

ФИЗИКА

Предавање #1

Понедељак, 5. октобар, 2015.

- Информације о предмету

1

О наставнику

- Име: Љубиша Нешић
- Кабинет: број 306 и лабораторија 508
- Локал : 100, E-mail: nesiclj@junis.ni.ac.rs
- Веб адреса:
<http://www.pmf.ni.ac.rs/people/nesiclj>
- Консултације, уторак 10:00-12:00
- Место: просторија број 306. III спрат и 508. V спрат

2

Информације и комуникација

- Моја web страна: <http://www.pmf.ni.ac.rs/people/nesiclj/>
 - Контакт информације
 - Наставни план и програм
 - Презентације предавања
 - Друге информације
- Од прошле године користи се портал факултета
- Област научног рада: математичка физике, физика високих енергија, космологија (p-адични и аделични модели), методика наставе физике, ...

3

О предмету ФИЗИКА

- Један семестар, 2+1+2
- 2 часа предавања и 3 часа вежби
- Асистенти:
 - Лабораторијске вежбе
 - Јелена Алексић – понедељак
 - Лана Пантић – среда
 - Рачунске вежбе
 - Владан Павловић и Драгољуб Димитријевић
- Вежбе- израда задатака (1 час) и лабораторијске (2 часа)
- Начин полагања предмета. Усмено. Потребно је урадити предиспитне обавезе.

4

Програм предмета Физика

- Основни елементи механике.
 - кинематика и динамика, гравитација
- Елементи механике флуида .
 - статика и динамика флуида.
- Термофизика.
 - термичке појаве, гасни закони, термодинамика
- Механичке осцилације и таласи.
 - акустика.
- Електромагнетне појаве.
 - електростатика, електродинамика, магнетизам.
- Оптичке појаве.
 - светлост, оптички инструменти.
- Физичке појаве у микросвету.
 - атомска и нуклеарна физика
- Елементи космологије.

5

Литература

- Уџбеник
- у продаји у копирници “Урана” на факултету



Лабораторијске вежбе

- Свеска за писање извештаја
- Првог часа се ради "нулта" вежба: рад са цифрама, правила заокруживања и обрада резултата мерења
- Литература за припрему вежби:
 - Основна литература: Љубиша Нешић, *Практикум експерименталних вежби из физике*, Природно-математички факултет у Нишу, 2007. (у продаји у копијацији "Урана" на факултету)
 - Допунска литература: В. Вучић, *Основна мерења у физици*, Научна књига, Београд, 1988.



Лабораторијске вежбе

- 10 вежби?:
 - Одређивања убрзања Земљине теже математичким клатном.
 - Одређивање коефицијента вискозности Стоксовом методом.
 - Проверавање Gay-Lussac-овог закона.
 - Одређивање релативне влажности ваздуха.
 - Провера Ohm-овог закона.
 - Одређивање електрохемијског еквивалента бакра.
 - Одређивање температуре термоелемента.
 - Одређивање жижне даљине сочива.
 - Одређивање коефицијента апсорпције гама зрачења.
 - Одређивање таласне дужине ласерске светлости помоћу оптичке решетке.

8

Шема прикупљања поена

Предиспитне обавезе

- Активност у току предавања = 5 поена (са више од 3 одсуствовања са предавања се не могу добити)
- Лабораторијске вежбе = 10 поена – обавезни сви поени – односно све вежбе
- Излазни колоквијум – максимално 10 поена
- Домаћи задаци = максимално 5 поена
- Рачунске вежбе = максимално 10 поена (ради се тест са задацима на крају вежби)
- 2 колоквијума (теста) из градива (након шесте и дванаесте недеље предавања) по 10 поена = 20 поена
- Предиспитне обавезе = максимално 60 поена (студент је у обавези да оствари најмање 30 поена да би изашао на испит)
- испит се полаже усмено (у испитном року) = 40 поена
- Студенти који на датом колоквијуму освоје 5 и више од 5 поена немају питања из тог дела на усменом испиту
- Укупно = 100 поена

9

Оцењивање успеха студената

- Студент је положио ако оствари бар 51 поена од 100 (предиспитне обавезе су 60% предмета).
- Оцена зависи од броја поена
 - 51-60 поена, оцена 6 (довољан)
 - 61-70 поена, оцена 7 (добар)
 - 71-80 поена, оцена 8 (врло добар)
 - 81-90 поена, оцена 9 (одличан)
 - 91-100 поена, оцена 10 (изузетан)

10

Питања:

- ?
- ?
- ?

11

Механика

- Физика и мерења
 - стандардни дужине, масе и времена
 - структура материја
 - густина
 - димензионална анализа
 - конверзија јединица
 - процена реда величине
 - значајне цифре. Заокруживање
- Кинематика
 - Кинематика кретања у једној димензији
 - време и брзина
 - кинематика кретања у 2 димензије

12

Физика и мерења

- основа физике – резултати експеримената
- циљ – формулисање коначног броја фундаменталних закона којима се описују постојеће појаве и предвиђају нове
- математика – мост између теорије и експеримента
- када се појави несклад - нова теорија.

13

Развој физике

- Класична физика – физика до 1900. године (класична механика, термодинамика, електродинамика). – физика "великих" и "спорих" тела
 - 17. век, Њутн – основе механике и једне нове области математике (диференцијални и интегрални рачун – виша математика)
 - други део 19. века – термодинамика, електрицитет и магнетизам
- Модерна физике
 - крај 19. века и почетак 20. века
 - Ајнштајнова теорија релативности – физика "брзих" тела
 - Квантна механика – физика "малих" тела (Планк, Бор, Шредингер, Хајзенберг,...)

14

Стандарди и јединице. Да ли су нам потребни?

- Три основне величине у мерењима у области механике
 - Дужина (l , length), маса (m , mass) и време (t , time)
 - Све остале се могу изразити преко њих (брзина, импулс, сила, притисак, рад, снага, енергија, ...)
- Када их измеримо треба да их прикажемо
- Потребан је језик на којем сви људи могу да се разумеју
 - Конзистентност је кључна за физичка мерења
 - Иста величина коју је неко измерио мора да буде разумљива и за неког другог и мора да буде репродуктабилна
- Уводе се стандарди
 - лако доступни
 - лака и поуздана репродукција
- 1960. Међународни комитет – скуп стандарда дужине, масе и времена
- Остали стандарди за
 - температуру, електричну струју, јачину светлости и количину супстанције

15

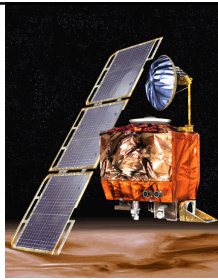
MCO (Mars Climate Orbiter)

Lansiran:

11 decembra 1998. Marsu.

Misija:

Dizajniran je za ispitivanje klime i atmosfere Marsa.



Konačno nakon više meseci MCO se približio Marsu.

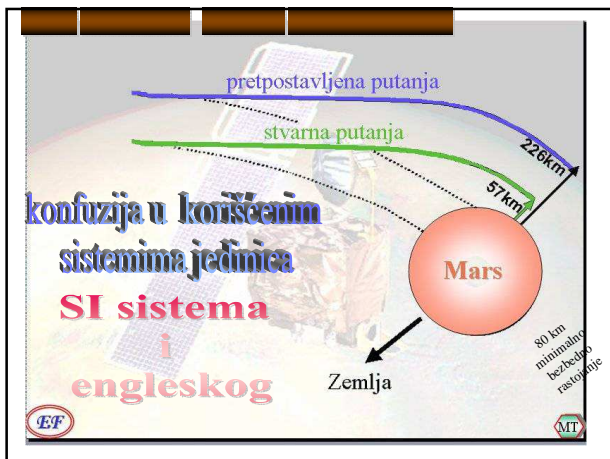
23 septembra 1999. MCO satelit je izgubljen

Šta se desilo?



16





17



Nakon nekoliko meseci istraživanja....

Softver i unutrašnjost raketnog sistema dizajnirala je i izgradila jedna grupa inženjera (*Lockheed Martin*) kod kompjuterskog programa koristio je **engleske jedinice**

Softver za navođenje MCO satelita, koristio drugi tim iz druge institucije (*Jet Propulsion Laboratory*) Upotrebljavali su **SI sistem**



18



ISTORIJSKI OSVRT



Prvi poznati zvanično usvojen etalon dužine:

Egipatski kraljevski KUBIT.



- **Dužina** - jednaka dužini podlaktice od lakta do vrha ispruženog srednjeg prsta vladajućeg faraona.
- **Primarni standard** "Royal Cubit Master" - izgrađen od crnog granita da "izdrži sva vremena"...
- **Realizacija:** štap od drveta ili običnog kamena
 - merilo su koristile hiljade radnika.
 - Prema odluci vladajućeg faraona morao se svaki taj štap porediti sa kraljevskim kubitom svakog punog meseca a ako se to ne uradi sledila je brutalna kazna...



19



ISTORIJSKI OSVRT



1120 – Kralj
sta
ya
no



i je
govog



King Henry I
(1068 – 1135)

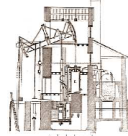
kraj 17

ncuskoj
na kao
IV



1760 -1

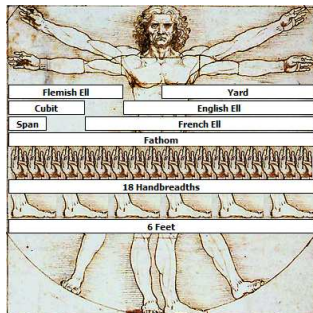
ma



Prva Wattova mašina
(1769)



Да Винчи и Витруви



21

Дужина – 5.10.2015

- 1799. Француска, Метар = десетомилионити део од екватора до северног пола дуж линије кроз Париз
- 1960. растојање између два зареза на полузи од платине и иридијума
- наредна дефиниција – 1 650 763,73 таласних дужина наранџасто-црвене светлости коју емитује лампа са криптоном-86
- Октобар 1983: **растојање које пређе светлост у вакууму за 1/299 792 458 секунди**

22

	Dužina (m)
Rastojanje od Zemlje do najdaljeg poznatog kvazara	$1,4 \times 10^{26}$
Rastojanje od Zemlje do najdalje galaksije	9×10^{25}
Rastojanje od Zemlje do najbliže galaksije (M31, Andromeda)	2×10^{22}
Rastojanje od Sunca do najbliže zvezde (Proxima Centauri)	4×10^{16}
Jedna svetlosna godina	$9,46 \times 10^{15}$
Srednja vrednost poluprečnika Zemljine orbite oko Sunca	$1,5 \times 10^{11}$
Srednje rastojanje od Zemlje do Meseca	$3,84 \times 10^8$
Rastojanje od ekvatora do Severnog Pola	1×10^7
Srednji poluprečnik Zemlje	$6,37 \times 10^6$
Tipična visina orbitiranja satelita oko Zemlje	2×10^5
Dužina fudbalskog igrališta	$\times 10^2$
Dužina kućne muve	5×10^{-3}
Veličina najmanjih čestice prašine	$\sim 10^{-4}$
Veličina ćelija u većini živih organizama	$\sim 10^{-5}$
Prečnik vodonikovog atoma	$\sim 10^{-10}$
Prečnik jezgra atoma	$\sim 10^{-14}$
Prečnik protona	$\sim 10^{-15}$

Tabela 1.1: Približne vrednosti nekih merenih dužina u metrima (m).

23

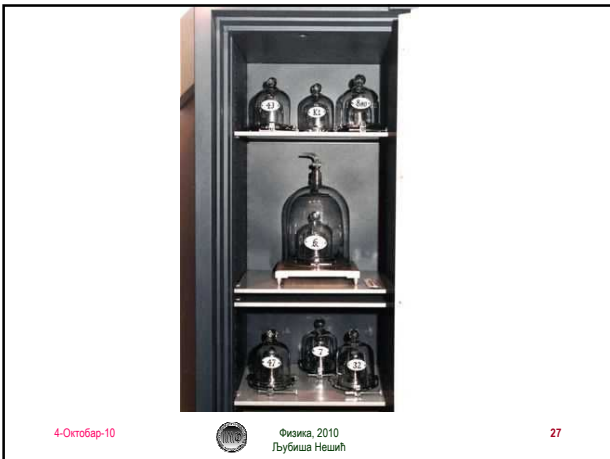
Маса

- 1 кг је маса посебног еталона направљеног од платине и иридијума који се чува у Међународном бироу за мере и тегове у Северу (крај Париза)

24







4-Октобар-10



Физика, 2010
Льбушица Нешић

27

Telo	Masa (kg)
Vidljivi univerzum	$\sim 10^{22}$
Mlečni put	7×10^{41}
Sunce	$1,99 \times 10^{30}$
Zemlja	$5,98 \times 10^{24}$
Mesec	$7,36 \times 10^{22}$
Konj	$\sim 10^3$
Čovek	$\sim 10^2$
Žaba	$\sim 10^{-1}$
Komarac	$\sim 10^{-5}$
Bakterija	$\sim 10^{-15}$
Atom vodonika	$1,67 \times 10^{-27}$
Elektron	$9,11 \times 10^{-31}$

Tabela 1.2: Mase nekih tela (približne vrednosti) u kilogramima (kg).

Време

- Секунда
- до 1960. преко средњег соларног дана за 1900. годину као
 - $(1/60)(1/60)(1/24)$ део средњег соларног дана = $(1/86\ 400)$ део средњег соларног дана
- 1967. нова дефиниција (јер се ротација Земље око осе мења са временом) – *атомски часовник*
 - прави грешку од једне секунде на сваких 30 000 година
- 1 секунда = 9 192 631 770 периода зрачења које одговара одређеном прелазу (између два хиперфина нивоа основног стања) атома цезијума-133
- часовници се синхронизују са овим

	Interval (s)
Starost univerzuma	5×10^{17}
Starost Zemlje	$1,3 \times 10^{17}$
Srednja starost studenata	$6,3 \times 10^8$
Jedna godina	$3,16 \times 10^7$
Jedan dan (vreme rotacije Zemlje oko svoje ose)	$8,64 \times 10^4$
Interval izmedju normalnih otkucaja srca	8×10^{-1}
Period čujnog zvučnog talasa	$\sim 10^{-3}$
Period tipičnog radio talasa	$\sim 10^{-6}$
Period oscilovanja atoma u čvrstom telu	$\sim 10^{-13}$
Period talasa vidljive svetlosti	$\sim 10^{-15}$
Trajanje sudara jezgara	$\sim 10^{-22}$
Vreme potrebno svetlosti da prodje proton	$\sim 10^{-24}$

Tabela 1.3: Približne vrednosti nekih vremenskih intervala u sekundama.

- **Домаћи:** преведи прва три податка у месеце и године

ф. в.	озн.	јединица	ознака ј.	димензија
дужина	l	метар	m	L
маса	m	килограм	kg	M
време	t	секунда	s	T
јачина струје	I	ампер	A	I
апсолутна температура	T	келвин	K	θ
јачина светлости	I_v	кандела	cd	
количина супстанце	N	мол	mol	



Основне и изведене физичке величине

- Физичка величина: параметар који квантитативно описује неки (физички) процес. Постоје *основне* и *изведене* ф.в.
 - кинематика (l, t) $\rightarrow v, a, \omega, \alpha$
 - динамика (m, l, t) $\rightarrow p, F, L, M, E, A, P, \dots$

Предмеци

Stepen	Prefiks	Oznaka	Stepen	Prefiks	Oznaka
10^{-24}	yocto	y	10^1	deka	da
10^{-21}	zepto	z	10^3	kilo	k
10^{-18}	ato	a	10^6	mega	M
10^{-15}	femto	f	10^9	giga	G
10^{-12}	pico	p	10^{12}	tera	T
10^{-9}	nano	n	10^{15}	peta	P
10^{-6}	mikro	μ	10^{18}	eksa	E
10^{-3}	mili	m	10^{21}	zeta	Z
10^{-2}	centi	c	10^{24}	yota	Y
10^{-1}	deci	d			

Tabela 1.4: Prefiksi SI jedinica.



Предмети

- Растојање од Земље до најближе звезде, 40 Pm
 - Средњи полупречник Земље 6 Mm
 - Дужина кућне муве 5 mm
 - Величина ћелије 10 μ m
 - Величина атома 0.1 nm
-
- Домаћи 2: Уколико се светлост креће брзином 3×10^8 m/s колико јој је потребно времена да до Земље дође са најближе звезде?
 - Домаћи 3: Уколико се светлост креће брзином 3×10^8 m/s колико јој је потребно времена да обиђе Земљу?

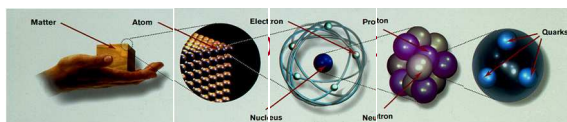
34

Структура материје, 6.10.201



- коцка злата масе 1 кг (3,73 цм)
- каква јој је унутрашња структура?
- да ли има празног простора?
- ако је пресечемо на 2 једнака дела, да ли они имају исте особине?
- шта ако наставимо даље да сецкамо?

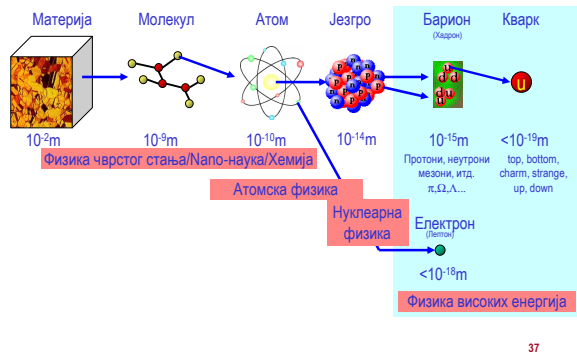
35



- Леукип и Демокрит – нема дељења до у бесконачност – на крају се добију атоми
 - уствари 10^{-9} м молекули
 - на 10^{-10} м атоми
 - атоми се састоје из електрона и језгра 10^{-14} м
 - језгро од нуклеона
 - они од кваркова 10^{-19} м (up, down, strange, charm, bottom, top)

36

Структура материје



37

Густина

- маса у јединичној запремини
- $\rho = m / V$
- алуминијум $2,70 \text{ g/cm}^3 = 2,70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- олово $11,3 \text{ g/cm}^3$
- Маса по 10 cm^3 су 27, односно 113 грама
- Маса по 1 m^3 су 2 700, односно 11 300 килограма

38

Supstanca	Gustina ρ (10^3 kg/m^3)
Zlato	19,3
Uraniјum	18,7
Olovo	11,3
Bakar	8,92
Gvoždje	7,86
Aluminiјum	2,70
Magneziјum	1,75
Voda	1,00
Vazduh	0,0012

Tabela 1.5: Gustina nekih supstanci.

39

Густина

- Зашто постоје разлике у густинама?
- разлика у густинама различитих супстанци је последица различитих **атомских маса**.
- Атомска маса – средња маса једног атома у узорку тог елемента који садржи све изотопе у износу коме се налазе у природи
- Јединица атомске масе је *атомска јединица масе u*.
 - $1 u = 1,6605402 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 - атомска маса олова је 207 *u*,
 - алуминијума 27,0 *u*
- Месе језгара се мере у односу на масу изотопа угљеника ^{12}C (редни број 6).
- Маса угљеника је 12 *u*

40

- 1 мол – количина супстанције у којој има онолико елементарних јединки (атома, молекула и других честица) колико има атома у 0,012 кг атома ^{12}C
- Број честица у 1 молу је Авогадров број N_A
 - $N_A = 6,022137 \times 10^{23}$ честица/мол
- 1 мол угљеника ^{12}C има масу од 12 грама! (то је моларна маса)
- Ако се зна моларна маса, маса једног атома је

$$m_{\text{атома}} = \frac{\text{моларна маса}}{N_A}$$

41

- Пример: Коцка алуминијума (густина 2,7 г/см³) има запремину 0,20 см³. Колико атома алуминијума има у њој?
- Маса ове коцке је
$$m = \rho V = (2,7 \text{ g/cm}^3) (0,20 \text{ cm}^3) = 0,54 \text{ g}$$
- број молова ће бити однос ове масе и моларне за алуминијум (27 г/мол)
 - $n = m/M = 0,54 \text{ g} / (27 \text{ g/mol}) = 0,02 \text{ mola}$
- број атома у овој запремини је
 - $N = n \times N_A = 0,02 \times 6,022137 \times 10^{23} = 1,2 \times 10^{22}$ атома

42

Димензионалност

- У оквиру механике свака величина може да се изрази преко три основне величине: дужине (l), масе (m) и времена (t)
- Димензионалност се означава угластим заградама []
- Примери
 - површина [S]= L^2
 - запремина [V]= L^3
 - брзина [v]= $L/T=L\cdot T^{-1}$
 - убрзање [a]= $L/T^2=L\cdot T^{-2}$

43

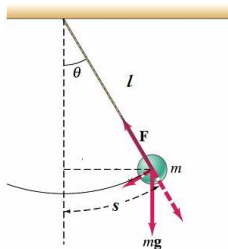
Димензионалност

- Димензија ф. величине = њена физичка природа
- Физички закон – формула којом је изражен не смеју да зависе од система јединица
 - систем јединица ми бирамо а закони постоје независно од тога
- Последица: **лева и десна страна једначине којом изражавамо везу величина мора да имају исте димензије**

44

Димензионална анализа - примери

- "Решавање" физичког проблема без детаљног рачуна потребног за комплетно решење.
 - Одређивање фреквенце клатна ν . Параметри клатна: маса m , дужина нити l , убрзање гравитационог поља g .



45

Димензионална анализа, примери

- Везу физичких величина претпостављамо у облику
 - $v = C m^\alpha l^\beta g^\gamma$, $C = \text{const}$
- Димензионална анализа
 - $[v] = [C] [m]^\alpha [l]^\beta [g]^\gamma$
- Лева страна, $[v] = 1/T$
- Десна страна, $[m]^\alpha [l]^\beta [g]^\gamma = M^\alpha L^\beta (L/T^2)^\gamma$
- Укупно
 - $M^0 L^0 T^{-1} = M^\alpha L^{\beta+\gamma} T^{-2\gamma}$

46

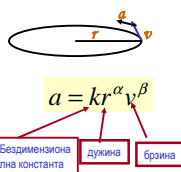
Димензионална анализа, примери

- $M^0 L^0 T^{-1} = M^\alpha L^{\beta+\gamma} T^{-2\gamma}$
- Систем једначина
 - $0 = \alpha$,
 - $0 = \beta + \gamma$
 - $-1 = -2\gamma$
 - Решење
 - $\alpha = 0, \gamma = 1/2, \beta = -1/2$
 - Фреквенција
 - $v = \text{const} \times \left(\frac{g}{l}\right)^{1/2} \equiv \text{const} \sqrt{\frac{g}{l}}$

47

Димензионална анализа - још један користан пример

- Претпоставите да је убрзање a кружног кретања честице пропорционално брзини кретања v и полупречнику кружне путање r као r^α и v^β . Које су тачне вредности степена α и β ?



$$L^1 T^{-2} = (L)^\alpha \left(\frac{L}{T}\right)^\beta = L^{\alpha+\beta} T^{-\beta}$$

$$1 = \alpha + \beta, \quad -2 = -\beta$$

$$\alpha = -1, \quad \beta = 2$$

$$a = kr^{-1} v^2 = \frac{v^2}{r}$$

48

Димензионална анализа

- Не добија се увек комплетан израз – већ до на бездимензионалну константу.
- По правилу су константе облика: $\frac{1}{2}$, π , $2^{1/2}$, ...
- Можемо на основу тога да проценимо ред величине

49

Конверзија јединица

- један тип јединица у други: метре у километре, ...
 - $80 \text{ m} = (80 \text{ m}) (1 \text{ km}) / (1000 \text{ m}) = 0,080 \text{ km}$
- Пример
 - $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$
 - $1 \text{ дан} = 86400 \text{ s}$
 - $1 \text{ година} = 3,16 \times 10^{17} \text{ s}$

50

Конверзија јединица

- Пример. Возач из Европе, возећи путевима кроз САД је видео да крај пута стоји знак за ограничење брзине на коме пише да је максимална брзина 75 миља на час (1 миља = 1609 метра). Коликој брзини у км на час одговара та брзина?
 - Конверзни фактор је 1,609 км/миља

$$75 \frac{\text{mi}}{\text{h}} \times \frac{1,609 \text{ km}}{1 \text{ mi}} = 137 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

51

Процена реда величине

- не потпуно тачна вредност величине већ степен броја 10

$$0,086 \sim 10^{-2}$$

$$0,021 \sim 10^{-3}$$

$$720 \sim 10^3$$

- У последњем примеру је извршено заокруживање



52

Број удисаја током живота

- Колико пута човек у просеку удахне ваздух?
- Просечан животни век, око 70 година
- Колико удисаја се уради током 1 минута?
 - око 10
- Број минута у години
 - 1 година x (400 дана) x 25 сати x 60 минута = 6×10^5 минута
- Рачун је са грешком !!! намерном
- У 70 година има $70 \times 6 \times 10^5$ минута = 4×10^7 минута
- Сваког минута по 10 удисаја
- За просечан животни век 4×10^8 удисаја
- Домаћи- израчунајте вредност са тачним бројем дана у години и тачним бројем сати у дану! Колика је разлика?

53

Значајне цифре.

Заокруживање/заокруживање

- Мерења – са грешком
- вредност која се очита има одређен број цифара
- нпр. мерење дужина правоугаоника је дало 5,5 цм и 6,4 цм, са грешком +/-0,1 цм
- Имамо две значајне цифре, једна је сигурна а друга **несигурна**
- Површина правоугаоника
 - (5,5 cm)(6,4 cm) = 35,2 cm²



54

Правила

- При множењу и дељењу величина, број значајних цифара у коначном резултату је исти као и број значајних цифара у величини која има најмањи број значајних цифара.
- Површина правоугаоника је дакле
– $(5,5 \text{ cm})(6,4 \text{ cm}) = 35,2 \text{ cm}^2 \approx 35 \text{ cm}^2$

55

Правила

- $2,30 \times 10^{-4} = 0,000230$
- Значајне цифре у запису резултата мерења су сигурне цифре (различите од 0 која се користи за одређивање места децималног зареза) и прва несигурна цифра
- Када се сабирају или одузимају бројеви, број децималних места у резултату треба да буде једнак броју децималних места у сабирку који их има најмање
 - $123+5,35=128$
 - $1,0001+0,0003=1,0004$ (5 значајних цифара!!!)
 - $1,002-0,998=0,004$ (1 значајна цифра!!!)

56

Значајне цифре

- Значајне цифре су оне које су поуздано познате у експерименту, рачуну, ...
- Све ненулте цифре су значајне
- Нуле су значајне када
 - се налазе између ненултих цифара
 - су иза децималне запете и неке друге значајне цифре
 - истакнуте су у запису преко експонената

$$17400 = 1,74 \times 10^4$$

3 значајне цифре

$$17400. = 1,7400 \times 10^4$$

5 значајних цифара

$$17400.0 = 1,74000 \times 10^4$$

6 значајних цифара

57

Правила заокруживања

- Ако је прва цифра иза последње значајне цифре мања од 5, претходна цифра остаје непромењена;
- Када је одбачена цифра већа од 5, претходна се повећава за 1;
- У случају када одбачена цифра има вредност 5, претходна остаје непромењена ако је паран број, док се повећава за 1 ако је непаран број;

58

Домаћи задатак

1. Мерењем је добијено да су странице правоугаоника 4.5 cm и 7.3 cm . Одредити његову површину.
2. Показати да је израз $v = at$, који повезује брзину v , убрзање a и време t , димензионално коректан. Да ли је то случај и са једначином $v = at^2$?

59

Домаћи задатак

3. Маса коцке дужине странице $5,35\text{ cm}$ је 856 грама. Одредити њену густину у основним јединицама СИ.
4. Проценити колико корака треба начинити од вашег стана до факултета уколико живите у Нишу. Наведи место становања, приближну удаљеност стана од факултета у километрима, а за дужину просечног корака узети $0,6$ метара. Уколико не живите у Нишу узмите за полазну тачку аутобуску станицу на којој силазите из аутобуса када стигнете у град.

60

Ред величине

- апроксимација заснована на низу претпоставки
- Задатак: Мек Доналдс прода годишње око 250 милиона великих кутија сезонских пита (у свакој их има 30). Дужина једне пите је 3 инча. Ако се пите наређају једна уз другу докле могу досећи?
 - $30 \times 250 \times 10^6 \times 3 \text{ inch} \sim 2 \times 10^{10} \text{ inch} \sim 5 \times 10^8 \text{ m}$
- Растојање од Земље до Месеца је $3,84 \times 10^8 \text{ m}$. Ово растојање је веће али је истог реда величине (ред величине је 10^8).

61

Грешке које се јављају у мерењима

- Нема сасвим тачног мерења:

- Статистика {
- Број мерења
 - Квалитет инструмената
- Систематске грешке {
- Искуство особе која мери
 - Итд.
 - Врло је битно одредити средњу вредност и проценити грешку са којом су вршена мерења

62
