošću mjeriteljstva (metrologije) za napredak fizike
- treba prići reviziji nastavnih programa i drugih dokumenata, kako bi se gravitacijska i operacijska definicija težine postupno zamijenile potpunom definicijom (ISO 80000) jer se time omogućuje razumijevanje dubljih zakonitosti fizike. Autorima udžbenika mora se omogućiti da uvedu i protumače definiciju težine u skladu s međunarodnim dogovorima

Zaključci

3) I dalje valja isticati **važnost eksperimenta**, što je bilo temeljno opravdanje za uvođenje operacijske definicije težine.

- pokusima **mjerenja težine s opružnom vagom** (primjerice: u dizalu visokog nebodera) treba dodati i **upoznavanje s**
- **gravimetrijskim metodama** mjerenja **g**
- metodama **mjerenja mase, uzgona** i drugih veličina
- treba iskoristiti bogatu literaturu i medije za upoznavanje zanimljivih i čak spektakularnih pokusa koji nisu ostvarivi na samoj nastavi.

Zaključci

- 4) treba se zamisliti nad upornom uporabom riječi težina umjesto masa u svakodnevnom govoru. To upućuje da
- većina ljudi doživljava težinu kao veličinu razmjernu masi, dakle intuitivno prihvaća definiciju mg
 - predodžba o proporcionalnosti težine s masom mnogo je zastupljenija od alternativne intuitivne predodžbe
 - o težini kao sili pritiska na podlogu:
 - tu je silu bolje nazivati teretnicom

Preporuke o nazivlju u fizici

- Primjer težine pokazuje da **odabir nazivlja** u fizici ima snažan utjecaj na razumijevanje i prihvaćanje nastavnih sadržaja.
- Učenike i studente treba ohrabriti da se osim strogo namjenskih udžbenika služe i specijaliziranom **leksikografskom literaturom**, u kojoj se velika pozornost posvećuje pojedinim objašnjenjima, dogovorima, nazivima i zakonitostima iz fizike

Leksikografska literatura

– Pojmovi su obrađeni na više razina, tako da su korisni i pristupačni čak i učenicima osnovnih i srednjih škola, a posebno studentima opće fizike, koji se služe stranim knjigama te traže **ispravne nazive na hrvatskom jeziku**

- **Leksikon fizike**
- (autor V. Lopac) - ŠK
- namijenjena nastavnicima i studentima fizike, učenicima, prevoditeljima,...
- **Leksikon mjernih jedinica i Leksikon mjernih veličina** (autor Z. Jakobović) -ŠK

– Nacionalna zaklada za znanost, visoko školstvo i tehnologijski razvoj (NZZ) odobrila nam je ove godine **projekt STRUNA** – (STRUkovno NAzivlje) “Izgradnja, odabir i usuglašavanje hrvatskog nazivlja u fizici”, koji dalje razvija hrvatsku terminologiju za znanstvene i nastavne svrhe: **SUGESTIJE I PRIJEDLOZI SU DOBRO DOŠLI !!!**



LEKSIKON FIZIKE
VIERA LOPAC

- Leksikon obuhvaća više od dvije tisuće natuknica navedenih abecednim redom, nekoliko tablica i znatan broj ilustracija.
- Pojedini su pojmovi objašnjeni kratko i sažeto, u opsegu koji proizlazi iz nastavnih programa fizike u osnovnim i srednjim školama, programa kolegija opće fizike na fakultetima te iz suvremenih popularno-znanstvenih tekstova i medijskih sadržaja.
- Uz svaki je pojam naveden i prijevod na engleski jezik, a na kraju knjige je englesko-hrvatski rječnik. Leksikon obuhvaća i temeljne biografske podatke o znanstvenicima zaslužnima za najvažnija otkrića u fizici.
- Namijenjen je učenicima, studentima, nastavnicima, prevoditeljima i novinarima te svim ostalim čitateljima koje zanima značenje nekog pojma s područja fizike ili se žele detaljnije upoznati sa znanstvenim i stručnim nazivjem u fizici.



17x24,5, 300 str., tvrdi uvez, šifra 40029, cijena 179,00 kn

sk školska knjiga

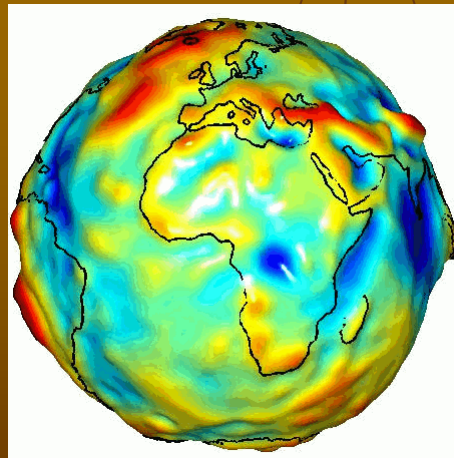
vlopac@fkit.hr

fstruna@fkit.hr

Zahvale

- Zahvaljujem svima koji su sudjelovali u ispitivanju mišljenja i pomogli mi u prikupljanju literature i drugih materijala!

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GRACE_globe_animation.gif



<http://www.codecheck.com/cc/BenAndTheKite.html#Redwood>

<http://www.cloud9living.com/las-vegas/weightless-flight>